Gemeente Amsterdam

Bezoekadres
Weesperstraat 430
1018 DN Amsterdam

Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon 251 1111
ingenieursbureau.amsterdam.nl

Opsteller	Goedgekeurd en vrijgegeven	Paraaf	Datum
[redacted]	[redacted]	[redacted]	31-10-2017
			31-10-2017
			31-10-2017

Notitie

Aan	[redacted] V&OR
Van	[redacted], IB GA [redacted]@amsterdam.nl; [redacted]
Kopie aan	[redacted]
Datum	31 oktober 2017
Ons kenmerk	Versie 04
Bijlage(n	geen

Onderwerp: Funderingsschade en advies te treffen beheersmaatregelen brug 108 (brug in de De Clerqstraat over de Da Costakade).

Samenvattende analyse

Er is sprake van een grootschalige en substantiële bacteriële aantasting van de houten funderingspalen onder brug 108, met als gevolg een sterke afname van de draagcapaciteit van deze palen.

Als de belasting op de brug wordt beperkt tot licht personenauto- en bestelbussen verkeer (voertuig gewicht minder dan 3,5 ton) zal acuut en spontaan bezwijken van de fundering en bovenbouw, naar verwachting niet optreden.

De situatie wordt wel risicovol als de brug, in aanvulling op dit lichte verkeer ook wordt belast door tram- en/of zwaar vrachtwagenverkeer.

Als verkeer zwaarder dan 3,5 ton de brug blijft belasten, kan een mogelijk bezwijken relatief spontaan optreden, zonder waarschuwing vooraf. Er kan mogelijk zelfs een 'domino' effect optreden, door overbelasting van de naastgelegen palen. Dit kan leiden tot een spontane instorting van (onderdelen van) de brug.

Advies

Op grond van deze situatie, is het advies om het verkeer op de brug te beperken tot personen autoverkeer en lichte bestelauto's (tot 3,5 ton voertuig gewicht). Dit betekent een voertuigbeperking op de brug van al het wegverkeer boven de 3,5ton (zware bestelauto's, vrachtwagens, OV bussen en brandweerauto's), maar ook van het tramverkeer.

Het is aan te bevelen om de voorgenoemde voertuigbeperking te handhaven tot het moment dat er afdoende noodmaatregelen zijn getroffen. Daarbij valt te denken aan een nood- of hulpconstructie onder de dekken vlak voor het landhoofd (stalen palen met een onderslagbalk).

Aanleiding en kader

In het kader van de Investeringsagenda openbaar vervoer (IA-OV) zijn 6 van 21 aangemerkte bruggen beschouwd op constructieve veiligheid, waaronder brug 108. Brug 108 ligt in de De

Clercqstraat en kruist de Da Costagracht. Brug 108 wordt bereden door regulier wegverkeer en de tramlijnen 13 en 14. Ter weerzijde van de rijbanen is de brug in gebruik door fietsers en voetgangers.

Paalinspectie
Als onderdeel van deze beschouwing is een inspectie van de houten paalfundering uitgevoerd. Uit deze inspectie blijkt dat een groot aantal van de onderzochte houten palen (ca. 25% à 30%), met name onder beide landhoofden, ernstig tot zeer ernstig bacterieel zijn aangetast (restdiameter van een aantal palen is zelfs gereduceerd tot 30 à 40 mm).

Resterende draagcapaciteit palen
Als gevolg van deze aantasting, is de resterende draagcapaciteit (op sterkte) van de aangetaste palen eveneens sterk afgenomen. Deze aantasting van palen heeft een voortschrijdend karakter. In tijd gezien zal de huidig vastgestelde restcapaciteit verder afnemen (enkele uitzonderingen daargelaten, zie bladzijde 10 voor uitleg).

De vertaling van de aantasting naar een restcapaciteit van de paal is uit te drukken in een onder- en bovengrens. In de overzichten is dit weergegeven in respectievelijk de linker- en de rechter kolom.

Op dit moment lopen onderzoeken om die twee uiterste grenzen dichter naar elkaar toe te brengen. Vooruitlopend op de resultaten van deze onderzoeken is het noodzakelijk om per geval en met voldoende deskundigheid, een boven- of ondergrens te hanteren als beoordelingscriterium.

Belastingsituatie brug
Afhankelijk van de situatie waaronder de brug wordt belast, is te constateren dat de belasting op een aantal palen hoger is dan de restcapaciteit van de aangetaste palen en er dat clustering / aaneenschakeling van, reken technisch gezien, overbelaste palen ontstaat, als de belasting op de brug toeneemt.

Alleen eigen gewicht brug
In het geval waarbij de palen alleen door het eigen gewicht van de brug worden belast, blijft overbelasting beperkt tot een aantal individuele palen. Pas bij het hanteren van een (in dit geval conservatieve) ondergrens voor de restcapaciteit van de aangetaste palen, ontstaat er een aaneenschakeling / rij van overbelaste palen.
Gezien de aard van de belasting (permanent), schadebeelden en zettingen, is deze ondergrens een te conservatieve aanname.

In een situatie waarbij de palen alleen worden belast door het eigen gewicht van de brug, zal bezwijken van de fundering en bovenbouw naar verwachting niet op korte termijn optreden.

Eigen gewicht brug met lichte verkeersbelasting
In de situatie waarbij de brug belast wordt door licht (personenauto) verkeer (minder dan 3,5 ton voertuiggewicht), fietsers en voetgangers, neemt de paalbelasting individueel toe met ca. 8%.

Gelet de geringe toename van de paalbelasting, de spreiding en de beperkte gelijktijdigheid van optreden van deze belasting, is dit een nog acceptabele toename van de paalbelasting. Daarbij wordt aangetekend dat zowel de onderbouw als de bovenbouw van de voet-/fietspaden (bouwjaar 1927/2007 – zie blz. 5) in redelijk goede staat verkeren.

In de situatie van brug 108 zal bezwijken van de fundering en bovenbouw naar verwachting niet op korte termijn optreden.

Eigen gewicht brug met lichte verkeersbelasting en tram
In de situatie waarbij de brug naast de belasting met licht verkeer ook belast wordt met tramverkeer, wordt het aantal overbelaste palen zodanig groot, dat er een aaneenschakeling of clustering van overbelaste palen ontstaat. In een dergelijke situatie zijn er geen aangrenzende palen, die de belasting kunnen overnemen, mocht het gescheurde metselwerk daar al toe in staat zijn.

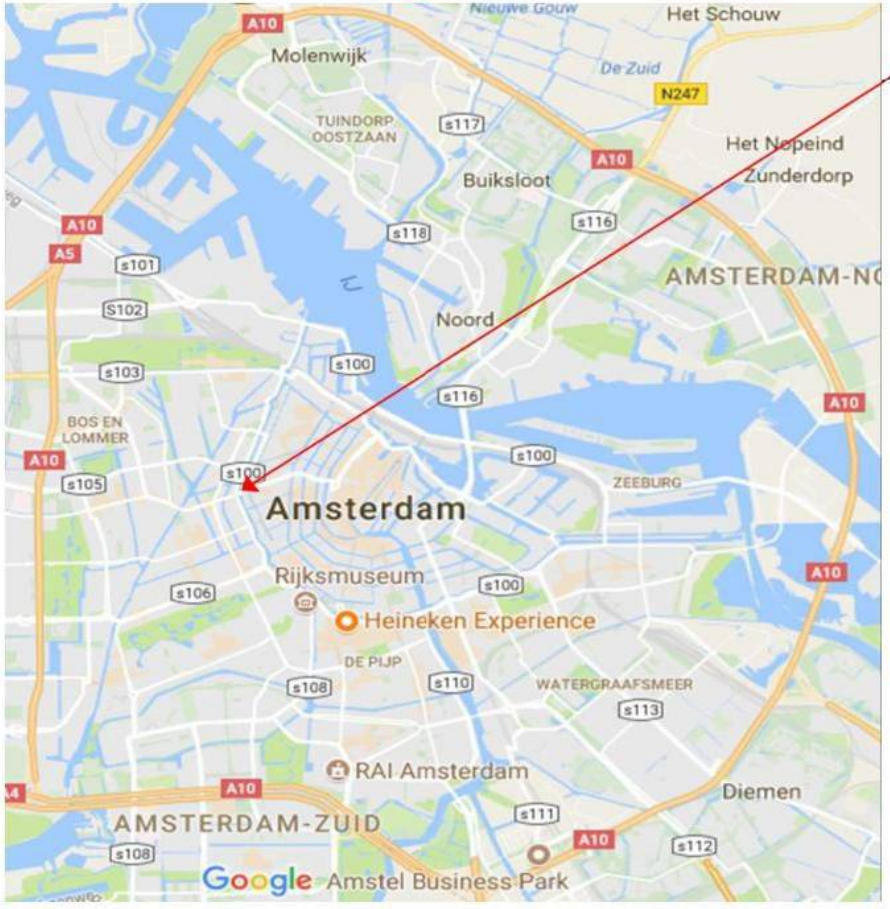
Er kan mogelijk zelfs een 'domino' effect optreden, door overbelasting van de naastgelegen palen, waarbij telkens een volgende paal vervormt en/of bezwijkt, totdat een cluster van omringende palen is bereikt dat wel in staat is om de belasting te dragen. Dit domino-effect kan gepaard gaan met grote vervormingen, schade en mogelijk zelfs met bezwijken van (delen van) de brug.

Omdat het in dit geval om een overbelasting op sterkte betreft en een mogelijke bezwijking onder water, dus buiten het zicht optreedt, kan bezwijken spontaan en binnen korte termijn plaatsvinden. Anders dan bij zakking van een paal door een tekort aan draagvermogen uit de zandlagen, waarbij het proces langzaam verloopt, is hier daarom sprake van een risicovolle situatie.

Aanvullende inspecties en ondersteunende aanwijzingen
Uit onderwater inspecties blijkt dat er substantiële scheurvorming in de metselwerk onderbouw is opgetreden en dat aantasting van het houten balkenframe tussen palen en metselwerk is te constateren. De onderbouw zal daarom niet tot nauwelijks in staat zijn om de belasting te verdelen over aangrenzende palen.

Waargenomen zettingen (o.b.v. satellietdata - Sky-Geo) en scheurvorming in de metselwerk onderbouw, zijn ondersteunende aanwijzingen dat de onderbouw aan een ongelijkmatige zetting onderhevig.

Locatie brug 108



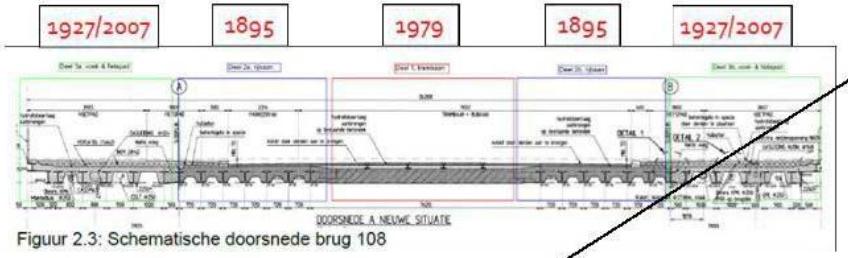


Kruising De Clerqstraat – Da Costakade

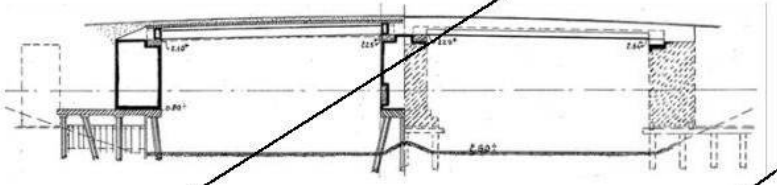
Constructieve opbouw brug 108



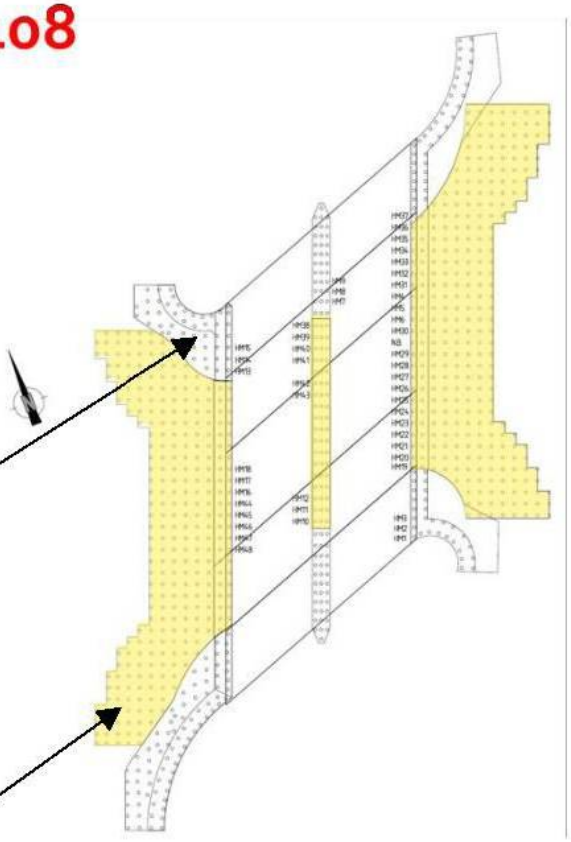


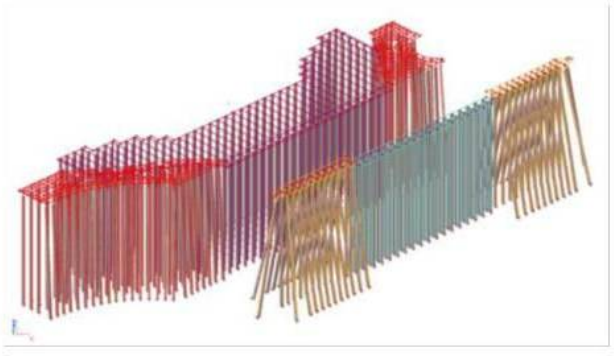


Figuur 2.3: Schematische doorsnede brug 108



Landhoofd 1927 | Tussenpijler 1927 | Tussenpijler 1895 | Landhoofd 1895





Visuele technische inspectie onder waterlijn

Locatie	Omschrijving	Foto
Landhoofd oost		
A	Vanaf de zuidzijde is boven kesp 4 een verticale scheur aanwezig in het metselwerk. De scheur begint bij de watersloof en eindigt bij het natuursteen, de scheurwijdte bedraagt circa 4 mm.	figuur 6.1
B	Vanaf de zuidzijde is ter plaatse van kesp 8 een doorvoer dichtgemetseld.	figuur 6.2
C	Vanaf de zuidzijde is tussen kesp 8 en 9 een verticale scheur aanwezig in het metselwerk. De scheur begint bij de watersloof en loopt door boven de waterlijn, de scheurwijdte bedraagt circa 5 mm.	figuur 6.3
D	Vanaf de zuidzijde is boven kesp 16 een verticale scheur aanwezig in het metselwerk. De scheur begint bij de watersloof en eindigt boven de waterlijn in de voeg van het natuursteen. De scheurwijdte is 5 mm.	figuu figuu
E	Vanaf de zuidzijde is boven kesp 20 een verticale scheur aanwezig in het metselwerk. De scheur begint bij de watersloof en eindigt bij het natuursteen, de scheurwijdte bedraagt circa 10 mm.	figuu
F	Vanaf de zuidzijde is tussen kesp 21 en 22 een verticale scheur aanwezig in het metselwerk. De scheur begint bij de watersloof en loopt door boven de waterlijn. De scheurwijdte bedraagt circa 2 mm.	figuu
Tussensteunpunt		
G	Bij de noordelijke funderingsovergang waar de fundering van het oude deel overgaat in het nieuwe deel een verticale scheur in het metselwerk aanwezig, de scheur loopt door boven de waterlijn. De scheurwijdte is 10 mm.	figuu figuu
H	Bij de zuidelijke funderingsovergang waar de fundering van het oude deel overgaat in het nieuwe deel een verticale scheur in het metselwerk aanwezig, de scheur loopt door boven de waterlijn en heeft een scheurwijdte tot 18 mm. Evenwijdig aan deze scheur is een fijnere scheur aanwezig.	figuu figuu figuu
Landhoofd west		
I	Naast de doorlopenings een verticale scheur aangetroffen. Onder de waterlijn bedraagt de scheurwijdte circa 10 mm.	figuur 6.8
J	Er is verticale scheur aanwezig met een scheurwijdte van 25 mm. De scheur loopt door tot circa 1,1 m onder de waterlijn.	-
K	Onder de waterlijn is een verticale scheur aanwezig met een scheurwijdte van 5 mm.	figuur 6.10
L	Bij de funderingsovergang van oude deel naar nieuwe deel is een verticale scheur onder de waterlijn in het metselwerk aanwezig. De scheurwijdte is 1 mm.	-
Alg.	De watersloof is op enkele locaties verspreid over de gehele lengte tot een diepte van 20 cm ingewaterd.	-

Scheurvorming in metselwerk onderbouw
Variërend van 2 tot 10mm



Bemonstering houten palen onder waterlijn

Nieuwe deel brug (na 1927)

Monster #	ø Paal (mm)	Houtsoort	Gemiddelde ernstige aantasting (mm)	Verwachte uitbreiding ernstig aantasting (mm)	Rest Ø 2017 (matig tot niet aangetast; mm)	Rest Ø na 30 jaar (matig tot niet aangetast; mm)	Procentuele rest Ø 2017 (matig tot niet aangetast; mm)	Procentuele rest Ø na 30 jaar (matig tot niet aangetast; mm)	Gemiddelde karteduur druksterkte volledige diameter (N/mm^2)	Repr. Draagverm. kop volledige diameter (kN)
HM 1	260	Grenen	0	0	260	260	100%	100%	12,3	654
HM 2	250	Vuren	0	0	250	250	100%	100%	13,7	674
HM 7	310	Vuren	0	0	310	310	100%	100%	13,6	1029
HM 8	280	Vuren	0	0	280	280	100%	100%	17,0	1047
HM 13	260	Vuren	0	0	260	260	100%	100%	16,4	869
HM 14	250	Vuren	0	0	250	250	100%	100%	18,9	930

Tabel 5.4: Samenvatting houtmonsteranalyse nieuwe deel.

Bemonstering houten palen onder waterlijn

Oude deel brug (1895)

Monster #	ø Paal (mm)	Houtsoort	Gemiddelde ernstige aantasting (mm)	Verwachte uitbreiding ernstig aantasting (mm)	Rest Ø 2017 (matig tot niet aangetast; mm)	Rest Ø na 30 jaar (matig tot niet aangetast; mm)	Procentuele rest Ø 2017 (matig tot niet aangetast; mm)	Procentuele rest Ø na 30 jaar (matig tot niet aangetast; mm)	Gemiddelde korteduur druksterkte volledige diameter (N/mm²)	Repr. Draagverm. kop volledige diameter (kN)
HM 4	240	Grenen	100	100	40	40	17%	17%	3,3	149
HM 5	250	Grenen	34	43	182	164	73%	66%	4,5	221
HM 6	220	Grenen	30	30	160	160	73%	73%	6,3	239
HM 10	250	Grenen	24	30	202	190	81%	76%	9,4	463
HM 11	260	Grenen	30	38	200	184	77%	71%	7,9	418
HM 12	240	Grenen	10	13	220	214	92%	89%	9,6	432
HM 16	240	Grenen	0	0	240	240	100%	100%	5,8	260
HM 17	260	Grenen	43	53	174	154	67%	59%	5,9	312
HM 18	300	Grenen	20	25	260	250	87%	83%	6,3	448
HM 19	260	Vuren	95	119	70	22	27%	8%	0,3	16
HM 20	280	Vuren	35	44	210	192	75%	69%	6,6	404
HM 21	260	Grenen	0	0	260	260	100%	100%	10,5	559
HM 22	260	Grenen	9	11	242	238	93%	92%	8	426
HM 23	250	Grenen	19	24	212	202	85%	81%	9,7	474
HM 24	230	Grenen	11	14	208	202	90%	88%	8,5	352
HM 25	260	Grenen	12	15	236	230	91%	88%	7,2	381
HM 26	260	Vuren	0	0	260	260	100%	100%	14,7	781
HM 27	260	Vuren	18	23	224	214	86%	82%	12	636
HM 28	250	Vuren	61	77	128	96	51%	38%	2,4	118
HM 29	240	Grenen	8	10	224	220	93%	92%	9	407
HM 30	240	Vuren	62	78	116	84	48%	35%	3,6	161
HM 31	250	Grenen	109	109	32	32	13%	13%	2,7	133
HM 32	250	Grenen	41	52	168	146	67%	58%	2,1	103
HM 33	240	Grenen	43	43	154	154	64%	64%	3,4	152
HM 34	260	Grenen	33	33	194	194	75%	75%	3,8	201
HM 35	260	Grenen	46	46	168	168	65%	65%	4,8	253
HM 36	260	Grenen	16	20	228	220	88%	85%	6,8	409
HM 37	250	Grenen	14	18	222	214	89%	86%	8,9	435
HM 38	260	Vuren	10	13	240	234	92%	90%	14,8	786
HM 39	260	Vuren	18	23	224	214	86%	82%	7,3	390
HM 40	230	Grenen	31	31	168	168	73%	73%	5	206
HM 41	240	Grenen	49	62	142	116	59%	48%	4,5	206
HM 42	250	Grenen	16	20	218	210	87%	84%	7,7	380
HM 43	250	Grenen	23	29	204	192	82%	77%	8,3	406
HM 44	270	Grenen	9	11	252	248	93%	92%	8,6	495
HM 45	260	Grenen	33	41	194	178	75%	68%	7,4	393
HM 46	260	Grenen	24	30	212	200	82%	77%	5,6	299
HM 47	260	Grenen	18	23	224	214	86%	82%	8	425
HM 48	260	Vuren	8	10	244	240	94%	92%	12,0	635

Tabel 5.3: Samenvatting houtmonsteranalyse oude deel.

39st. monsters

11st. ernstig aangetast

ca. 28% v.d. populatie

Verrekenen aantasting en resterende hout, naar resterende paaldraagvermogen op sterkte

De voorliggende houtonderzoeken tonen de huidige toestand van aantasting geven een voorspelling van de aantasting over een komende periode van 30 jaar (zie 7e kolom in tabel 5.3 en 5.4).

Het hout van de palen (en balkenrooster) bestaat grofweg uit twee soorten, het spinthout en het kernhout. Spinthout is aanmerkelijk gevoeliger voor bacteriële aantasting dan kernhout.

Als de aantasting het kernhout heeft bereikt (zie b.v. hm 4) is er geen verdere afname van de paal te voorzien.

De verrekening van de resterend (hout) diameter naar draagvermogen op sterkte (restcapaciteit) is weergegeven in de laatste kolom van de tabel. Dit betreft echter representatieve waarden die nog omgerekend moeten worden naar rekenwaardes (vergelijkbaar met de rekenwaardes uit de belasting op de palen).

Deze vergelijking van belasting versus capaciteit wordt uitgedrukt in UC-waardes (unity-check) en moet altijd kleiner zijn dan 1.0.

De omrekening van de resterend (hout) diameter naar restcapaciteit is op het moment van opstellen van deze notitie gaande. Wel is een boven- en ondergrens aan te geven.

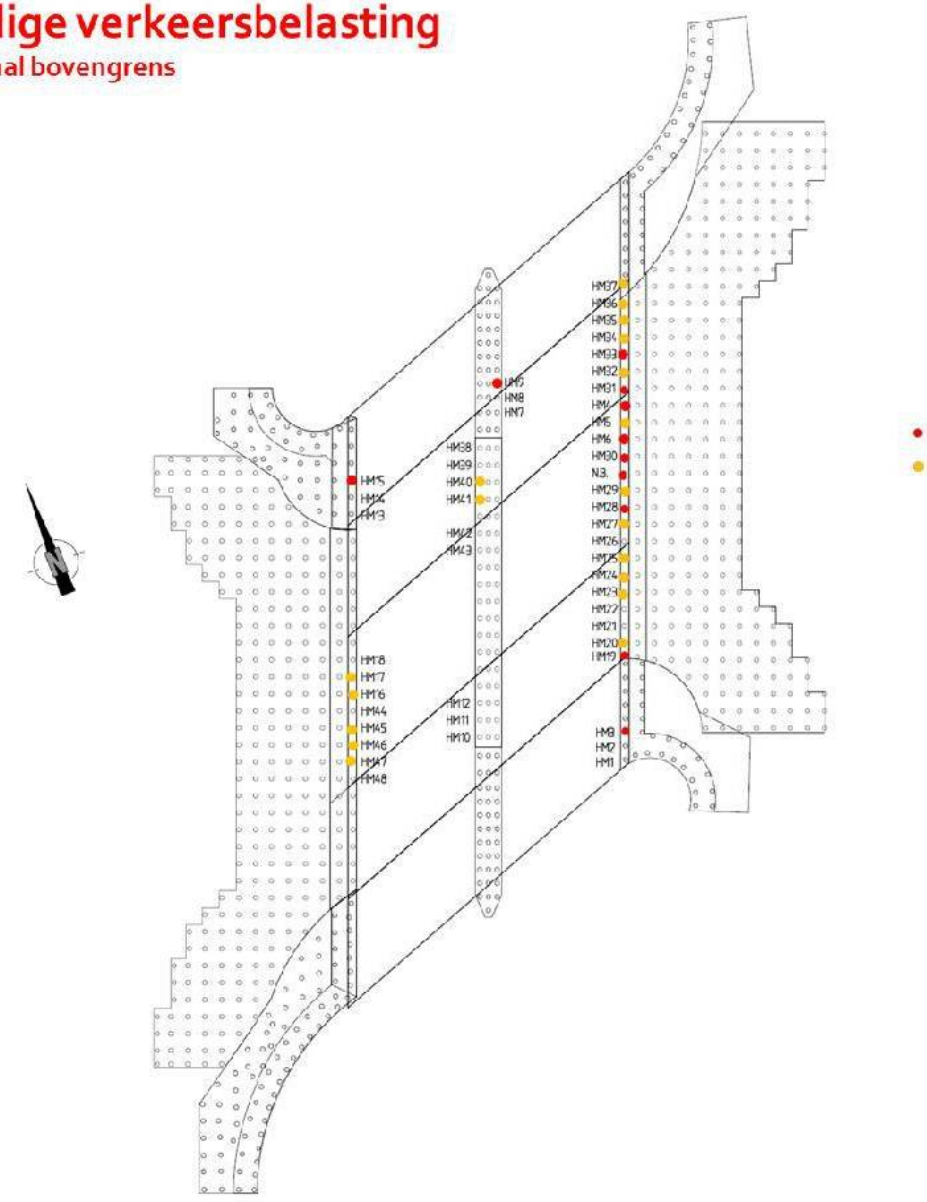
In de hierna volgende overzichten van het palenplan onder verschillende belasting, is om deze reden onderscheid gemaakt tussen een optimistische omrekening (bovengrens capaciteit – linker kolom) en een conservatieve omrekening (ondergrens – rechter kolom).

Daarbij wordt aangetekend dat het mogelijk uitknikken van palen niet is verdisconteerd. Dit uitknikken is wel een reëel risico, gezien de grote niet gesteunde lengte in het water. Als knik wel wordt meegenomen in de beschouwing, zal het beeld verder verslechteren. Knik van houten palen in een voorliggende situatie is ten tijde van het opstellen van de deze notitie onderwerp van onderzoek. Resultaten zijn op korte termijn niet beschikbaar.

Tot slot, het onderzoek naar de houten palen, heeft alleen plaats gevonden op de voorste rij palen, dit zijn de palen recht onder de oplegging van de dekken, in dit geval de belangrijkste. In hoeverre de palenrij daarachter is aangetast is onbekend, maar gezien de aard van de aantasting (bacterieel, zonder zuurstof) en de gebruikte houtsoort, ligt het in de lijn der verwachting dat het nu gevonden percentage aangetaste palen en de mate van aantasting ook bij de rij daarachter wordt aangetroffen.

Volledige verkeersbelasting

Sterkte paal bovengrens

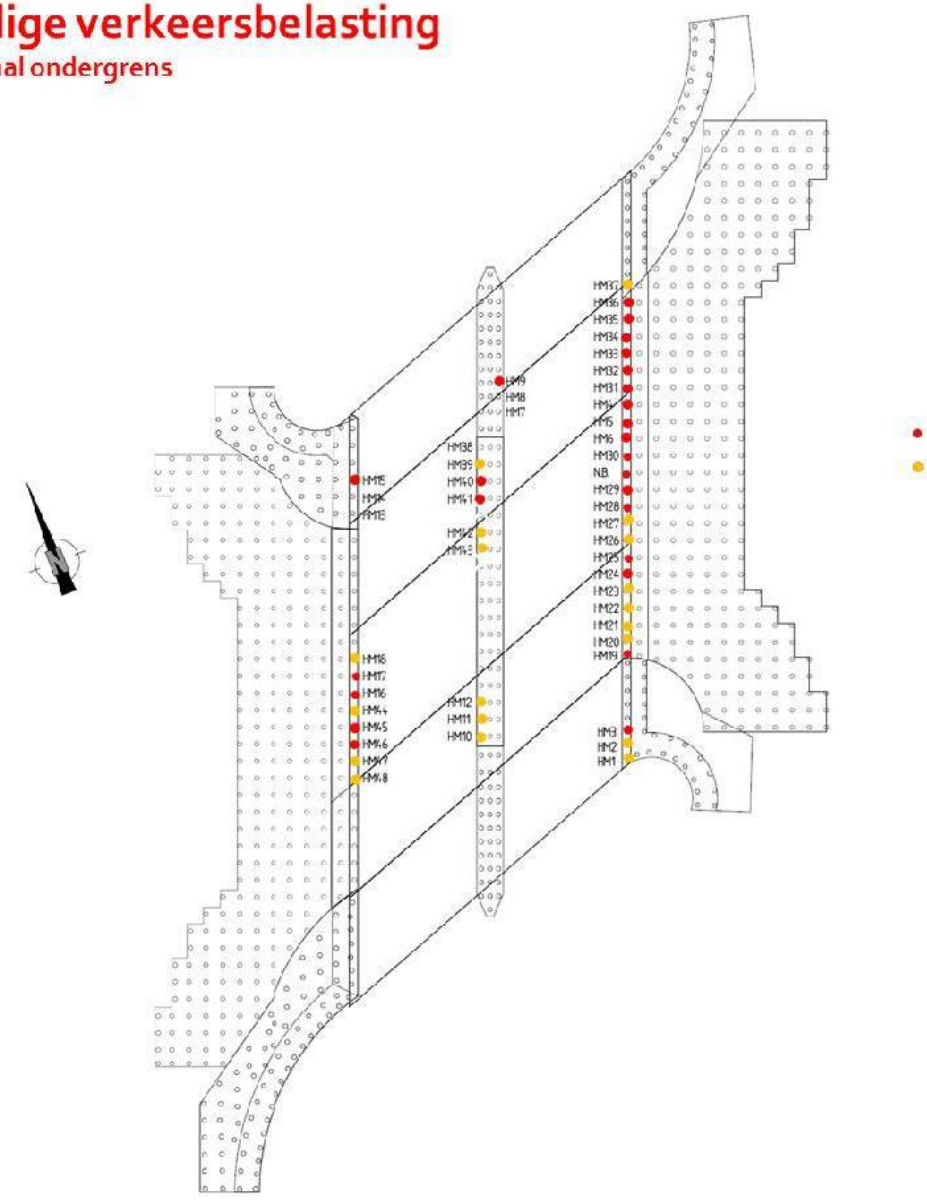


		UL Sterkte paal	UL Sterkte paal
HM	1	0,43	0,63
HM	2	0,47	0,61
HM	3		
HM	4	10,43	10,43
HM	5	0,84	1,8[illegible]
HM	6	1,18	1,18
HM	7	0,15	0,26
HM	8	0,24	0,26
HM	9		
HM	10	0,47	0,60
HM	11	0,47	0,66
HM	12	0,41	0,65
HM	13	0,43	0,47
HM	14	0,47	0,47
HM	15		
HM	16	0,52	1,00
HM	17	0,88	1,32
HM	18	0,35	0,84
HM	19	1,31	10,58
HM	20	0,50	1,00
HM	21	0,45	0,73
HM	22	0,49	0,96
HM	23	0,54	0,87
HM	24	0,70	1,19
HM	25	0,51	1,07
HM	26	0,43	0,52
HM	27	0,56	0,64
HM	28	1,56	1,59
HM	29	0,56	1,02
HM	30	1,91	2,59
HM	31	12,44	12,44
HM	32	0,97	4,91
HM	33	1,18	1,34
HM	34	0,73	2,84
HM	35	0,94	1,62
HM	36	0,55	1,00
HM	37	0,56	0,95
HM	38	0,34	0,35
HM	39	0,38	0,77
HM	40	0,70	1,36
HM	41	0,92	1,97
HM	42	0,41	0,73
HM	43	0,46	0,69
HM	44	0,44	0,82
HM	45	0,73	1,04
HM	46	0,62	1,17
HM	47	0,56	0,96
HM	48	0,48	0,64

UL > 1,0	16%		13
0,5 > UL <	42%	19	19
UL < 0,5	42%	19	5
		45	45

Volledige verkeersbelasting

Sterkte paal ondergrens

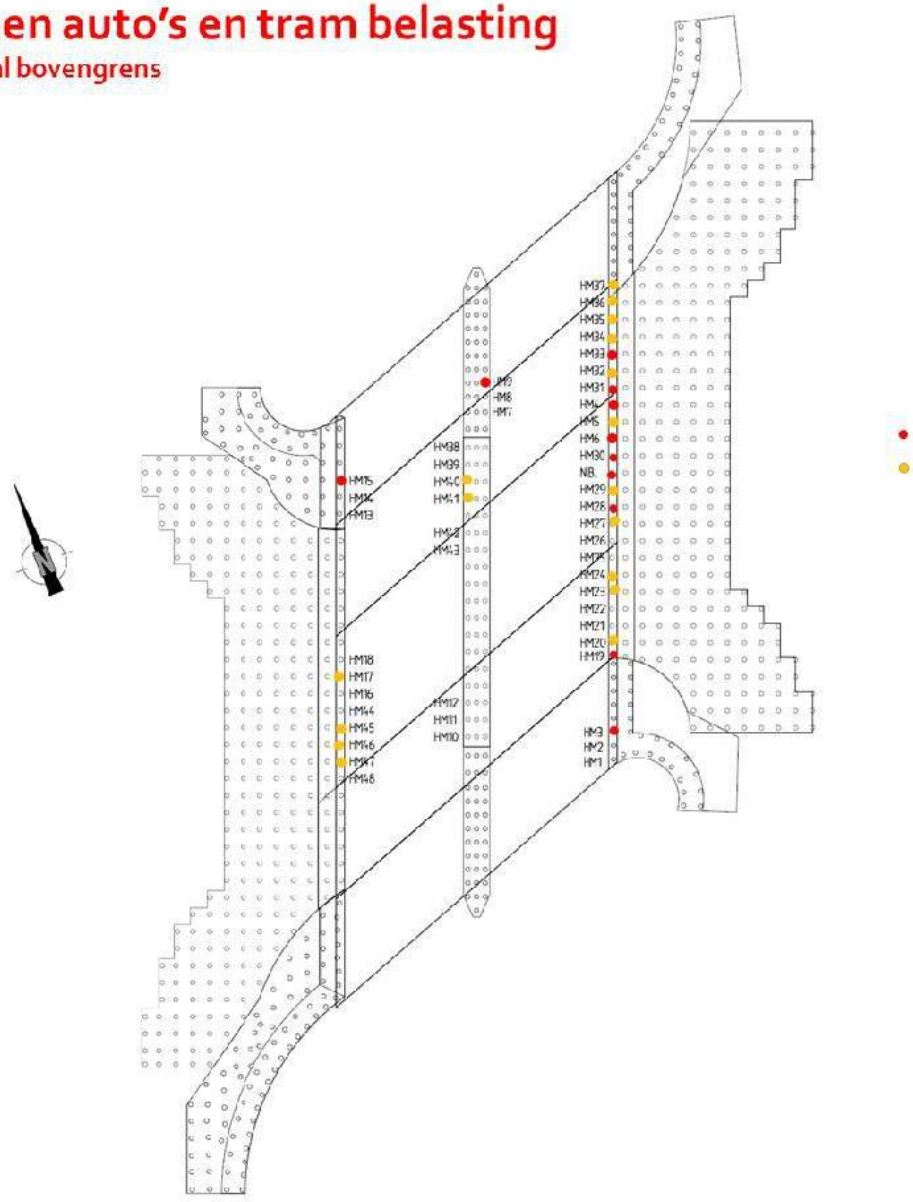


		UC Sterkte paal	UC Sterkte paal
HM	1	0,41	0,51
HM	2	0,47	0,51
HM	3		
HM	4		
HM	5	0,34	
HM	6		
HM	7	0,19	0,26
HM	8	0,24	0,26
HM	9		
HM	10	0,47	0,56
HM	11	0,47	0,56
HM	12	0,41	0,65
HM	13	0,43	0,47
HM	14	0,47	0,47
HM	15		
HM	16	0,32	
HM	17	0,38	
HM	18	0,39	0,39
HM	19		
HM	20	0,50	1,00
HM	21	0,43	0,73
HM	22	0,49	0,86
HM	23	0,54	0,67
HM	24	0,70	
HM	25	0,51	
HM	26	0,43	0,52
HM	27	0,56	0,74
HM	28		
HM	29	0,59	
HM	30		
HM	31		
HM	32	0,47	
HM	33		
HM	34	0,63	
HM	35	0,34	
HM	36	0,55	
HM	37	0,39	0,35
HM	38	0,34	0,34
HM	39	0,38	0,72
HM	40	0,70	
HM	41	0,32	
HM	42	0,41	0,73
HM	43	0,46	0,39
HM	44	0,44	0,62
HM	45	0,75	
HM	46	0,51	
HM	47	0,56	0,96
HM	48	0,18	0,54

UC > 1,0	47%		
0,5 > UC <	42%	19	19
UC < 0,5	11%	19	5
		45	45

Personen auto's en tram belasting

Sterkte paal bovengrens

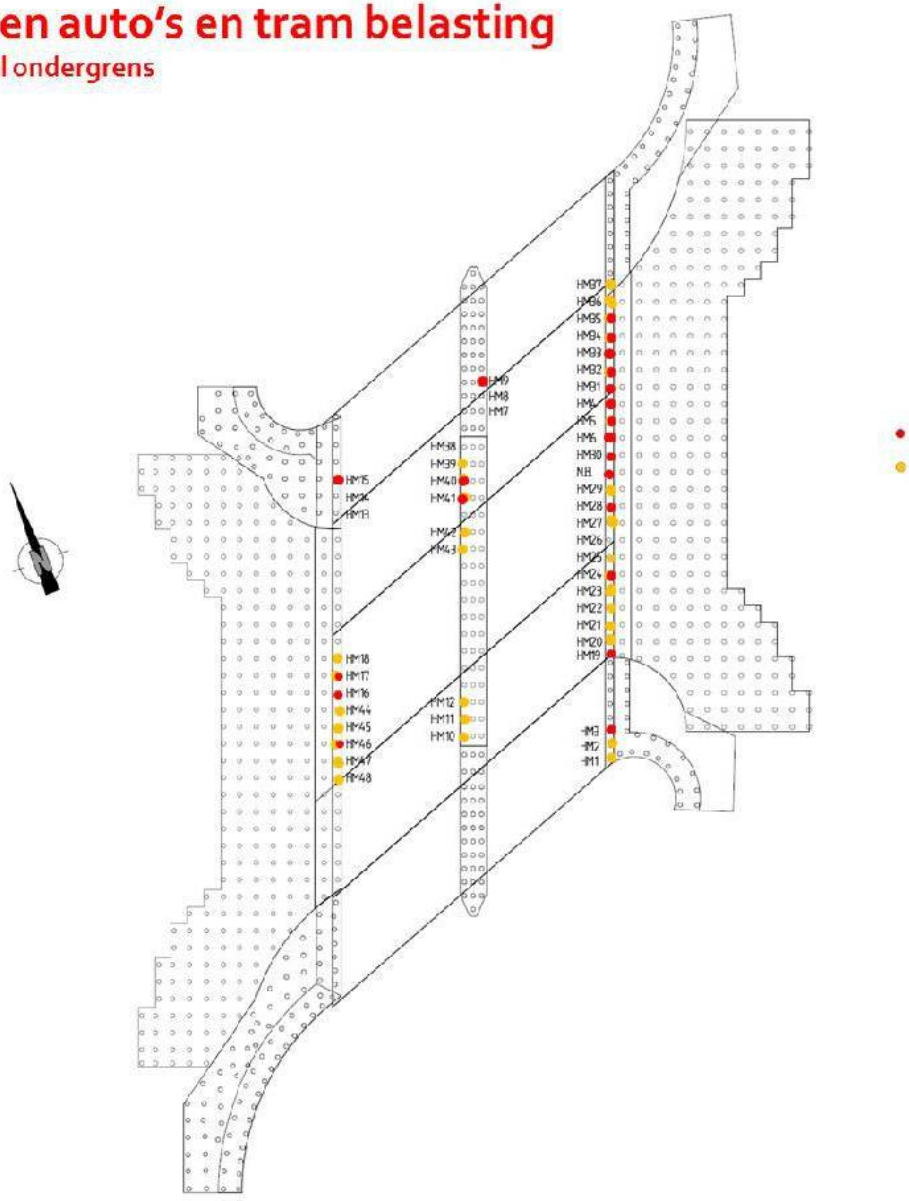


		UC Sterkte paal	UC Sterkte paal
HM	1	0,46	0,58
HM	2	0,44	0,57
HM	3		
HM	4	[illegible]	[illegible]
HM	5	0,70	[illegible]
HM	6	[illegible]	[illegible]
HM	7	0,27	0,23
HM	8	[illegible]	[illegible]
HM	9		
HM	10	[illegible]	[illegible]
HM	11	[illegible]	[illegible]
HM	12	[illegible]	[illegible]
HM	13	0,40	0,43
HM	14	0,44	0,44
HM	15		
HM	16	0,48	[illegible]
HM	17	0,82	[illegible]
HM	18	0,26	0,82
HM	19	[illegible]	[illegible]
HM	20	0,55	0,92
HM	21	0,40	0,68
HM	22	[illegible]	[illegible]
HM	23	[illegible]	[illegible]
HM	24	[illegible]	[illegible]
HM	25	[illegible]	[illegible]
HM	26	[illegible]	[illegible]
HM	27	[illegible]	[illegible]
HM	28	[illegible]	[illegible]
HM	29	[illegible]	[illegible]
HM	30	[illegible]	[illegible]
HM	31	[illegible]	[illegible]
HM	32	[illegible]	[illegible]
HM	33	[illegible]	[illegible]
HM	34	[illegible]	[illegible]
HM	35	[illegible]	[illegible]
HM	36	[illegible]	[illegible]
HM	37	[illegible]	[illegible]
HM	38	[illegible]	[illegible]
HM	39	[illegible]	[illegible]
HM	40	[illegible]	[illegible]
HM	41	[illegible]	[illegible]
HM	42	[illegible]	[illegible]
HM	43	[illegible]	[illegible]
HM	44	[illegible]	[illegible]
HM	45	[illegible]	[illegible]
HM	46	[illegible]	[illegible]
HM	47	[illegible]	[illegible]
HM	48	[illegible]	[illegible]

UC > 1,0	15%	7	10
0,5 > UC <	36%	17	22
UC < 0,5	47%	21	8
		45	45

Personen auto's en tram belasting

Sterkte paal ondergrens

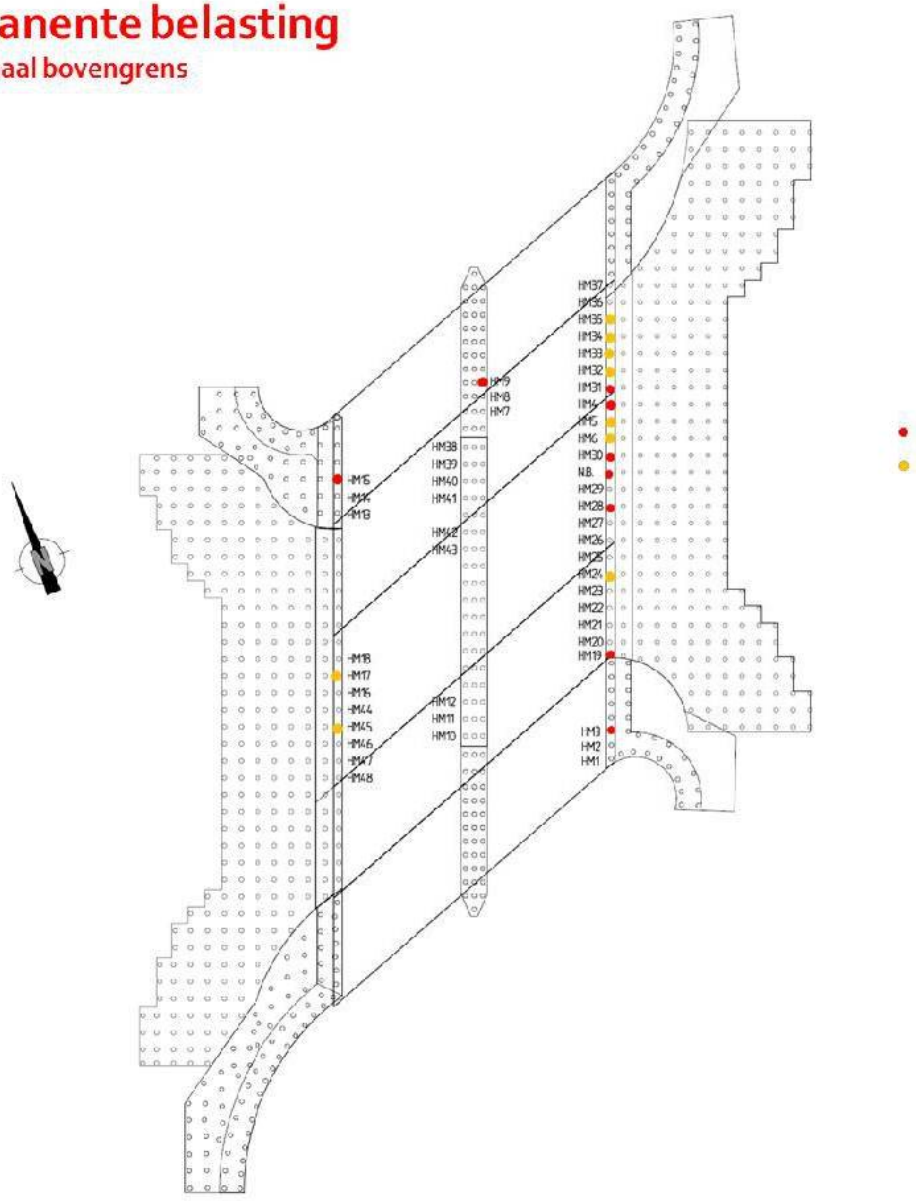


		UC Sterkte paal	UC Sterkte paal
HM	1	0,40	0,58
HM	2	0,44	0,57
HM	3		
HM	4		
HM	5	0,70	
HM	6		
HM	7	0,27	0,23
HM	8		
HM	9		
HM	10		0,35
HM	11		0,39
HM	12		0,38
HM	13	0,40	0,43
HM	14		
HM	15		
HM	16		
HM	17		
HM	18		
HM	19		
HM	20	0,55	0,92
HM	21	0,40	0,58
HM	22	0,45	0,39
HM	23	0,58	0,80
HM	24	0,85	
HM	25	0,47	0,99
HM	26	0,40	0,48
HM	27		
HM	28		
HM	29		
HM	30		
HM	31		
HM	32	0,70	
HM	33		
HM	34	0,67	
HM	35	0,87	
HM	36	0,50	0,32
HM	37	0,54	0,38
HM	38	0,30	0,31
HM	39	0,34	0,33
HM	40	0,62	
HM	41		
HM	42	0,36	0,25
HM	43	0,41	0,21
HM	44	0,41	0,76
HM	45	0,67	0,90
HM	46		
HM	47	0,52	0,84
HM	48	0,45	0,80

UC > 1,0	38%	8	10
0,5 > UC <	49%	17	22
UC < 0,5	13%	21	8
		45	45

Permanente belasting

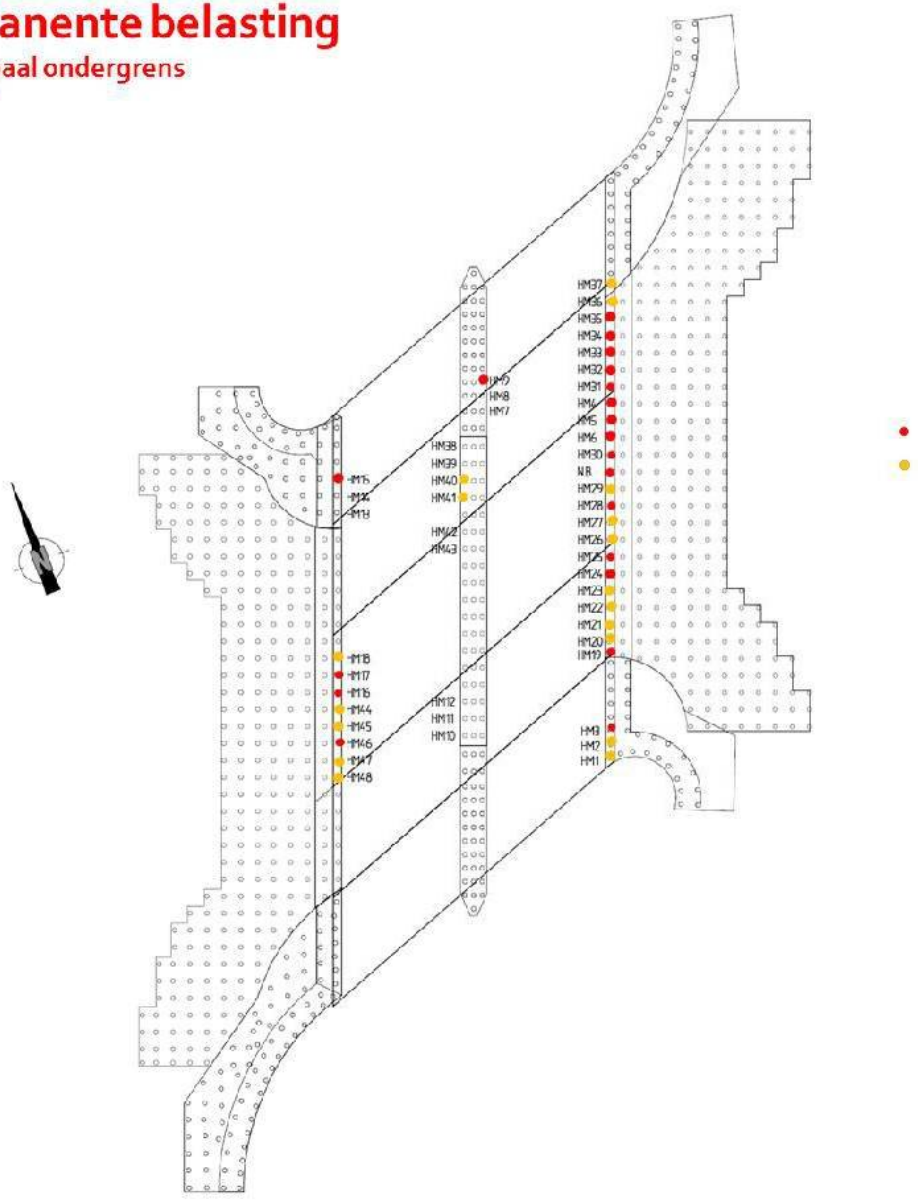
Sterkte paal bovengrens



		IB-capaciteit	ondergrens
		UC Sterkte paal	UC Sterkte paal
HM	1	0,32	0,60
HM	2	0,35	0,50
HM	3		
HM	4	0,67	0,67
HM	5	0,62	0,78
HM	6	0,87	0,90
HM	7	0,08	0,15
HM	8	0,11	0,15
HM	9		
HM	10	0,21	0,34
HM	11	0,20	0,37
HM	12	0,18	0,37
HM	13	0,32	0,45
HM	14	0,35	0,42
HM	15		
HM	16	0,38	0,53
HM	17	0,65	0,88
HM	18	0,29	0,66
HM	19	0,89	0,93
HM	20	0,44	0,95
HM	21	0,32	0,70
HM	22	0,36	0,92
HM	23	0,47	0,83
HM	24	0,51	0,76
HM	25	0,38	0,93
HM	26	0,37	0,50
HM	27	0,42	0,62
HM	28	0,45	0,84
HM	29	0,44	0,58
HM	30	0,43	0,47
HM	31	0,38	0,45
HM	32	0,72	0,85
HM	33	0,86	0,82
HM	34	0,54	0,85
HM	35	0,69	0,85
HM	36	0,40	0,50
HM	37	0,43	0,52
HM	38	0,45	0,46
HM	39	0,47	0,46
HM	40	0,34	0,78
HM	41	0,40	0,77
HM	42	0,18	0,42
HM	43	0,20	0,39
HM	44	0,33	0,78
HM	45	0,54	1,00
HM	46	0,46	0,83
HM	47	0,41	0,62
HM	48	0,35	0,62
UC > 1,0	11%	5	16
0,5 > UC <	20%	9	18
UC < 0,5	69%	31	11
		45	45

Permanente belasting

Sterkte paal ondergrens



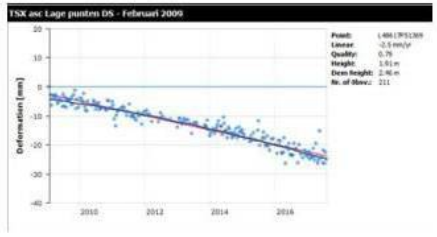
		IB-capaciteit	onder grens
		UC Sterkte paal	UC Sterkte paal
HM	1	0,72	0,60
HM	2	0,26	0,59
HM	3		
HM	4	0,61	0,67
HM	5	0,62	0,98
HM	6	0,87	1,20
HM	7	0,08	0,15
HM	8	0,11	0,15
HM	9		
HM	10	0,23	0,24
HM	11	0,20	0,37
HM	12	0,18	0,37
HM	13	0,32	0,45
HM	14	0,35	0,42
HM	15		
HM	16	0,38	0,82
HM	17	0,05	0,28
HM	18	0,25	0,05
HM	19	0,04	0,45
IIM	20	0,44	0,45
IIM	21	0,44	0,76
IIM	22	0,38	0,92
IIM	23	0,47	0,85
IIM	24	0,53	0,98
HM	45	0,18	0,81
HM	46	0,72	0,60
HM	47	0,43	0,62
HM	48	0,15	0,30
HM	29	0,44	0,98
HM	30	0,04	0,04
HM	31	0,12	0,15
HM	32	0,77	0,83
HM	33	0,86	0,86
HM	34	0,54	1,22
HM	35	0,65	0,97
HM	36	0,40	0,96
HM	37	0,43	0,91
HM	38	0,15	0,20
HM	39	0,17	0,48
HM	40	0,32	0,78
HM	41	0,40	0,77
HM	42	0,10	0,42
HM	43	0,20	0,35
HM	44	0,33	0,70
HM	45	0,54	2,06
HM	46	0,46	0,97
HM	47	0,42	0,92
HM	48	0,35	0,62

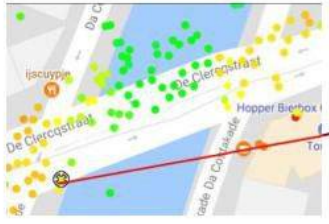
UC > 1,0	36%	17	18
0,5 > UC <	40%	19	18
UC < 0,5	14%	13	11
		45	45

Satelliet data

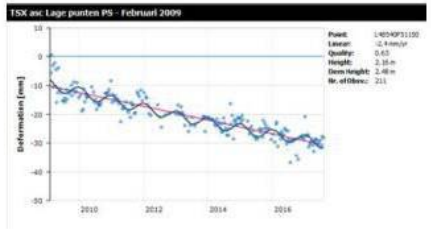


Z=25mm – 8jaar



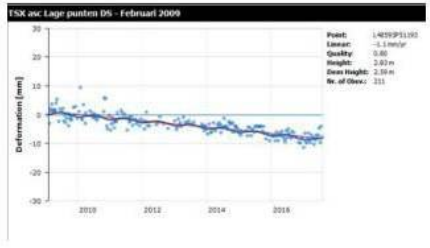


Z=28mm – 8jaar





Z=8mm – 8jaar



Op grond van satellietmetingen, kan tegenwoordig (met terugwerkende kracht) een zettingstrend van diverse punten op de brug worden vastgesteld. In het geval van brug 108 zijn de metingen tot over een periode van 8 jaar voldoende betrouwbaar. In absolute zin zijn de grootste zettingen (eerste twee plaatjes) van ca. 2,5 mm/jaar niet exorbitant hoog, echter het overgrote deel van de meetpunten laat een aanmerkelijk kleinere zettingstrend zien van ca. 1 mm/jaar (factor 1/3). Deze trend duidt op mogelijke verschilzettingen van de onderbouw/fundering, wat wordt ondersteund door de inspectieresultaten, waarbij grote scheurvorming in het metselwerk is geconstateerd.

Samenvattende analyse

- Forse bacteriële aantasting van de houten palen
- Aantasting zet onverminderd door in de toekomst
- Aantasting betreft een forse populatie (ca. 28% oude deel)
- Aantasting betreft met name de landhoofden (oost meer dan west)
- Aantasting concentreert zich mede onder de trambaan/rijweg
- Effect betreft een forse teruggang in de (hout) sterkte
- Effect is een evenredig grote teruggang in het draagvermogen op sterkte
- Een acuut bezwijkmechanisme kan ontstaan (zonder waarschuwing vooraf)
- Een 'Domino' effect kan optreden (clusters van aangetaste palen)
- Scheurvorming in metselwerk en satellietdata ondersteunen beeld van ongelijkmatige zettingen
- Voorgaande kan leiden tot een spontaan bezwijken van de brug of onderdelen daarvan
- Het risico van een mogelijk bezwijken, vindt naar verwachting niet plaats als de brug alleen wordt belast door licht wegverkeer (voertuig gewicht minder dan 3,5 ton).

Advies

Op grond van voorliggende situatie en het daaruit volgend risico op mogelijk spontaan en onvoorspelbaar bezwijkgedrag, is het advies om het verkeer op brug 108 zo snel als mogelijk te beperken tot personen autoverkeer en lichte bestelauto's (tot 3,5 ton voertuig gewicht).

Dit betekent een voertuigbeperking op de brug van al het wegverkeer boven 3,5 ton (zware bestelauto's, vrachtwagens, OV bussen en brandweerauto's etc.), maar ook van het tramverkeer.

Het is aan te bevelen om de voorgenoemde voertuigbeperking te handhaven tot het moment dat er afdoende noodmaatregelen zijn getroffen. Daarbij valt b.v. te denken aan nood- of hulp-ondersteuning onder de dekken vlak voor het landhoofd (stalen palen met een onderslagbalk).

Monitoring van de situatie kan weinig bijdragen, anders dan bij zettingen die het gevolg zijn van paal(punt) -zakkingen door onvoldoende (geotechnische) draagkracht. Als er in de situatie bij brug 108 zettingen gaan optreden die substantieel zijn en ernstige gevolgen hebben voor de bovenbouw (schade – instorting) zal dit redelijk snel verlopen en zal de reactietijd te kort zijn. Monitoring als beheers- of noodmaatregel moet hier als niet afdoende maatregel worden beschouwd, hooguit als aanvulling op andere maatregel(en).