Rapport

Projectnummer: 361408
Referentienummer: 181004-Kade_B_a.docx
Datum: 04-10-2018

Kademuren Overamstel

Eindrapport conditiebepaling kade B

TER BESPREKING

Opdrachtgever:
Gemeente Amsterdam
Weesperplein 8
1018 XA AMSTERDAM

TER BESPREKING

[Onderstaande tabel is optioneel]

Revisiebeheer

Revisie	Datum	Status	Belangrijkste wijzigingen
0.1	25-09-2018	TER BESPREKING	Eerste tussenversie (groeidocument)
0.2	04-10-2018	TER BESPREKING	Tweede tussenversie (groeidocument)

TER BESPREKING



Verantwoording

Titel	Kademuren Overamstel
Subtitel	Eindrapport conditiebepaling kade B
Projectnummer	361408
Referentienummer	181004-Kade_B_a.docx
Revisie	TER BESPREKING
Datum	04-10-2018
Auteur(s)	
E-mailadres	
Gecontroleerd door	
Paraaf gecontroleerd	
Goedgekeurd door	Naam en Achternaam
Paraaf goedgekeurd	

TER BESPREKING

Inhoudsopgave

1 Inleiding 6
1.1 Achtergrond 6
1.2 Onderverdeling kademuren 6
1.3 Huidig en toekomstig gebruik kade en terrein 8
1.4 Stand van zaken onderzoeken en analyses 9
1.5 Doelstelling 9
2 Referenties 10
2.1 Projectgebonden documenten 10
2.2 Normen en richtlijnen 10
3 Uitgangspunten en randvoorwaarden 11
3.1 Uitgangspunten 11
3.2 Randvoorwaarden 11
4 Beschrijving constructie 12
5 Samenvatting voorgaande onderzoeken 14
5.1.1 Visuele inspectie 14
5.1.2 Duikonderzoek 14
5.1.3 Inmeting 15
5.1.4 Indringingsmetingen 17
5.1.5 Laboratoriumresultaten 17
6 Modellering 18
6.1 Materiaaleigenschappen 18
6.1.1 Beton 18
6.1.2 Betonstaal 18
6.1.3 Houten funderingspalen 18
6.1.4 Grond op de L-muur 18
6.1.5 Metselwerk 18
6.2 Geometrie-eigenschappen 19
6.2.1 L-muur 19
6.2.2 Houten funderingspalen 19
7 Belastingen 20
7.1 Eigen gewicht 20
7.1.1 L-wand 20
7.1.2 Metselwerk 20
7.1.3 Dekzerk 20
7.2 Grond 20
7.2.1 Verticaal op vloer L-muur 20
7.2.2 Horizontaal op wand van de L-muur 20
7.2.3 Horizontaal tegen achterzijde vloer t.g.v. damwand 20

TER BESPREKING

7.3 Maaiveldinrichting 21
7.4 Maaiveldgebruik 21
7.5 Windbelasting 22
7.6 Boombelasting 22
8 Belastingcombinaties 24
8.1 Richtlijn binnenstedelijke kademuren 24
8.2 Partiële factoren actuele situatie 24
8.3 Partiële factoren situatie T = 25 jaar 25
8.4 Belastingcombinaties actuele situatie 25
8.5 Belastingcombinaties T = 25 jaar 26
9 Berekeningsresultaten 27
9.1 Actuele situatie 27
9.2 Situatie T = 25 jaar 27
10 Toetsing paaldraagvermogen 28
10.1 Berekend paaldraagvermogen 28
10.2 Toetsing paaldraagvermogen actueel 29
10.3 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar 30
11 Conclusies en aanbevelingen 32
11.1 Conclusies 32
11.2 Aanbevelingen 32

Bijlage 1. Stroomschema houtonderzoek

TER BESPREKING

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De gemeente Amsterdam heeft de (her)ontwikkeling van het Amstelkwartier in Amsterdam-Zuidoost in gang gezet. Op het te ontwikkelen terrein was voorheen de Zuidergasfabriek gevestigd. Het gebied wordt begrensd door de Amstel, de Nieuwe Utrechtseweg, het Zijkanaal en de Spaklerweg, en wordt doorsneden door de Duivendrechtsevaart.

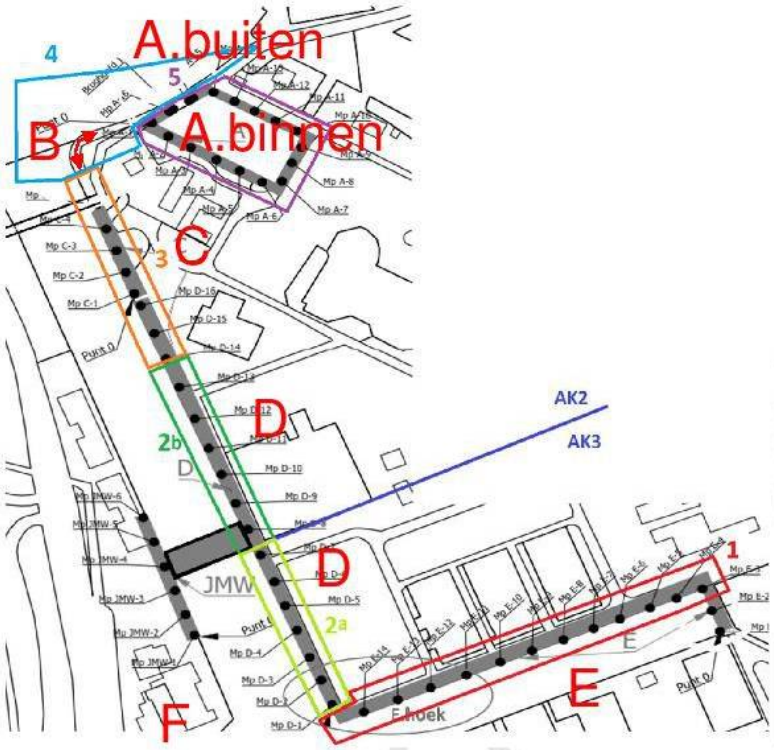


Figuur 1: Situatie. Blauwe lijnen betreffen de te beoordelen kadeconstructieS

De oevers bestaan uit kadeconstructies, welke zijn gebouwd rond midden 20e eeuw. Momenteel zijn deze in beheer bij de dienst Grond en Ontwikkeling, maar zullen na de gebiedsontwikkeling worden overgedragen aan Stadsdeel Oost. Het ontvangende stadsdeel eist bij overdracht een restlevensduur van tenminste 25 jaar.

1.2 Onderverdeling kademuren

De te beoordelen kadeconstructies zijn onderverdeeld in verschillende delen, waarbij een naamgeving is gehanteerd zoals in de volgende afbeelding weergegeven:



Figuur 2: Naamgeving kademuren

Er vigeren meerdere naamgevingen, welke worden toegelicht:

- Kadeconstructie E (ook wel kade 1 genoemd):
- Kadeconstructie C en D (ook wel kade 2a/2b en 3 genoemd)
- Kadeconstructie B en Abuiten (ook wel kade 4 genoemd)
- Kadeconstructie A binnen (ook wel kade 5 genoemd)
- Kadeconstructie F (kademuur Ymere)

Voorliggend document heeft betrekking op kade B (de hoek tussen A en C).

TER INZAGE

1.3 Huidig en toekomstig gebruik kade en terrein

Langs de noordwest hoek van het gasfabriekterrein hebben 5 woonboten hun ligplaats. Van deze 5 woonboten heeft 1 woonboot haar ligplaats aan kade B. De lengte van deze woonboot bedraagt ca. 20m. Er is sprake van 1 woonlaag, zie ook de afbeelding:



Het terrein langs de kade is in gebruik door de woonbootbewoners. Het huidige gebruik betreft met name parkeren en groen. Het terrein is ingesloten door de kade en de fietsbrug. Vanaf het zuiden is het toegankelijk voor auto's. De huidige fietsbrug maakt het terrein vanaf het zuiden onbereikbaar voor vrachtverkeer vanwege de beperkte doorrijhoogte. Vanaf de noordoostzijde (nabij de fietsbrug) is de kade theoretisch wel bereikbaar voor vrachtwagens, maar dit zou niet praktisch of logisch zijn.

Ook bevinden zich (fietsen)bergingen e.d. achter de kade. Tevens bevinden zich achter de kade meerdere grote bomen.



BESPREKING

De aanlanding van de fietsbrug zal worden aangepast, waarbij het hoogteverschil middels een lus zal worden overbrugd, in tegenstelling tot de huidige hellingbaan.

1.4 Stand van zaken onderzoeken en analyses

In het kader van de conditiebepaling van de kademuur zijn de volgende onderzoeken verricht:

- Visuele inspectie.
- Duikonderzoek.
- Inmeting/hoogtemeting kade.
- Houtonderzoek.

De volgende onderzoeken en analyses zullen nog worden doorlopen:

- Interpretatie houtonderzoek en doorkijk naar T=25jaar.
- Bepaling geotechnisch draagvermogen.
- Constructieberekening t.b.v. bepaling paalreacties.

1.5 Doelstelling

Doel is om een betrouwbaar beeld te krijgen van:

- de actuele staat van de constructie en de fundering.
- de staat van de constructie en de fundering over 25 jaar.

Regelgeving voor de beoordeling van bestaande bouw is vastgelegd in de NEN 8700

TER BESPREKING

2 Referenties

2.1 Projectgebonden documenten

De volgende documenten zijn gebruikt bij het opstellen van dit rapport:

	Referentie	Titel, opsteller	Versie/datum
1	SWNL00221910	Rapportage kademuren Overamstel, Sweco	09-03-2018
2	1016-0174-009	Geotechnisch onderzoek kademuren Overamstel Amsterdam, Fugro	23-03-2018
3	18p013	Voorinspectie kademuren Overamstel, Baars Cipro	28-02-2018
4		Archieftekeningen	
5	SWNLxxxxxx	Berekeningen paaldraagvermogen SwecO	24-09-2018

2.2 Normen en richtlijnen

Verder zijn de volgende normen, richtlijnen en aanbevelingen gebruikt:

	Referentie	Titel, opsteller	Versie/datum
11		Richtlijn houten paalfunderingen onder gebouwen, SBRCUR	Okt 2016
12		Binnenstedelijke kademuren, SBRCUR	Nov 2013
13		Eurocode-serie	
14		NEN 8700, Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen	
15		RBK 1.1, Rijkswaterstaat	2013
16	2008-D-R0015/B	Veiligheidsbeoordeling bestaande bouw. Achtergrondrapport bij NEN8700, TNO	2008

TER BESPREKING

3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

3.1 Uitgangspunten

Voor de beoordeling worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bomen blijven behouden.
- Het terrein wordt ontoegankelijk voor vrachtwagens.
- Als maatgevend voertuig wordt een onderhoudsvoertuig van 3,5ton aangehouden, als vrije belasting (kan op elke denkbare positie geplaatst worden).
- Er is nu en in de toekomst sprake van 1 aangemeerde woonboot langs kade B, welke op 2 punten aan de kade zal worden bevestigd. Wegens het monoliete karakter van de L-wand zal de gehele kade geacht worden bij te dragen aan het opnemen van de horizontale belastingen uitgeoefend door de woonboot.
- De kade wordt ingedeeld in CC2.

3.2 Randvoorwaarden

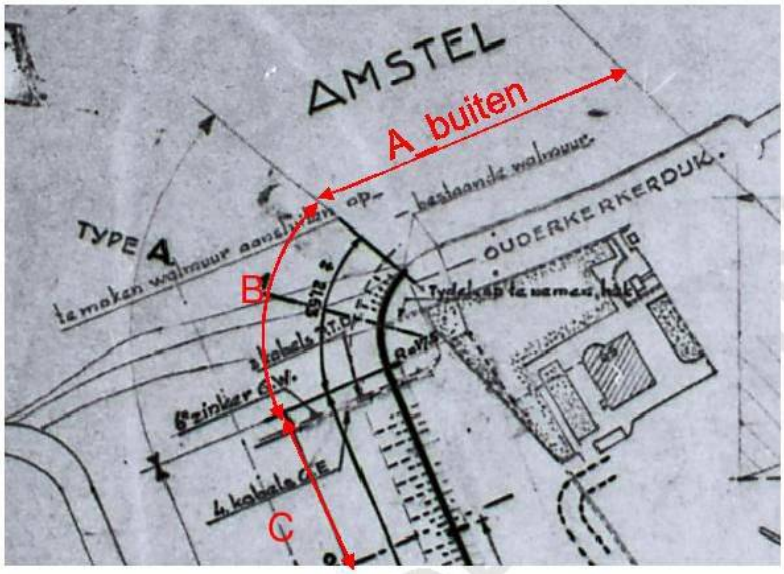
De volgende randvoorwaarden worden aangehouden:

- g=9,81m/s2.
- De waterstand en grondwaterstand worden beiden aangehouden op NAP -0,45m.
- Bodemopbouw volgens DKM8 en DKMP9 [2].
- Bodemprofiel vaarweg conform ontwerptekening. Deze laat een grotere bodemdiepte zien dan uit het duikonderzoek blijkt. Het ontwerp-bodemprofiel is vanuit constructief oogpunt conservatiever.
- Veerconstante houten palen 20MN/m (druk) en 10MN/m (trek).
- Aansluitingen paalkoppen op L-wand zijn scharnierend.
- Huidige kadehoogte o.b.v. inmeting NAP +0,65m.
- Maaiveldhoogte NAP +0,50m.

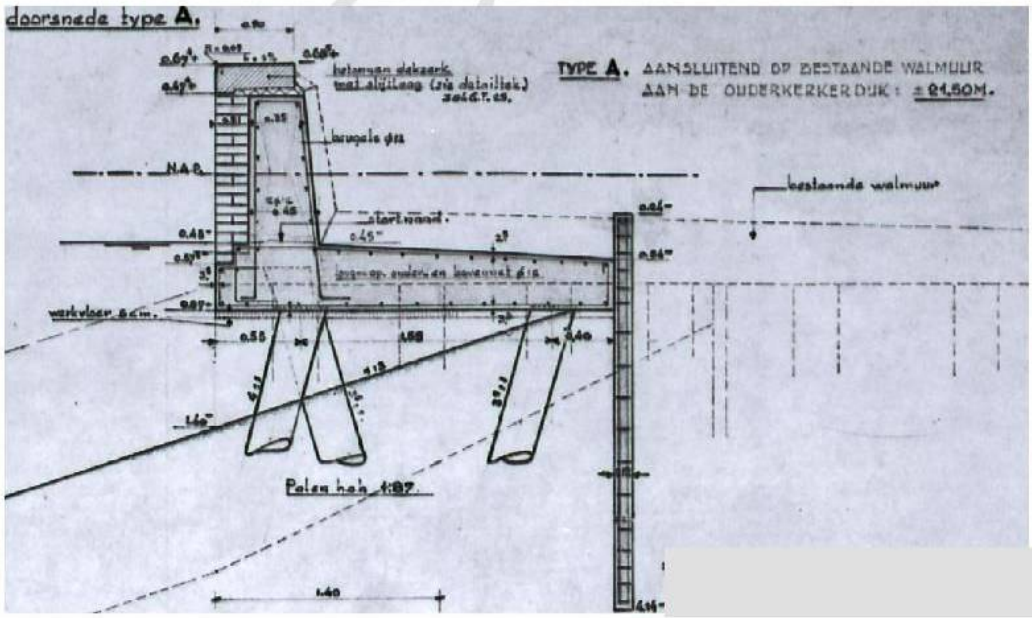
TER BESPREKING

4 Beschrijving constructie

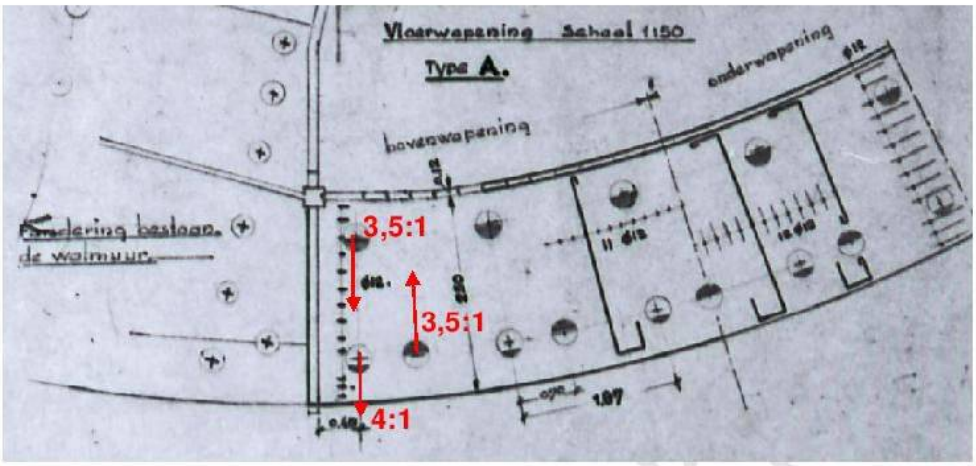
Het vermoedelijke bouwjaar van de kade is 1955. Uit de plattegrond valt op te maken dat kade B de aansluiting verzorgt tussen de kade langs de Duivendrechtsevaart (kade C) en de kade langs de Amstel (kade A_buiten):



De principedoorsnede van type A is toegepast over ca. 21,50m:



De wapeningstekening van de vloer toont tevens het palenplan:



Principedoorsnede A wordt gekenmerkt door o.a:

- De kademuur bestaat uit een gewapend betonnen L-muur, gefundeerd op houten palen.
- De palen staan in 2 rijen onder de kade, waarbij aan de waterzijde er 2 maal zoveel palen staan als aan de landzijde.
- Zodoende vormen 3 palen een paaljuk. Deze jukken hebben een stramienmaat van 1,87m.
- De palen aan de waterzijde staan schoor in 2 richtingen.
- Alle funderingspalen hebben een opvallend grote schoorstand, namelijk 4:1 en 3,5:1, zie tekening hierboven.
- De paalkopdiameter bedraagt ca. 0,28m (gemeten vanaf tekening).
- Trekpalen zijn voorzien van een tapse verjonging van de paalkop t.b.v. verankering in de betonvloer.
- Aan achterzijde is de kade voorzien van een damwand, bestaande uit gewapend betonnen planken van 0,12m dik met puntniveau op NAP -4,14m.
- De aanleghoogte van de kade (bovenzijde dekzerk) bedraagt NAP +0,67m. De actuele hoogte bedraagt ca. NAP +0,64m à NAP +0,65m.
- Het onderwatertalud begint ter plaatse van koppen van de achterste palen.
- Aan de waterzijde is de L-muur afgewerkt met steens dik metselwerk.
- Vloer en keermuur hebben een verlopende betondikte, afgestemd op de krachtswerking.

TER BESPREKING

5 Samenvatting voorgaande onderzoeken

5.1.1 Visuele inspectie

De kademuur is visueel geïnspecteerd in februari 2018. De percelen langs de kade zijn in gebruik door de bewoners van de woonboten. De aanwezigheid van de woonboten en afmeerconstructies maken de kade moeilijk inspecteerbaar. De inspectie heeft voor de constructieve beoordeling van specifiek deze kade geen bruikbare informatie opgeleverd.

5.1.2 Duikonderzoek

Middels een duikonderzoek is de funderingsopbouw bepaald, zijn hout-indringingsmetingen verricht en er zijn houtmonsters genomen. De analyseresultaten van de houtmonsters gereed en betrokken in voorliggend rapport.

Uit het duikonderzoek is gebleken dat de kadeconstructie overeenkomt met de archieftekeningen. De bereikbare onderdelen verkeren in redelijke staat. De palen laten bij de indringingsproef een indringing zien van 10 tot 18mm, waardoor de palen allen in adviesgebied II zijn ingedeeld.

Tijdens het duikonderzoek zijn foto's genomen ter vastlegging van o.a. monstername-locaties. Deze foto's lenen zich echter ook voor het in kaart brengen van de actuele staat van de kade.



Overgang/aansluiting kade A_buiten (links van de voeg) op kade B (rechts).

Er is sprake van veel kabels en kettingen e.d.

De dekzerken zijn ca. 15cm verschoven, voortkomend uit afmeerkrachten.

Het metselwerk oogt in redelijke staat.

TER REKNIS

	Rond het bevestigingsoog lijkt het voegwerk een keer te zijn hersteld. Rechts van het oog zijn de stootvoegen opvallend breed. Rechtsonder het oog lijkt een gerepareerde getrapte scheur te zitten. Tevens is de grootte van de verschuiving van de dekzerken goed te zien. Deze verschuiving vindt plaats bij de bevestiging van de staalkabel.

5.1.3 Inmeting

De kadehoogte is middels een inmeting bepaald. Kade B laat geen relevante verschilzakkingen zien. De hoogte bedraagt NAP +0,64m à NAP +0,65m. De aanleghoogte was NAP +0,67m. Bij een leeftijd van 63 jaar bedraagt het gemiddelde zakkingstempo dan ongeveer 30/63 = 0,5mm/jaar. Een dergelijk tempo is een eerste indicatie van een goed presterende fundering. Het zegt echter niets over het actuele zakkingstempo.

Bij de inmeting zijn tevens foto's genomen, welke een goed beeld geven van de actuele toestand van de kade.

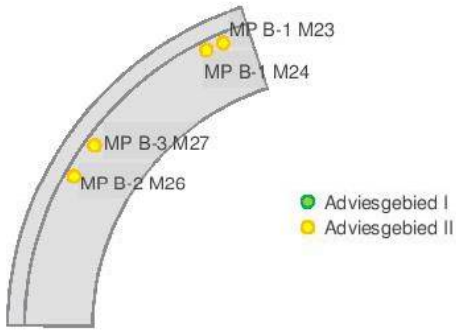
	De dekzerken zijn dermate ver verschoven, dat ze vastgewigd lijken te zijn. Bij verdere overbelasting kan er een doorslagmechanisme optreden, waardoor de dekzerken in het water zullen belanden. Daarbij is schade aan kabels en leidingen goed mogelijk. Het bevestigingsoog waar de schade is begonnen, is middels een spanband gestabiliseerd. Dit is echter een lapmiddel.

	Dezelfde situatie als hierboven beschreven. Onduidelijk waar de spanband aan bevestigd is. Doeltreffendheid van de spanband is daarom niet vast te stellen.
	De ketting lijkt snaarstrak te staan. Onbekend of dit zo hoort. Betwijfeld kan worden of het metselwerk dit lange tijd volhoudt.

TER BESPREKING

5.1.4 Indringingsmetingen

Gelijktijdig met het duikonderzoek zijn indringingsmetingen verricht en houtmonsters genomen. Hierbij zijn 4 palen beproefd op het totaal van 35 palen. De steekproefgrootte bedraagt daarmee 11%. De beproefde palen op plattegrond:



De gemeten indringing bedraagt 10-18mm (paalgemiddelden). Alle 4 palen komen daarmee in adviesgebied II en zijn bemonsterd.

5.1.5 Laboratoriumresultaten

Monster 27 voldoet niet aan de vereiste monsterkwaliteit en wordt niet beschouwd in de conclusies van SHR. Monsters 23, 24 en 26 zijn in een buitenste schil van 14, 18 en 7mm sterk aangetast door bacteriën. Deze wordt verwacht zich in de komende 25 jaar uit te breiden tot 20, 25 en 10mm.

In tabelvorm zijn de relevante gegevens voor de actuele situatie:

SHRnr monster	Meetpunt	Palenrij	afstand tot nulpunt	D kop	gem. indringing Rlodyn	adviesgebied	dikte sterke EB aantasting	dikte sterke schimmel aantasting	max dikte sterke aantasting	sterke aantasting <= indringing?	druksterkte tpv indringing >= 10MPa?	correctie op Diameter o.b.v. aantasting	correctie op Diameter o.b.v. druksterkte	correctie definitief	Dreal gecorrigeerd = D-2*(i-corr)	Niveau paalkop	Niveau omslag	Niveau paalpunt	D punt initieel	D punt - 1/2* EB aantasting
[-]	[-]	[-]	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m-NAP]	[m-NAP]	[m-NAP]	[mm]	[mm]
1	23	1	2,8	280	11	■	14	14	14	nee	nee	-5	0	-5	248	-0,8	-13	-13,5	185	171
2	24	1	2,8	260	18	■	18	18	18	ja	ja	0	5	5	234	-0,8	-13	-13,5	165	147
3	26	1	11	290	10	■	7	7	7	ja	nee	0	0	0	270	-0,8	-13	-13,5	195	188
4	27	1	9,2	280	14	■	3	0	3	ja	ja	0	5	5	262	-0,8	-13	-13,5	185	182

Voor de situatie over 25 jaar geldt een vergelijkbare tabel, met aangepaste waarden voor de aantastingsdikte door bacteriën:

SHRnr monster	Meetpunt	Palenrij	afstand tot nulpunt	D kop	gem. indringing Rlodyn	adviesgebied	dikte sterke EB aantasting	dikte sterke schimmel aantasting	max dikte sterke aantasting	sterke aantasting <= indringing?	druksterkte tpv indringing >= 10MPa?	correctie op Diameter o.b.v. aantasting	correctie op Diameter o.b.v. druksterkte	correctie definitief	Dreal gecorrigeerd = D-2*(i-corr)	Niveau paalkop	Niveau omslag	Niveau paalpunt	D punt initieel	D punt - 1/2* EB aantasting
[-]	[-]	[-]	[m]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[m-NAP]	[m-NAP]	[m-NAP]	[mm]	[mm]
1	23	1	2,8	280	11	■	20	14	20	nee	nee	-5	0	-5	248	-0,8	-13	-13,5	185	165
2	24	1	2,8	260	18	■	25	18	25	nee	ja	-5	5	0	224	-0,8	-13	-13,5	165	140
3	26	1	11	290	10	■	10	7	10	ja	nee	0	0	0	270	-0,8	-13	-13,5	195	185
4	27	1	9,2	280	14	■	3	0	3	ja	ja	0	5	5	262	-0,8	-13	-13,5	185	182

TERBESPREKING

6 Modellering

Dit hoofdstuk beschrijft de relevante modelleringskeuzes.

6.1 Materiaaleigenschappen

6.1.1 Beton

C20/25 (aangenomen in afwezigheid van specifieke informatie)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	30	Mpa
Soortelijke massa	2.400	Kg/m3

6.1.2 Betonstaal

QR24 [15] (aangenomen, was een gangbare kwaliteit rond 1955)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	200.000	Mpa
Fy,k	240	Mpa
Fy,d	209	Mpa
Soortelijke massa	7.850	Kg/m3

6.1.3 Houten funderingspalen

Vurenhout C18 (aanname)

Grootheid	Waarde	Eenheid
E	6.000	Mpa

6.1.4 Grond op de L-muur

Vurenhout C18 (aanname)

Grootheid	Waarde	Eenheid
Soortelijke massa verzadigd	1.900	Kg/m3
Soortelijke massa droog	1.700	Kg/m3
K0	0,5	-
Ka	0,33	-

6.1.5 Metselwerk

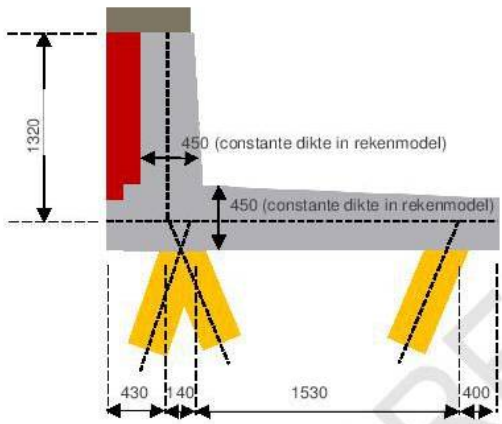
Grootheid	Waarde	Eenheid
Soortelijke massa	1800	Kg/m3

TER BESPREKING

6.2 Geometrie-eigenschappen

6.2.1 L-muur

De L-muur is waarheidgetrouw geschetst, met daarin de systeemlijnen en hoofdafmetingen aangegeven:



6.2.2 Houten funderingspalen

Voor de funderingspalen wordt uitgegaan van een paalkopdiameter van 280mm, met een kopniveau op NAP -0,90m en een puntniveau op NAP -12,5m. De paallengte bedraagt dan 11,60m. Bij een tapsheid van 7,5mm/m bedraagt de diameter halverwege de paal 236,5mm. Met aftrek van 10mm zachte schil resteert 226,5mm.

Aangehouden diameter = 225mm.

TER BESPREKING

7 Belastingen

De navolgende belastingen worden in rekening gebracht:

- Eigen gewicht
- Grondaanvulling op L-wand (verticaal en horizontaal)
- Maaiveldinrichting (opstallen e.d.)
- Maaiveldgebruik
- Onderhoudsvoertuig/dienstvoertuig/brandweerwagen
- Windbelasting (afgedragen door de woonboot)
- Boombelasting (nu en over 25 jaar)

De navolgende belastingen worden niet in rekening gebracht:

- Bolderbelasting (er wordt geen generieke waarde aangehouden, maar de krachten worden bepaald aan de hand van windbelasting)
- Aanvaring
- Oppervlaktewater en grondwater (worden geacht gelijk te zijn, het grondwater wordt geacht voldoende snel te kunnen reageren op peilfluctuaties)

Deze verdisconteerde belastingen worden afzonderlijk in de volgende paragrafen uitgewerkt.

7.1 Eigen gewicht

7.1.1 L-wand

Het eigen gewicht van de volgt uit de aangehouden materiaaleigenschappen.

7.1.2 Metselwerk

De dikte van het metselwerk bedraagt 0,21m. De hoogte bedraagt 1,12m. De belasting bedraagt 4,15kN/m1. Aangrijpingspunt op 0,10m uit de waterkant.

7.1.3 Dekzerk

De dekzerk is van beton. De doorsnede heeft een oppervlak van 0,5*0,2=0,10m2. Het eigen gewicht bedraagt 2,35kN/m1. Aangrijpingspunt centrisch op de wand van de L-muur.

7.2 Grond

7.2.1 Verticaal op vloer L-muur

De laagdikte van de grond bedraagt 0,95m. De grond bevindt zich boven de grondwaterspiegel. De belasting op de vloer bedraagt dan 15,84kN/m2.

7.2.2 Horizontaal op wand van de L-muur

De horizontale belasting volgt uit de effectieve spanning. Deze is gelijk aan de verticale belasting op de vloer. De horizontale belasting bedraagt K0*effectieve spanning = 0,50*15,84 = 7,92kN/m2. De belasting verloopt van 0 op maaiveld naar de maximale waarde ter hoogte van de vloer.

7.2.3 Horizontaal tegen achterzijde vloer t.g.v. damwand

De effectieve horizontale gronddruk boven de vloer van de L-muur wordt geacht te worden afgedragen als horizontale kracht op de vloer. Bij een hoogte van 1,3m en een waterstand van NAP -0,4m bedraagt de totale horizontale belasting 4,68kN/m1.

TER BESPREKING

7.3 Maaiveldinrichting

De opstallen zijn fietsenschuurtjes e.d. Een waarde van 1kN/m2 wordt aangehouden, over de gehele kade.

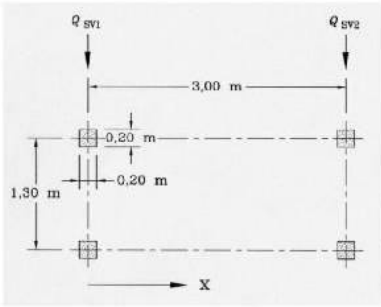
7.4 Maaiveldgebruik

De grond op de kade(vloer) is in gebruik als groenstrook met bomen. Vrachtwagens kunnen in een normale gebruikssituatie de kade niet dicht naderen. Van vrachtwagens zal daarom geen grote invloed uitgaan. Daarnaast is de kadeconstructie stijf, waardoor een geconcentreerde last sterk gespreid zal worden.

De groenstrook is wel bereikbaar voor personenauto's en kan eventueel ook gebruikt worden voor opslag van bijvoorbeeld bouwmaterialen.

De in rekening te brengen belasting wordt ontleend aan NEN-EN 1991-2, artikel 5.3.2.1: mensenmenigte. Hiervoor geldt een gelijkmatig verdeelde belasting van 5kN/m2.

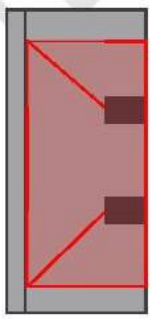
Er kan tevens sprake zijn van een buitengewone aanwezigheid van een voertuig, bijvoorbeeld een brandweerwagen. Hiervoor wordt aan NEN-EN 1991-2, art. 5.6.3 een belastingmodel ontleend:



Verklaring

X : brugas richting
Q_{sv1} = 80 kN
Q_{sv2} = 40 kN

De zwaarste as wordt in rekening gebracht op de rand van de vloer (boven de grondkerende damwand). De helft van deze belasting draagt af naar de grond, de andere helft naar de vloer van de L-wand. Deze last wordt geacht aan te grijpen op een oppervlakte van 1,50*3,30m



Zodoende ontstaat een calamiteitsbelasting van 8,08kN/m2.

TER INSPREKING

7.5 Windbelasting

De windbelasting wordt ontleend aan NEN-EN 1991-1-4.

- Windgebied II
- Terreincategorie II (onbebouwd)
- Dan: extreme stuwdruk = 0,60kN/m2
- h/d<1
- Dan tabel 7.1 nationale bijlage: D=1,0 ; E=-0,5

De oppervlakte van de woonboot wordt ingeschat op 2,5*20=50m2. De totale windbelasting bedraagt dan 50*0,60*(1,0+0,5)=45kN.

Deze wordt als gevolg van het monoliete karakter van de L-wand geacht over de gehele kade te worden verdeeld. Per strekkende meter kade resulteert dan 45/21,5=2,09kN/m1, aangrijpend op NAP +0, richting het water.

7.6 Boombelasting

Voor de bomen wordt aangenomen dat deze zich recht boven achterste palenrij bevinden, dus ca. 1,50m uit de landzijde van de L-wand. Dit resulteert erin dat de helft van de boombelastingen op de L-wand zullen aangrijpen, en de andere helft rechtstreeks via de wortelkluit naar de ondergrond achter de L-wand.

Voor de berekening van de belastingen wordt gebruik gemaakt van [12] inclusief het addendum over boombelastingen.

Uitgegaan wordt van een Linde met de volgende eigenschappen:

Tabel 12: Indicatieve grootheden per boomsoort		Eik	Linde	Populier
Boomhoogte	h_b	15 m	15 m	20 m
Kroondiameter	d_k	10 m	10 m	10 m
Stamdiameter	d_s	0,4 m	0,4 m	0,4 m
Stamhoogte	h_s	5 m	5 m	5 m
Kroonhoogte	h_k	10 m	10 m	15 m
Eigen gewicht	G	20 kN	15 kN	15 kN
Doorlatendheidsfactor	C_w	0.25	0.25	0.20

De resulterende windbelasting wordt als volgt berekend:

$$Q_{w;rep} = c_w * A_{ref} * v_{m(z)}^2 * \rho_{lucht}$$

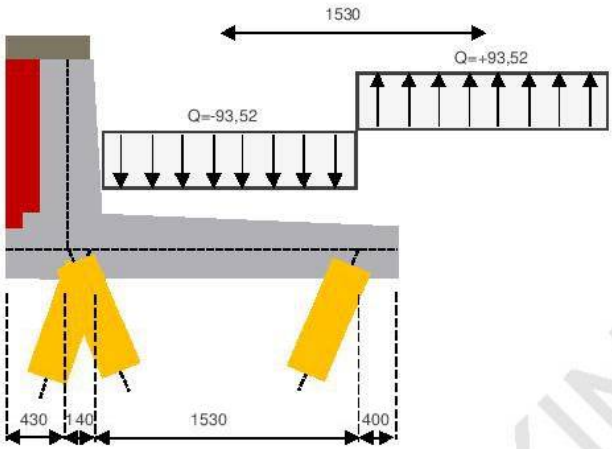
Waarin:

$Q_{w;rep}$ = Resultante windbelasting
c_w = Doorlatendheidsfactor
A_{ref} = Frontaal oppervlak kroon
$v_{m(z)}$ = Gemiddelde windsnelheid op hoogte z
ρ_{lucht} = Soortelijk gewicht lucht

Invullen geeft:

Qw,rep = 0,25*78*27^2*1,4=19,90kN

Deze grijpt aan op 10m boven maaiveld. De horizontale kracht levert een koppel op ter grootte van 19,90*10=199,0kNm. Het koppel dient te worden ontbonden in een verticale druk- en trekbelasting:



De hefboomsarm bedraagt 1,53m. 199,0/1,53 = 130,07kN.

130,07/1,53=85,01kN/m1.

Het eigen gewicht van de boom volgt uit de tabel en bedraagt 20kN.

In diepterichting (lengterichting van de kade) worden de belastingen gespreid geacht over een afstand ter grootte van de helft van de kruindiameter, dus over een kadelengte van 5m. In het rekenmodel met diepte 1,0m worden de volgende belastingen dus ingevoerd:

- F_schuif = 3,98kN/m1
- F_eg = 4kN/m1
- Q_tgv_wind = 17,0kN/m2

TER BESPREKING

8 Belastingcombinaties

8.1 Richtlijn binnenstedelijke kademuren

In [12] worden partiële factoren gegeven voor ontwerp-, verbouw- en afkeurberekeningen. De combinatieregels worden ontleend aan EC0:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1}\psi_{0,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad (6.10a)$$

$$\sum_{j\geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} \text{ "+" } \gamma_P P \text{ "+" } \gamma_{Q,1} Q_{k,1} \text{ "+" } \sum_{i>1} \gamma_{Q,i}\psi_{0,i} Q_{k,i} \qquad (6.10b)$$

De waarden voor ψ_0, ψ_1 en ψ_2 worden ontleend aan de nationale bijlage bij EC0. Als uitgangspunt wordt hierbij gehanteerd dat een nat kunstwerk normtechnisch opgevat moet worden als een verkeersbrug.

Voor een buitengewone ontwerpsituatie geldt vergelijking 6.11a:

$$E_d = E\left\{G_{k,j}\ ;\ P\ ;\ A_d\ ;\ (\psi_{1,1} \text{ of } \psi_{2,1})Q_{k,1}\ ;\ \psi_{2,i}Q_{k,i}\right\} \quad j \geq 1;\ i > 1 \qquad (6.11a)$$

8.2 Partiële factoren actuele situatie

Voor de beoordeling voor de actuele situatie wordt uitgegaan van tabel 36 uit [12]. Deze heeft betrekking op berekeningen aan op palen gefundeerde keermuren op afkeurniveau.

Tabel 35: Partiële factoren keermuur type 1: op staal gefundeerde keermuur (afkeuren)

Toepassing en bron	Parameter	Symbool	Waarde CC1 (β=1,8)	Waarde CC2 (β=2,5) [6)]	Waarde CC3 (β=3,3)
constructieve belastingen	permanente belasting, ongunstig [1)]	γ_G	1,1	1,2	1,3
artikel Vrouwenvelder et.al.,	permanente belasting, ongunstig [2)]	$\gamma_G \times \xi$	1,0	1,1	1,2
tabel 4 (0)	permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9	0,9	0,9
	veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;det}$	1,05	1,15	1,3
	veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;det}$	0	0	0

TER SPREKING

8.3 Partiële factoren situatie T = 25 jaar

Voor de beoordeling van de situatie over 25 jaar wordt uitgegaan van tabel 32 uit [12]. Deze heeft betrekking op berekeningen op verbouwniveau met referentieperiode 15 jaar. De partiële factoren komen vrijwel overeen met een afkeurberekening met referentieperiode 25 jaar.

Tabel 32: Partiële factoren keermuur type 1: op staal gefundeerde keermuur (verbouw)

Toepassing en bron	Parameter	Symbool	Waarde CC1 (β=2,8) [6)]	Waarde CC2 (β=3,3)	Waarde CC3 (β=3,8)
constructieve belastingen	permanente belasting, ongunstig [1)]	γ_G	1,15	1,3	1,4
artikel Vrouwenvelder et.al.,	permanente belasting, ongunstig [2)]	$\gamma_G \times \xi$	1,05	1,15	1,25
tabel 4 [1]	permanente belasting, gunstig	$\gamma_{G;stb}$	0,9	0,9	0,9
	veranderlijke belasting, ongunstig	$\gamma_{Q;dst}$	1,1	1,3	1,5
	veranderlijke belasting, gunstig	$\gamma_{Q;dst}$	0	0	0

8.4 Belastingcombinaties actuele situatie

Belastingcombinaties worden samengesteld aan de hand van de fundamentele combinaties voor grenstoestanden STR en GEO (EC 0). De samenstelling van de belastingcombinaties volgt uit lineaire combinaties van de resultaten van de afzonderlijke belastinggevallen. De van toepassing zijnde factoren, en de paalreacties per belastinggeval zijn:

BG nr	Beschrijving	type	ψ_0	ψ_1	ψ_2	6.10a $\gamma_{ongunstig}$	6.10a $\gamma_{gunstig}$	6.10b $\gamma_{ongunstig}$	6.10b $\gamma_{gunstig}$	calamiteit $\gamma_{ongunstig}$	calamiteit $\gamma_{gunstig}$	paalnr	k7	k9	k8
												BG	SN1	SN2	SN3
1	EG L-wand	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	1	10,57	20,81	11,66
2	EG metselwerk	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	2	3,6	1,93	-1,25
3	EG dekzerk	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	3	1,49	1,13	-0,19
4	GrondVerticaal	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	4	-4,37	16,33	20,2
5	GrondHorizontaal	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	5	11,69	-10,25	-1,54
6	StempelkrachtDamwand	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	6	9,01	-9,09	0
7	MaaiveldInrichting	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	7	-0,28	1,03	1,28
8	Maaiveldgebruik	V	0,8	0,8	0,4	1,15	0	1,15	0	0,8	0	8	-1,38	5,15	6,38
9	MaaiveldgebruikCalamiteit	C	1	1	1	0	0	0	0	1	1	9	-2,23	8,33	10,31
10	WindbelastingWoonboot	V	1	0,6	0,6	1,15	0	1,15	0	0,6	0	10	4,76	-4,1	-0,7
11	EG Boom	P	1	1	1	1,2	0,9	1,1	0,9	1	1	11	-3,33	2,29	5,23
12	WindbelastingBoom	V	1	0,6	0,6	1,15	0	1,15	0	0,6	0	12	2,96	9,8	21,68

Voor combinatie 6.10a, 6.10b en de calamiteitssituatie is voor iedere paal de maatgevende belastingcombinatie bepaald. Dit geeft de volgende sets belastingcombinaties:

		6.10a			6.10b			calamiteit		
BG nr	Beschrijving	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	EG L-wand	1,20	1,20	1,20	1,10	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00
2	EG metselwerk	1,20	0,90	1,20	1,10	0,90	1,10	1,00	1,00	1,00
3	EG dekzerk	1,20	0,90	1,20	1,10	0,90	1,10	1,00	1,00	1,00
4	GrondVerticaal	0,90	1,20	1,20	0,90	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00
5	GrondHorizontaal	1,20	0,90	0,90	1,10	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00
6	StempelkrachtDamwand	1,20	0,90	0,90	1,10	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00
7	MaaiveldInrichting	0,90	1,20	1,20	0,90	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00
8	Maaiveldgebruik	0,00	0,92	0,92	0,00	0,92	0,92	0,00	0,64	0,64
9	MaaiveldgebruikCalamiteit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
10	WindbelastingWoonboot	1,15	0,00	0,00	1,15	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
11	EG Boom	0,90	1,20	1,20	0,90	1,10	1,10	1,00	1,00	1,00
12	WindbelastingBoom	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	0,60	0,60	0,60

TER BESPREKING

Voor elk van de combinatie geldt dat het combinatienummer correspondeert met het steunpuntsnummer.

8.5 Belastingcombinaties T = 25 jaar

Analoog aan T=0 worden de combinatie voor T=25 samengesteld. De belastingfactoren ligger hierbij hoger:

BG nr	Beschrijving	type	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	6.10a $\gamma_{ongunstig}$	6.10a $\gamma_{gunstig}$	6.10b $\gamma_{ongunstig}$	6.10b $\gamma_{gunstig}$	calamiteit $\gamma_{ongunstig}$	calamiteit $\gamma_{gunstig}$	paalnr BG	k7 SN1	k9 SN2	k8 SN3
1	EG L-wand	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	1	10,57	11,66	20,81
2	EG metselwerk	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	2	3,6	-1,25	1,93
3	EG dekzerk	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	3	1,49	-0,19	1,13
4	GrondVerticaal	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	4	-4,37	20,2	16,33
5	GrondHorizontaal	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	5	11,69	-1,54	-10,25
6	StempelkrachtDamwand	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	6	9,01	0	-9,09
7	Maaiveld Inrichting	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	7	-0,39	1,28	1,03
8	Maaiveldgebruik	V	0,8	0,8	0,4	1,3	0	1,3	0	0,8	0	8	-1,38	6,38	5,15
9	MaaiveldgebruikCalamiteit	C	1	1	1	0	0	0	0	1	1	9	-2,23	10,31	8,33
10	WindbelastingWoonboot	V	1	0,6	0,6	1,3	0	1,3	0	0,6	0	10	4,76	-0,7	-4,1
11	EG Boom	P	1	1	1	1,3	0,9	1,15	0,9	1	1	11	-3,33	5,23	2,29
12	WindbelastingBoom	V	1	0,6	0,6	1,3	0	1,3	0	0,6	0	12	2,96	21,68	9,8

De combinaties zijn:

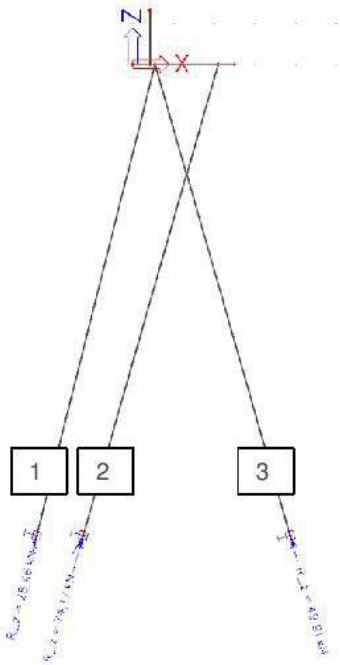
		6.10a			6.10b			calamiteit		
BG nr	Beschrijving	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	EG L-wand	1,30	1,30	1,30	1,15	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00
2	EG metselwerk	1,30	0,90	1,30	1,15	0,90	1,15	1,00	1,00	1,00
3	EG dekzerk	1,30	0,90	1,30	1,15	0,90	1,15	1,00	1,00	1,00
4	GrondVerticaal	0,90	1,30	1,30	0,90	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00
5	GrondHorizontaal	1,30	0,90	0,90	1,15	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00
6	StempelkrachtDamwand	1,30	0,90	0,90	1,15	0,90	0,90	1,00	1,00	1,00
7	Maaiveld Inrichting	0,90	1,30	1,30	0,90	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00
8	Maaiveldgebruik	0,00	1,04	1,04	0,00	1,04	1,04	0,00	0,64	0,64
9	MaaiveldgebruikCalamiteit	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00
10	WindbelastingWoonboot	1,30	0,00	0,00	1,30	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00
11	EG Boom	0,90	1,30	1,30	0,90	1,15	1,15	1,00	1,00	1,00
12	WindbelastingBoom	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,60	0,60	0,60

TER BESPREKING

9 Berekeningsresultaten

9.1 Actuele situatie

Met Scia is de maatgevende combinatie doorgerekend:



Getoonde waarden zijn per strekkende meter kademuur. Deze dienen met 1,87 te worden vermenigvuldigd om tot paalreacties te komen. De maatgevende paalreacties bedragen:

1. 84,77kN
2. 138,70kN
3. 95,05kN

9.2 Situatie T = 25 jaar

De maatgevende paalreacties:

1. 93,73kN
2. 153,37kN
3. 107,09kN

TER BESPREKING

10 Toetsing paaldraagvermogen

10.1 Berekend paaldraagvermogen

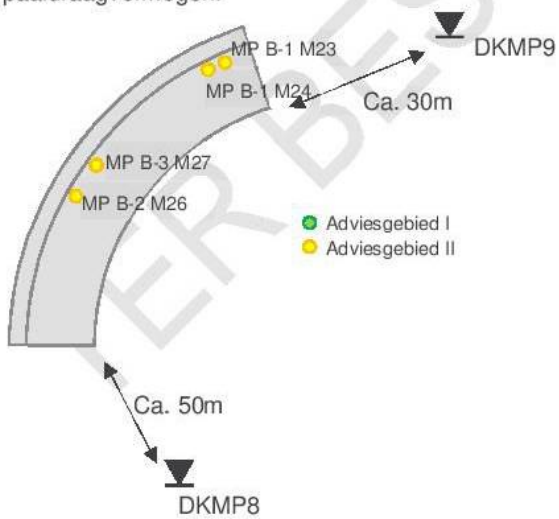
Voor 4 paalkopdiameters zijn op basis van 2 sonderingen de paaldraagvermogens bepaald. Omdat de sonderingen ver uit elkaar liggen, mogen deze niet in samenhang worden beschouwd. Dit leidt o.a. tot hogere waarden voor ksi3 en ksi4 in de paalberekening, resulterend in een lager draagvermogen.

De kade is naar verwachting voldoende stijf om te mogen rekenen op herverdelingscapaciteit. Ksi3 en Ksi4 bedragen daarom allebei 1,26.

De berekende paaldraagvermogens bedragen:

Diameter punt [mm]	Rc,d sondering 8 [kN]	Rc,d sondering 9 [kN]
126 (kop 230)	73	110
156 (kop 260)	103	130
176 (kop 280)	116	146
186 (kop 290)	122	153

Naast de afstand tussen de sonderingen, lopen ook de berekende paaldraagvermogens dermate uiteen (variatiecoëfficiënt > 12%) dat sonderingen niet in combinatie mogen worden beschouwd. Ook is het niet mogelijk de palen goed beredeneerd toe te wijzen aan een specifieke sondering. Derhalve worden paalreacties getoetst aan het laagste berekende paaldraagvermogen.

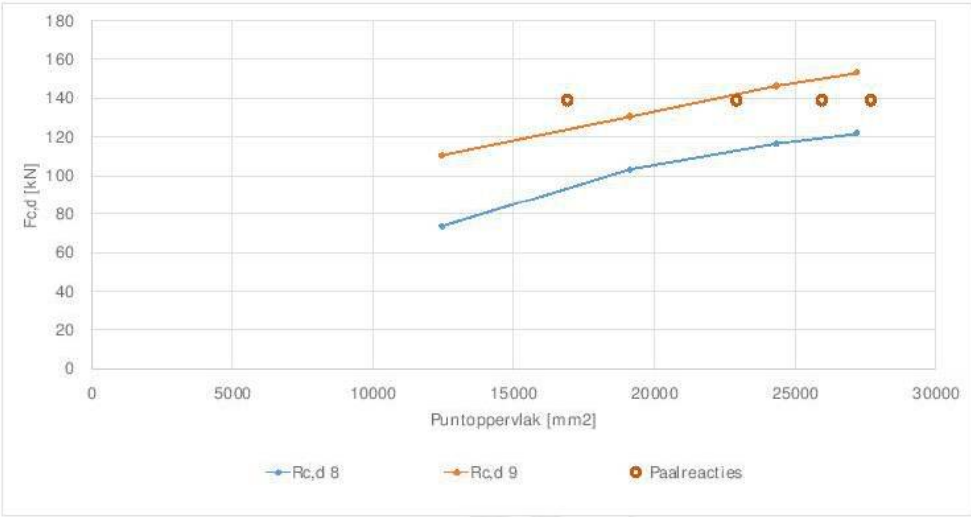


Het paaldraagvermogen is bij benadering evenredig met de oppervlakte van de paaldoorsnede. Wanneer de berekende draagvermogens uit de tabel in een grafiek worden gezet, tezamen met de paalpuntoppervlaktes, kan betrekkelijk eenvoudig worden afgelezen hoe iedere afzonderlijke paal scoort.

TER BESPREKING

10.2 Toetsing paaldraagvermogen actueel

Voor beide sonderingen is een grafiek gemaakt. De lijnen geven de capaciteit van de palen voor de 4 berekende diameters. Punten boven een lijn geven een overschrijding weer van het draagvermogen. Punten onder een lijn betreffen palen met voldoende draagvermogen.



In de huidige situatie voldoet de fundering reeds niet, uitgaande van de meest pessimistische sondering.

De resultaten in tabelvorm:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
23.1	8	171	22899	138,7	100,4	1,38	38,1
24.1	8	147	16914	138,7	82,5	1,68	68,0
26.1	8	188	27685	138,7	114,7	1,21	20,9
27.1	8	182	25944	138,7	109,5	1,27	26,6

De UC's laten aanmerkelijke overschrijdingen zien. Beschouwing van de afzonderlijke bijdragen aan de paalreacties wijst uit dat de windbelasting op de bomen aanmerkelijk bijdraagt aan de maatgevende paalreactie. Weglating van de bijdrage uit eigen gewicht van de boom en de windbelasting op de boom levert:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
23.1	8	171	22899	84	100,4	0,84	0,0
24.1	8	147	16914	84	82,5	1,02	1,8
26.1	8	188	27685	84	114,7	0,73	0,0
27.1	8	182	25944	84	109,5	0,77	0,0

De 5%-bovengrens van de UC bedraagt 1,02. Dit houdt in dat er 5% kans is dat een willekeurige paal onder kade B een UC>1,02 heeft. Opgemerkt wordt dat de steekproef erg klein is, dus aan deze bevinding dient niet teveel gewicht te worden toegekend. Een betere onderbouwing zal aanvullend funderingsonderzoek vergen, met goede kans dat de werkelijke overschrijding van het paaldraagvermogen groter zal blijken te zijn.

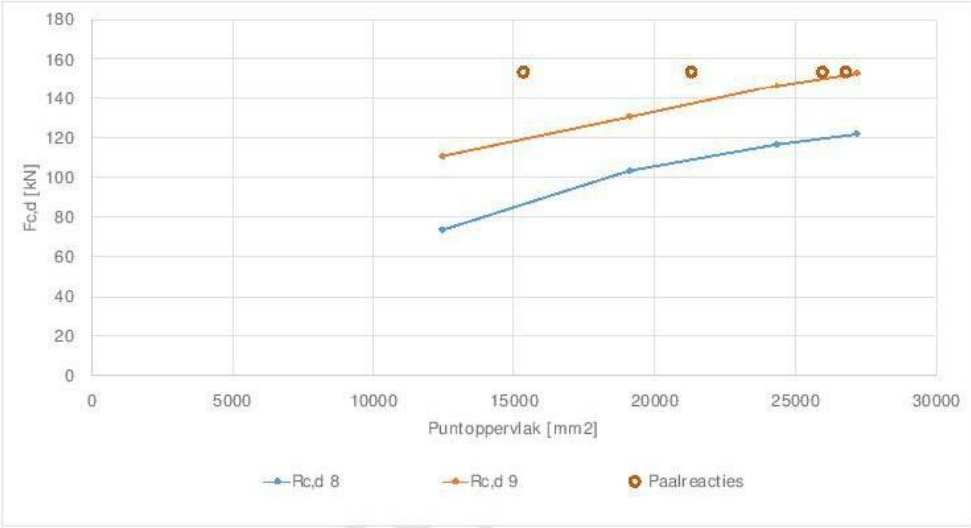
TER BESPR

10.3 Toetsing paaldraagvermogen 25 jaar

De toetsing van de situatie over 25 jaar kent 2 verschillen ten opzichte toetsing van de actuele situatie:

- De paalreacties worden groter vanwege grotere belastingfactor
- De paaldiameters van de bemonsterde palen zullen aangepast worden aan de door SHR afgegeven prognose van de degradatie, waardoor van deze palen het draagvermogen zal teruglopen.

De toetsing resulteert in de volgende grafiek:



Voor de toekomstige situatie blijkt ook de optimistische sondering onvoldoende draagvermogen aan te kunnen tonen.

De resultaten in tabelvorm:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
23.1	8	165	21318	153,37	95,7	1,60	60,3
24.1	8	140	15339	153,37	77,8	1,97	97,1
26.1	8	185	26808	153,37	112,1	1,37	36,8
27.1	8	182	25944	153,37	109,5	1,40	40,0

De gemiddelde UC bedraagt 1,59. Weglating van de invloed van de bomen levert de volgende tabel:

Paalnr.	Sondering	D_punt	A_punt	Fc,d	Rc,d	UC	overschrijding
[-]	[-]	[mm]	[mm2]	[kN]	[kN]	[-]	[%]
23.1	8	165	21318	92,14	95,7	0,96	0,0
24.1	8	140	15339	92,14	77,8	1,18	18,4
26.1	8	185	26808	92,14	112,1	0,82	0,0
27.1	8	182	25944	92,14	109,5	0,84	0,0

TER BES

De 5%-bovengrens van de UC bedraagt nu 1,19. Het is niet de verwachting dat aanvullend funderingsonderzoek voldoende houvast zal geven om 25 jaar restlevensduur vast te stellen.

Geconcludeerd wordt dat voor de situatie over 25 jaar een eventueel kappen van de bomen geen verlichting zal brengen. Met of zonder bomen: het is niet de verwachting dat de kade 25 jaar in stand kan worden gehouden.

TER BESPREKING

11 Conclusies en aanbevelingen

11.1 Conclusies

Uit de beschouwing van kade B worden de volgende conclusies getrokken:

- De kade wordt op een waarschijnlijk onjuiste manier belast door de aangemeerde woonboot. Dit heeft geleid tot verschoven dekzerken, welke lijken te zijn vastgewigd. Dit is mogelijk geen stabiele situatie.
- Daarnaast zijn de belastingen mogelijk ook erg hoog. Een ketting lijkt zeer strak te staan. Deze ketting is bevestigd aan het metselwerk.
- De indringingsmetingen en het laboratoriumonderzoek wijzen op een fundering die matig is aangetast. De EB-aantasting bedraagt maximaal 18mm en zal zich kunnen uitbreiden tot maximaal 25mm. Tevens is de prognose van de verdere degradatie gunstig: de zachte schil zal enkele mm's kunnen toenemen in de komende 25 jaar.
- Voor de actuele situatie en de situatie over 25 jaar voldoet de kade niet. De overschrijding van het paaldraagvermogen bedraagt tot ca. 60%. Het eigen gewicht van de bomen en de windbelasting op de bomen dragen aanmerkelijk bij aan de maatgevende paalreactie.
- Wanneer de bomen rekenkundig worden weggelaten, dan wordt er een geringe overschrijding van het paaldraagvermogen gevonden (2%). De steekproef is echter te klein om dit stellig te kunnen concluderen. Aanvullend funderingsonderzoek kan mogelijk extra draagvermogen aantonen.
- Voor de situatie over 25 jaar, met weglating van de bomen, wordt een overschrijding van het paaldraagvermogen van ca. 20% gevonden. Het is niet de verwachting dat aanvullend funderingsonderzoek hierin voldoende verlichting zal kunnen brengen.
- Er zijn te weinig meetpunten om een goed oordeel te kunnen vormen over verschilzakkingen. De wel beschikbare metingen wijzen op een zakkingstempo van ca. 0,5mm/jaar. Dit is een normale waarde voor houten palen in de 1e zandlaag.
- De meethistorie is niet toereikend om zakkingen te betrekken in de beoordeling van de fundering. Hiervoor is een langere meethistorie benodigd, en meer meetpunten.
- De schadebeelden en algehele staat van de kade wijzen niet op overmatige verschilzakkingen.

11.2 Aanbevelingen

Aanbevolen wordt:

- Vervanging van kade B te overwegen. Voor de actuele situatie is kappen van de bomen vanuit constructief oogpunt al wenselijk, met eventueel herplanting buiten de invloedssfeer van de kadeconstructie. Echter: binnen 25 jaar is te verwachten dat vervanging alsnog noodzakelijk zal blijken te zijn.
- De aanmeervoorzieningen te controleren en onjuiste krachtsinleiding te verhelpen. Aanmeerkrachten inleiden in de dekzerken dient te worden vermeden.
- De dekzerken dienen te worden gestabiliseerd. De huidige situatie is mogelijk niet stabiel.

TER BESPREKING

Bijlage 1. Stroomschema houtonderzoek

TER BESPREKING