Gemeente Amsterdam

Hanzehogeschool Groningen
University of Applied Sciences

Definitief
Versie 1
24 april 2020

Levensduurverlengende maatregelen voor kademuurconstructies

Een paalmatras en maaiveldverlaging als duurzame innovatieve levensduurverlengende maatregelen voor kademuurconstructies in de binnenstad van Amsterdam.

Auteur(s)
Yonne Jaeger
Hanzehogeschool te Groningen
y.c.c.jaeger@st.hanze.nl
y.jaeger@amsterdam.nl

Opdrachtgever
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam
Weesperstraat 430
1018DN Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Praktijkbegeleider
Matthijs Griffioen
matthijs.griffioen@amsterdam.nl
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam

Afstudeerbegeleider
1e begeleider: Dirk Ernsten
2e begeleider: Frouke de Boer

Verklarende woordenlijst

Kade	Gehele oeverstrook
Kademuur	(Gemetselde) muur die het water van de oever scheidt
Kademuurconstructie	Gehele constructie (gemetseld muurtje, vloer en fundering.
Rak	Stuk kade tussen twee bruggen
Field lab	In de praktijk toetsen van een testmodel
AOG	Ambtelijke opdrachtgeven
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren

Voorwoord

Duurzaamheid is uitdagend, complex en creatief. Het ontwikkelen van een duurzamere infrastructuur is één van mijn grote ambities. De complexiteit van de infrastructuur in en rondom Amsterdam trekt mijn aandacht. Met de toename van de hoeveelheid verkeer en verkeersstromen worden (civiel) technische projecten steeds ingewikkelder en duurzaamheid heeft nog nooit zo'n grote rol gespeeld bij het vinden van oplossingen.

Voor u ligt het afstudeerproject over duurzame levensduurverlengende maatregel voor kademuurconstructies in de binnenstad van Amsterdam. Deze afstudeerproject is gemaakt in het kader van het afstuderen van de opleiding Built Environment aan de Hanzehogeschool te Groningen. Het afstudeerproject is uitgevoerd in opdracht van Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam gedurende de maanden september 2019 tot en met april 2020.

De resultaten van het duurzaamheidsscrumteam (geleid door Matthijs Griffioen) hebben geleid tot dit afstudeerproject, daarvoor wil ik graag het duurzaamheidsscrumteam bedanken. Lester Neijzing en Timothy Augustuszoon wil ik ook graag bedanken voor de goede begeleiding bij het leren van het 2D en 3D modelleren in het programma SCIA Engineer. Rinske van Schooneveld wil ik bedanken voor begeleiding binnen het Programma Bruggen en Kademuren en voor de nauwe betrokkenheid bij het afstudeerproject.

Tot slot wil ik graag Matthijs Griffioen, als praktijkbegeleider, en Dirk Ernsten, als afstudeerbegeleider, bedanken voor de goede ondersteuning en begeleiding gedurende de gehele afstudeerfase.

Yonne Jaeger
Groningen 22 april 2020

Samenvatting

De kademuurconstructies in de binnenstad van Amsterdam zijn oud en verzwakt, ze voldoen niet meer aan de huidige wet- en regelgevingen. Om de bereikbaarheid en leefbaarheid van de binnenstad van Amsterdam te kunnen blijven garanderen is het noodzakelijk om de vervanging van de kademuurconstructies uit te spreiden over de tijd. Om deze fasering mogelijk te maken zijn er duurzame innovatieve levensduurverlengende maatregelen nodig. Deze maatregelen dienen te zorgen voor het behoudt van de functie van de kades en het voorkomen van de acute bezwijkmechanismen.

Het duurzaamheidsscrumteam van Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam heeft twee duurzame maatregelen bedacht die eventueel levensduurverlengend kunnen zijn. De bedachte maatregelen zijn het plaatsen van een paalmatras boven de kademuurconstructie en het verlagen van het maaiveld boven de kademuurconstructie. Het probleem is echter dat er nog te weinig bekend is over de bedachte levensduurverlengende maatregelen om ze toe te passen op kritieke locaties in de binnenstad van Amsterdam. Het doel van dit onderzoek is om meer inzicht te verkrijgen over de bedachte maatregelen en die inzichten eventueel toe te passen in een field lab. De hoofdvraag luidt: 'Wat zijn mogelijke aanpassingen aan het maaiveld gebied en de ondergrond om de levensduur van een niet bezweken kademuur op een zo duurzaam mogelijke manier te verlengen?'.

In samenwerking met een aantal teams binnen Programma Bruggen en Kademuren (van Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam), zijn er meer inzichten verkregen in de technische staat van de kademuurconstructies. Voor het analyseren van beslissingen voor het maken van een juiste beslissing is er gebruik gemaakt van een Multi Criteria Analysis (MCA). Voor het benoemen van de criteria van een MCA is er gebruik gemaakt van consulten van experts van het bijbehorende vakgebied. Doormiddel van een MCA is de keus gemaakt om de focus te leggen bij het onderzoeken van de mogelijkheden voor een maaiveldverlaging in plaats van een paalmatras.

Met de nieuw verkregen inzichten over de kademuurconstructies zijn de oorspronkelijke modellen, gemaakt in SCIA Engineer, verbeterd. Uit de verbeterde modellen is een analyse gemaakt voor de toepasbaarheid van een maaiveldverlaging en paalmatras als duurzame levensduurverlengende maatregel. Uit deze analyse blijkt dat een paalmatras niet als een duurzame levensduurverlengende maatregel zal dienen. Daarentegen geeft het SCIA model van de maaiveldverlaging hoopvolle resultaten.

De betrouwbaarheid van de modellering van de maaiveldverlaging kan in twijfel getrokken worden. Er zijn zorgen over het horizontaal bezwijken van de kademuurconstructie ten gevolge van het verminderen van de verticale belasting. Echter gezien de vele voordelen van een maaiveldverlaging (gezien de duurzaamheid en de verwachte levensduurverlenging) is het waardevol om een vervolg onderzoek te starten. Dit vervolg onderzoek bestaat voornamelijk uit het verkrijgen van meer inzicht in de effecten van het verminderen van de verticale belasting op de horizontale bezwijkmechanismen.

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

Samenvatting 4

1 Inleiding 7

2 Opgave 9
2.1 Resultaten duurzaamheidsscrum 9
2.2 Thematiek 10
2.3 Omschrijving afstudeerproject 10

3 Projectopzet 12
3.1 Hoofdactiviteiten 12

4 Procesverloop 14
4.1 Procesverloop paalmatras 14
4.2 Procesverloop maaiveldverlaging 16

5 Resultaten paalmatras 21
5.1 Uitkomsten 21
5.2 Discussie resultaten paalmatras 23

6 Resultaten maaiveldverlaging 24
6.1 Uitkomsten Prinsengracht 24
6.2 Uitkomsten Leidsekade (SIG0803-01) 25
6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging 26

7 Bruikbaarheid en conclusies 30
7.1 Paalmatras 30
7.2 Maaiveldverlaging 30

Bronvermelding 33

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Kort berekeningsrapport Paalmatras
Bijlage 2 - Adviesrapport PRG0701
Bijlage 3 - Adviesrapport SIG0803-01
Bijlage 4 - Goedkeuringsformulier

1 Inleiding

Gemeente Amsterdam is verantwoordelijk voor meer dan 600 km kademuren. De kades van Amsterdam zijn al meer dan 100 jaar oud, het is een historisch en essentieel deel van de infrastructuur in Amsterdam. Het is de trots van Amsterdam, een toeristische trekpleister en inmiddels beschermd door UNESCO-werelderfgoed. De afgelopen 100 jaar is er veel veranderd, waaronder de belastingen op de kades. De hoeveelheid verkeer en het (oneigenlijk) gebruik is sterk toegenomen. De wegindeling is veranderd door, onder andere, de toenemende vraag naar parkeerruimte. Evenementen trekken duizenden mensen naar de grachten en kades. Kortom de kademuren hebben heel wat te verduren, een hoeveelheid waar ze niet op ontworpen zijn.

Veel kademuren in de binnenstad van Amsterdam zijn oud en verzwakt (constructief onveilig) door toenemende belastingen en bacteriële aantasting en zouden vervangen moeten worden. Door een tekort aan gegevens van de kademuurconstructies (ontbreken van archieftekeningen bijvoorbeeld) is het ingewikkeld om de technische staat van de kademuren te bepalen. De Gemeente Amsterdam heeft het Programma Bruggen en Kademuren opgezet om de kademuren en bruggen in Amsterdam te beoordelen en de binnenstad leefbaar en bereikbaar te houden. Inmiddels worden er beheers- en noodmaatregelen genomen om veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid van de historische binnenstad te kunnen blijven garanderen. Een aantal beheersmaatregelen die genomen worden zijn het opheffen van parkeervakken, kappen van bomen of het afsluiten van de rijbaan. Bij een noodmaatregel wordt een noodconstructie bedoelt, in Figuur 1 is een voorbeeld van een noodconstructie (in de vorm van een damwand met zandaanvulling) weergeven.

Inmiddels zijn de bruggen en kademuren van Amsterdam verdeeld in drie categorieën: groen, oranje en rood [Notitie indeling areaal kademuren, 1]. Categorie groen wordt 'Niet direct verdacht, veiligheid nog niet aangetoond' (ook wel categorie C) genoemd. Dit houdt in dat de kademuur jonger dan 50 jaar is en geen visuele constructieve schades bevat. Categorie Oranje wordt 'verdacht' (ook wel categorie B) genoemd, dit zijn rakken ouder dan 50 jaar. Categorie Rood wordt 'Ernstig verdacht' (ook wel categorie A). In deze categorie zijn de constructieve schades zichtbaar. Bij rakken die in deze categorie vallen worden er directe (beheers)maatregelen genomen (afzetten straat, afzetten parkeervakken, noodconstructie plaatsen). In Figuur 5 is een kaart van de gecategoriseerde rakken in de binnenstad van Amsterdam weergeven. Figuur 2 en Figuur 3 geven de kademuren problematiek in Amsterdam weer.



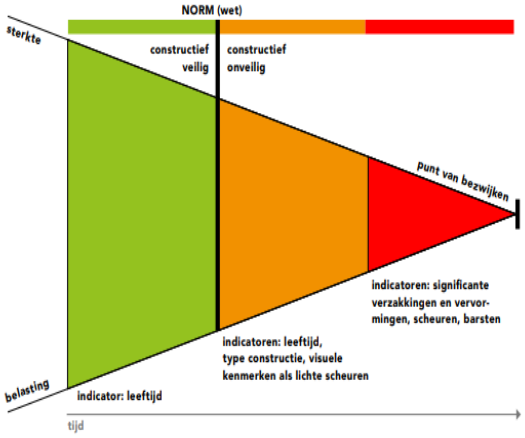
Figuur 1 - Noodconstructie Oudezijds Voorburgwal (OVW0601)

Voor de bereikbaarheid en leefbaarheid van de binnenstad van Amsterdam te kunnen behouden is het noodzakelijk om de vervanging van alle constructief onveilige rakken te spreiden over de tijd. Het geconcentreerd aanpakken van de kademuurconstructies zou de stad immers volledig lam leggen. Om deze spreiding te kunnen realiseren en de functie van de kades te behouden wordt er gezocht naar levensduurverlengende maatregelen. Met een multidisciplinair samengesteld scrumteam[1] is er twee maanden intensief gewerkt aan duurzame levensduurverlengende maatregelen voor kademuurconstructies in de binnenstad van Amsterdam. De ambtelijke opdrachtgever van dit scrum onderwerp is Annemarij Kooistra. Tijdens de duurzaamheidsscrum is tijd maatgevend (en schaars) geweest wat heeft geleid tot veel open vraagstukken over de geboekte resultaten[2]. De resultaten zijn potentiele levensduurverlengende maatregelen voor de kades. Het gebrek aan inzicht over de gevolgen van de resultaten van de duurzaamheidsscrum en de urgentie voor levensduurverlengende maatregelen zijn de aanleiding van dit afstudeerproject.

De afgelopen acht maanden is er gewerkt aan dit afstudeerproject over levensduurverlengende maatregelen voor kademuren in de binnenstad van Amsterdam. In dit rapport worden het project, het proces en de resultaten nader besproken. Het proces van het afstudeerproject wordt besproken aan de hand van relevante ondernomen activiteiten en werkzaamheden. De resultaten worden getoetst op bruikbaarheid en betrouwbaarheid. Vanuit de discussie over de betrouwbaarheid van de resultaten worden nieuwe onderzoeksvragen voorgesteld. In de Bijlagen worden de beroepsproducten (adviesrapporten) weergeven.



Figuur 2 – gecategoriseerde rakken in de binnenstad van Amsterdam



Figuur 3 - Kleuren categorisering rakken

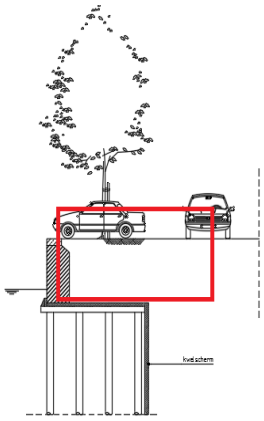
[1] Het duurzaamheidsscrumteam is een multidisciplinair team dat bestaat uit één werkvoorbereider, één ontwerper en twee constructeurs. De scrum wordt geleid door Matthijs Griffioen (constructeur bij Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam en tevens de afstudeerbegeleider).

[2] De resultaten zijn onder andere het paalmatras en de maaiveldverlaging. Beide resultaten worden nader beschreven in hoofdstuk 2.1 Probleemstelling.

2 Opgave

2.1 Resultaten duurzaamheidsscrum

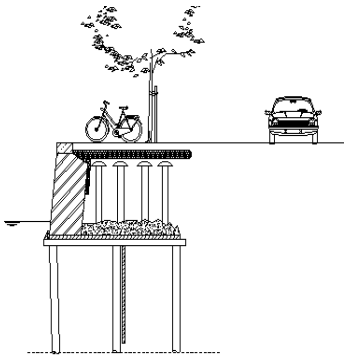
Tijdens de duurzaamheidsscrum zijn er, zo duurzaam mogelijke, aanpassingen op het maaiveld gebied en de ondergrond (zie Figuur 4) bedacht om de levensduur van de kademuurconstructie te verlengen.



Figuur 4 – Onderzoek kader levensduur-verlengende

Een van deze aanpassingen is het paalmatras (zie Figuur 5). Het paalmatras wordt in de ondergrond geplaatst, over de breedte van de paalfundering van de kade en zit vast in een groutlaag. Op het matras komt een doek van geotextiel te liggen. De verwachting is dat er een gunstigere (de voorste palenrij[3] wordt iets ontlast en de achterste palenrij wordt iets meer belast) belasting afdracht zal ontwikkelen.

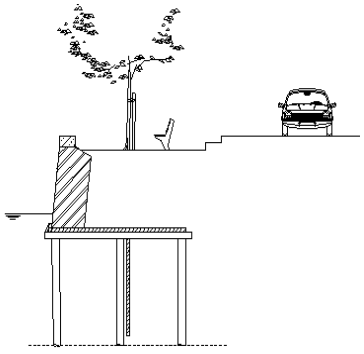
Een andere aanpassing is het verlagen van het maaiveld (zie Figuur 6). Deze aanpassing is bedacht naar aanleiding van een presentatie van Jan Willem van der Kuilen (hoogleraar TU-Delft), die bijgewoond door het scrumteam. In deze presentatie is er een (positief) verband gelegd tussen het ontlasten van houtenpalen en de levensduur er van. Bij deze aanpassing wordt het maaiveld dat boven de kademuur constructie ligt (ter plaatse van de parkeervakken) verlaagd. De verwachting is dat doormiddel van een groenstrook op het verlaagde maaiveld het oneigenlijke gebruik[4] voorkomen zal worden. Deze aanpassing heeft als doel de kademuurconstructie verticaal te ontlasten en het voorkomen van het horizontaal bezwijken van de kademuur.



Figuur 5 - Paalmatras

Probleemstelling

Beide aanpassingen op het maaiveld gebied en de ondergrond zijn potentiele levensduurverlengende maatregelen. De problematiek is dat er een gebrek aan inzicht is in de effectiviteit van beide aanpassingen om ze toe te kunnen passen als levensduurverlengende maatregel. De hoofdvraag die gesteld wordt om meer inzicht te verkrijgen in de functionaliteit van het paalmatras en maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel is: *'Wat zijn mogelijke aanpassingen aan het maaiveld gebied en de ondergrond om de levensduur van een niet bezweken kademuur op een zo duurzaam mogelijke manier te verlengen?'*



Figuur 6 - Maaiveldverlaging

[3] De voorste palenrij zijn de funderingspalen het dichts bij de waterkant, de achterste palen rij zijn de funderingspalen het dichts bij de gevel.
[4] Oneigenlijk gebruik is het illegaal gebruiken van grond (een aannemer die zonder vergunning een container op de kade plaatst bijvoorbeeld).

2.2 Thematiek

"Hoe houden we het leefbaar?" is het centrale thema van de afstudeeropdracht. Amsterdam telt meer dan 600 km kades die voor de bereikbaarheid en leefbaarheid van de stad zorgen. In de Inleiding is er een beeld geschetst van het aantal kademuren die vervangen zouden moeten worden omdat zij niet meer voldoen aan de wet- en regelgevingen. Om de binnenstad bereikbaar (en leefbaar) te houden is het noodzakelijk om de vervanging van de kademuurconstructies zo veel mogelijk uit de spreiden over tijd. Om de vervanging van de kademuurconstructies te spreiden over tijd is het noodzakelijk om (zo duurzaam mogelijke) maatregelen te vinden waardoor de functie van de kades behouden kan blijven en de acute bezwijkmechanismen worden voorkomen.

2.3 Omschrijving afstudeerproject

De hoofdvraag voor dit afstudeerproject luidt: *'Wat zijn mogelijke aanpassingen aan het maaiveld gebied en de ondergrond om de levensduur van een niet bezweken kademuur op een zo duurzaam mogelijke manier te verlengen?'*

Het afstudeerproject is een vervolg op de duurzaamheidsscrum, de afgelopen maanden is het paalmatras en de maaiveldverlaging (zie Hoofdstuk 1.1 Aanleiding) nader onderzocht. Het afstudeerproject bevat nieuwe inzichten in de kademuren problematiek van Amsterdam en in de werking van kademuurconstructies. Er is onderzoek gedaan naar de mogelijke toepasbaarheid van het paalmatras en de maaiveldverlaging. Het grootste deel van het onderzoek bestaat uit het verbeteren van het SCIA-Engineer model die gemaakt is tijdens de duurzaamheidsscrum. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de mogelijkheid van het toepassen van een paalmatras of maaiveldverlaging in relatie met de, langs de kademuur geplante, bomen.

Doelstelling

Het doel van dit afstudeer project is meer inzicht krijgen in het paalmatras en de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel voor kademuurconstructies in de historische binnenstad van Amsterdam. Deze nieuwe inzichten kunnen een advies vormen voor een eventuele field lab[5] van de bovengenoemde maatregelen.

[5] Een field lab is het in de praktijk toepassen en toetsen van oplossingen of technieken, in samenwerking met gemeente, marktpartijen en kenniscentra. Deze oplossingen of technieken zijn experimenten waarbij data wordt verzameld en vanuit de data zullen er conclusies getrokken worden over het wel of niet opschalen van de oplossingen of technieken.

Vraagstelling

Als leidraad voor het afstudeerproject en om de doelstelling te bereiken, zijn er in het plan van aanpak een aantal deelvragen opgesteld. Alle deelvragen zijn beantwoord, de antwoorden zijn verwerkt in de adviesrapporten (zie Bijlage 2 en Bijlage 3) en in Hoofdstuk 4 Procesverloop.

- Wat is een field lab?

Om meer inzichten te verkrijgen in het paalmatras als levensduurverlengende maatregel:

- Zijn er varianten op het huidige model (een variatie in lengte en diepte bijvoorbeeld)?
- Wat zijn de nieuwe belastingen op de funderingspalen?
- Welk bezwijkmechanisme zal het helpen en welke zal het verslechteren?

Om meer inzichten te verkrijgen in een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel:

- In hoeverre heeft een maaiveldverlaging invloed op de boomwortels?
- Wat zijn de nieuwe belastingen op de funderingspalen?
- Welk bezwijkmechanisme zal het helpen en welke zal het verslechteren?

3 Projectopzet

3.1 Hoofdactiviteiten

Er zijn een aantal hoofdactiviteiten ondernomen om alle vraagstellingen te beantwoorden. Allereerst is er een nauwe aansluiting gezocht bij het Programma Bruggen en Kademuren om meer inzicht te krijgen in de kademurenproblematiek van Amsterdam. Het heeft enige tijd gekost om wegwijs te worden binnen het Programma Bruggen en Kademuren. Hiervoor hebben veel overleggen plaatsgevonden met diverse betrokkenen bij het programma. Door de vele aansluitingen met en binnen het programma Bruggen en Kademuren is er draagvlak gecreëerd voor het eventueel toepassen van een paalmatras of maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel.

Daarnaast zijn er diverse 3D SCIA modellen gemaakt van verschillende kademuurconstructies. Om meer inzichten te krijgen in de kademuurconstructie is er meegewerkt in het team Advies en Veiligheid. Het team Advies en Veiligheid valt binnen het programma Bruggen en Kademuren en wordt geleid voor Rinske van Schooneveld. De samenwerking met team Advies en Veiligheid heeft bijgedragen aan het verkrijgen van meer inzicht in het SCIA-model dat is gemaakt tijdens de duurzaamheidsscrum. Met de nieuwe inzichten is het mogelijk om het model te verbeteren. Aan de hand van het de verbeterde SCIA modellen wordt meer inzicht verkregen in de belastingen op de funderingspalen en de (interne) reactiekrachten van de funderingspalen. Met de verbeterde SCIA modellen worden de effecten van een paalmatras en maaiveldverlaging op de funderingspalen in kaart gebracht.

Tot slot zijn er activiteiten, zoals veldwerk, ondernomen om locaties voor eventuele levensduurverlengende maatregel te inspecteren. Dit is gedaan met behulp van bomenspecialisten en GIS[6] specialisten. Na het inspecteren van mogelijke locaties zijn tekeningen gemaakt voor de nieuwe situaties (na het toepassen van een maaiveldverlaging).

Het verloop van de bovengenoemde activiteiten wordt nader toegelicht in Hoofdstuk 4 Procesverloop. Het volbrengen van de hoofdactiviteiten is op een iteratieve wijze gedaan en de relevante besluiten zijn genomen door het analyseren van beslissingen met de MCA[7] methode.

[6] GIS staat voor Grond Informatie Systeem. Een software voor het analyseren van geografische locaties.
[7] Een MCA is een Multi Criteria Analyse: een beslissingsanalyse die aan de hand van verschillende criteria het besluit evalueert [CROW, 2]

Werkwijze en methodiek

Om tot bruikbare resultaten te komen is er gebruik gemaakt van een iteratieve werkwijze. Door te luisteren naar eisen en wensen van verschillende partijen werden er randvoorwaarden opgesteld voor de ontwerpen. Met deze randvoorwaarden is er gemodelleerd, met de resultaten van het model zijn (afhankelijk van de resultaten) de tekeningen aangepast. Aan de hand van de aangepaste tekeningen zijn er (waar nodig) extra randvoorwaarden opgesteld. Door deze iteratieve werkwijze zijn alle betrokkenen te allen tijden goed op de hoogte gehouden van de ontwikkelingen van het afstudeerproject.

Voor het modelleren en simuleren van constructies en daar de nodige resultaten uit te halen, is er is gebruik gemaakt van het programma SCIA-Engineer. Autocad is gebruikt voor het tekenen van verschillende ontwerpen van kademuurconstructies. Deze tekeningen zijn gebruikt om de eisen en wensen van verschillende partijen te verduidelijken. Het doen van veldwerk is een belangrijke methode geweest om de staat van de kade goed in kaart te brengen en voor het stellen van verschillende randvoorwaarden van de gemaakte ontwerpen.

Verder is er veel samengewerkt met verschillende teams (onder andere team Advies en Veiligheid) binnen het Programma Bruggen en Kademuren, bovendien is er veel deskresearch en veldwerk gedaan. Voor het maken van keuzes is er gekozen voor een werkwijze met behulp van MCA. De MCA methode geeft een duidelijke onderbouwing van gemaakte keuzes tijdens het proces van het maken van het afstudeerproject. Een methode voor het benoemen van de criteria van een MCA is het consulten van experts van het bijbehorende vakgebied.

Computerprogrammatuur

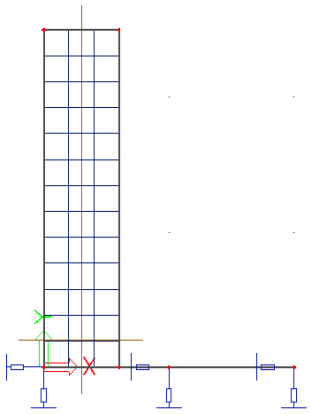
Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekenen	2019

4 Procesverloop

4.1 Procesverloop paalmatras

Aan het begin van het afstudeerproces is er aansluiting gevonden bij het team Advies en Veiligheid (geleid door Rinske van Schooneveld). Dit team richt zich op het indelen van de rakken (en bruggen) in de verschillende categorieën[8] op basis van de technische staat van de rakken (en bruggen). Met deze gevonden aansluiting is er meer kennis verkregen over de kademuurconstructies. Door de opgedane kennis over de technische staat van kadeconstructies is het beter mogelijk om de werkelijkheid te modelleren in SCIA Engineer.

Het SCIA model voor het paalmatras dat is gemaakt tijdens de duurzaamheidsscrum is verbeterd met de nieuwe inzichten vanuit het team Advies en Veiligheid. Het verbeteren van het SCIA-model houdt in dat er meer naar de werkelijkheid gemodelleerd is. Het verbeterde model simuleert realistischere reactiekrachten in de funderingspalen. Zoals te zien is in Figuur 7 bestaat het oorspronkelijke model (van de duurzaamheidsscrum) uit een ligger op steunpunten met een gemetseld muurtje, bovendien is de constructie in 2D gemodelleerd. Timothy Augustuszoon en Lester Neijzing (constructeurs van Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam) zijn benaderd voor adviezen over het verbeteren van het model. De meest relevante verbeteringen in het model zijn de funderingspalen (inclusief grondbedding) en het 3D modelleren. De grondbedding is gesimuleerd doormiddel van het plaatsen van horizontale en verticale veren langs de funderingspalen. De veren hebben een veerstijfheid conform de TAK[9].



Figuur 7 – Het oorspronkelijke SCIA model van de duurzaamheidsscrum

Met de nieuwe tussenresultaten vanuit het verbeterde SCIA model voldeden echter nog niet aan de verwachting. De verwachting was dat door een paalmatras boven de kademuurconstructie te plaatsen, de belastingen zich beter zouden verdelen (de voorste palenrij wordt iets ontlast en de achterste palenrij wordt iets meer belast), uit de resultaten van het model blijkt dit niet het geval te zijn. Deze tussenresultaten worden nader besproken in Hoofdstuk 5.1 Resultaten paalmatras.

Met de nieuwe ontwikkelingen van het afstudeerproject zijn er veel presentaties geven (onder andere aan het team Advies en Veiligheid en de directie van het Programma Bruggen en Kademuren). Vanuit het programma nam het enthousiasme voor het paalmatras als levensduurverlengende maatregel af. Door de gunstige resultaten (zie Hoofdstuk 4.2 procesverloop maaiveldverlaging) van de maaiveldverlaging nam het enthousiasme voor deze maatregel toe.

[8] De categorieën zijn: Groen (niet verdacht), Oranje (verdacht) en Rood (ernstig verdacht. Zie ook Hoofdstuk 1 Inleiding.
[9] Toetsingskader Amsterdamse Kademuren

De reacties van de mensen binnen het Programma Bruggen en Kademuren hebben uiteindelijk geleid tot een keuze voor het vervolg van dit afstudeerproject; de focus verleggen naar de maaiveldverlaging. Een keuze die niet geheel correspondeert met het oorspronkelijk gemaakte plan van aanpak voor het afstudeerproject. Met de onderbouwing van de MCA (zie Tabel 2) is de keuze gemaakt om de focus te leggen bij het onderzoeken van de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel in plaats van het paalmatras. De criteria voor het wijzigen van de focus van de keuze in de afstudeeropdracht zijn gemaakt op basis van de weging tussen de belangen van het ingenieursbureau en de verantwoording van het afstudeerproject (het plan van aanpak dat is opgesteld aan de start van het afstudeerproject). Aan de verschillende criteria is er een waarde gegeven tussen de nul en de één, waarop het paalmatras en de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregelen werd "gescoord".

Gezien de tussenresultaten van het paalmatras en de maaiveldverlaging (zie Hoofdstuk 5) verschoof de interesse van het ingenieursbureau van het paalmatras naar de maaiveldverlaging. De constructieve complexiteit van het paalmatras is hoger dan die van de maaiveldverlaging. De mate van complexiteit maakt het paalmatras een interessanter vraagstuk voor een afstudeerproject, maar reduceert de mate van toepasbaarheid door die constructieve complexiteit. Onder andere kabels, leidingen en boomwortels maken het ingewikkeld op een paalmatras toe te passen boven een kadeconstructie. Daarentegen zijn de opgestelde uitgangspunten voor een maaiveld verlagen overkomelijk (zie Hoofdstuk 4.2 Maaiveldverlaging). Om naar de duurzaamheid van beide levensduurverlengende maatregelen te kijken is er een MKI[10] opgesteld (zie Tabel 1). Aan de hand van deze MKI is er een waarde aan de categorie duurzaamheid gegeven voor de mogelijke levensduurverlengende maatregelen.

Op basis van het bovengenoemde gegeven is het besluit geëvalueerd en is de beslissing genomen om de focus te leggen bij een onderzoek naar een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel. Door de focus te verleggen naar een maaiveldverlaging is er geen verder onderzoek meer gedaan naar het paalmatras en varianten daar op.

Tabel 1 - MKI paalmatras en maaiveldverlaging

Variant	**MKI (€)**
Palenmatras diep, gronddoek	94,4
Verlaagd maaiveld 40cm	11,3
Verlaagd maaiveld 20cm	3,3

Tabel 2 - MCA paalmatras versus maaiveldverlaging

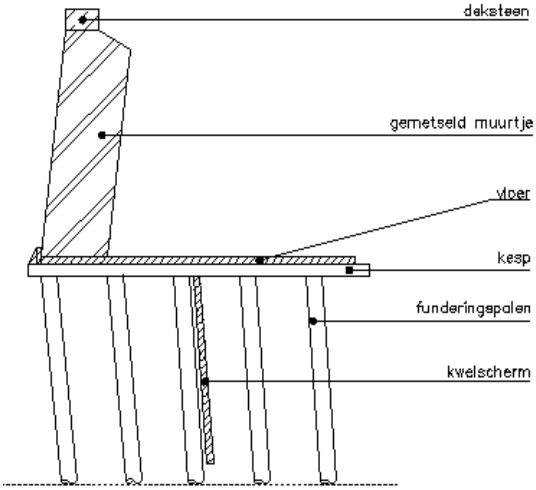
Categorie	**Paalmatras**	**Maaiveldverlaging**
Wens opdrachtgever	0,3	0,7
Duurzaamheid	0,5	0,6
Constructieve complexiteit	0,7	0,5
Toepasbaarheid	0,2	0,8
Totaal	1,7	2,6

[10] Milieu Kosten Indicator. In een MKI zijn relevante milieueffecten verenigt in één score voor milieukosten. (€)

4.2 Procesverloop maaiveldverlaging

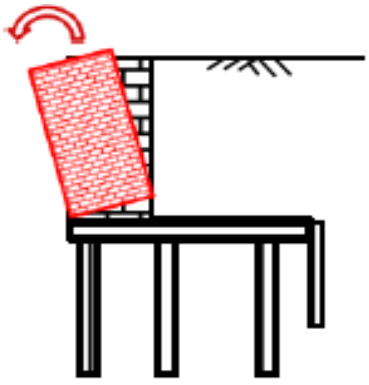
SCIA model

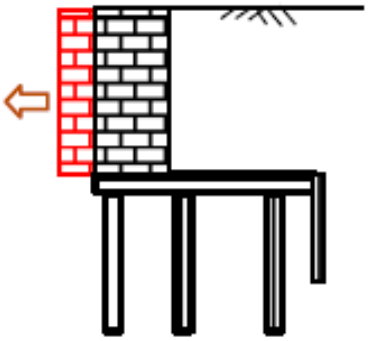
Zoals ook vermeld is in Hoofdstuk 4.1 Procesverloop paalmatras, houdt het verbeteren van het SCIA model in dat meer naar de werkelijkheid gemodelleerd is. Vanuit het verbeterde SCIA model van het paalmatras, is een model voor de maaiveldverlaging gemaakt. De gemodelleerde paalfunderingen zijn overgenomen evenals de gemodelleerde vloer en kespen (zie Figuur 8 voor weergave van constructieonderdelen in kademuur constructie). Tijdens het verbeteren van het model zijn er nieuwe inzichten ontstaan over de werking van het gemetseld muurtje ten opzichte van de constructievloer. Het gemetselde muurtje zit niet vast aan de vloer (hij schuift af en kantelt los van de vloer, zie Figuur 9 en Figuur 10 [Toetskader Amsterdamse Kademuren (TAK), 3]). Dit heeft tot gevolg dat het gemetselde muurtje als een permanente belasting wordt gemodelleerd in plaats van een muurtje op de constructievloer. Dit voorkomt gunstige trekkrachten in de funderingspalen als gevolg van het moment in het gemetselde muurtje.



Figuur 8 - Elementen kademuurconstructie

In eerste instantie is een generiek model gemaakt van een kademuurconstructie. Dit model was nog niet gebaseerd op een locatie en gaf hierdoor ook geen goede benadering weer van de werkelijke paalreacties, omdat deze afhankelijk zijn van de lokale omstandigheden. Na het vinden van een eventueel geschikte locatie (op basis van de gestelde uitgangspunten, zie volgende paragraaf) werd het mogelijk om de werkelijkheid beter te benaderen. Per locatie zijn de belastingen op de kademuurconstructie verschillend, parkeervakken en extra stootbelastingen bijvoorbeeld. Ook verschilt de constructie per locatie (breedte van de constructievloer, breedte en hoogte van het gemetselde muurtje en het aantal funderingspalen).


Figuur 9 - Bezwijkmechanismen gemetseld muurtje


Figuur 10 - Bezwijkmechanismen afschuiven gemetseld muurtje

Locatie

Mogelijke locaties voor een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel worden getoetst op twee verschillende onderwerpen. Er wordt gekeken naar de technische staat van de kademuurconstructie en naar de geplante bomen langs de kademuur. Locaties die voldoen aan de uitgangspunten worden bezocht om een beter beeld te krijgen van de staat van de kade (betreft bomen, verkeer en maaiveld indeling).

Het uitgangspunt betreffende de bomen langs de kademuur is dat de boomwortels nauwelijks tot niet aangetast mogen worden wanneer het maaiveld verlaagd wordt. In overleg met Herman Best (bomenspecialist) is dit uitgangspunt opgesteld en zijn de volgende inzichten over het uitgangspunt verkregen. Het soort boom waarbij het maaiveld eventueel verlaagd kan worden is een iep. Als een boom jonger is dan 50 jaar is aantasting van de boomwortels heel beperkt mogelijk (om geen permanente schade aan de boom op te leveren), als een boom ouder is da 50 jaar is kan elke aantasting aan de boomwortels permanente schade opleveren aan de boom. Met een afstand van minsten één meter tussen de grondwaterstand en bovenkant maaiveld, groeien de boomwortels dieper en is er meer ruimte voor een maaiveldverlaging. Met behulp van AHN[11] is er een kaart[12] gemaakt met een weergave van alle maaiveldhoogtes van de rakken in Amsterdam. Met verschillende kaarten uit GIS[13] (gemaakt door Nienke Lanting, GIS-specialist) zijn locaties geanalyseerd aan de hand van een aantal opgestelde uitgangspunten betreffende bomen.

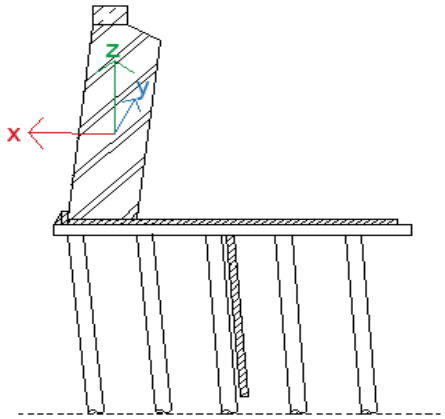
De technische staat van een kademuurconstructie is belangrijk voor het kiezen van een geschikte locatie voor een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel. In samenwerking met Rinske van Schooneveld (teamleider Advies en Veiligheid) zijn er een aantal rakken gekozen voor een eventueel levensduurverlengende maatregel. Deze rakken zijn uit de risico categorieën rood (ernstig verdacht) of oranje (verdacht) van de vervangingsopgave gekozen. De vervangingsopgave is gebaseerd op een kaart met alle rakken die op de vervangen moeten worden binnen vijf jaar (2019 – 2023). Er is gekozen voor rakken uit de vervangingsopgave omdat dit een goede mogelijkheid was voor een testmodel van een levensduurverlengende maatregel (waar blijkt dat de maatregel niet levensduurverlengend is, wordt de kademuurconstructie binnen maximaal vier jaar vervangen).

De categorieën waar de rakken uit gekozen worden corresponderen echter niet met de gestelde hoofdvraag in het plan van aanpak (zie Hoofdstuk 2.3 Omschrijving afstudeerproject). De hoofdvraag betrof een 'niet bezweken kademuur', echter is deze terminologie onjuist. Zoals te zien is in Figuur 2 en Figuur 3 (pagina 7) zijn er nauwelijks kademuurconstructies in Amsterdam die theoretisch gezien niet bezweken zijn (de rakken binnen categorieën rood en oranje voldoen niet aan de wet- en regelgevingen). Om een maaiveldverlaging toe te passen als testmodel (om de effecten van het testmodel te kunnen analyseren) is een goede monitoring van het rak belangrijk.

[11] Actueel Hoogtebestand Nederland
[12] Deze kaart is met de hand gemaakt en ligt op kantoor (Weesperstraat 430 te Amsterdam), vanwege het COVID-19 is het niet meer om bij deze kaart te komen en hem in dit rapport te voegen.
[13] GIS is een geografisch informatiesysteem

Monitoring

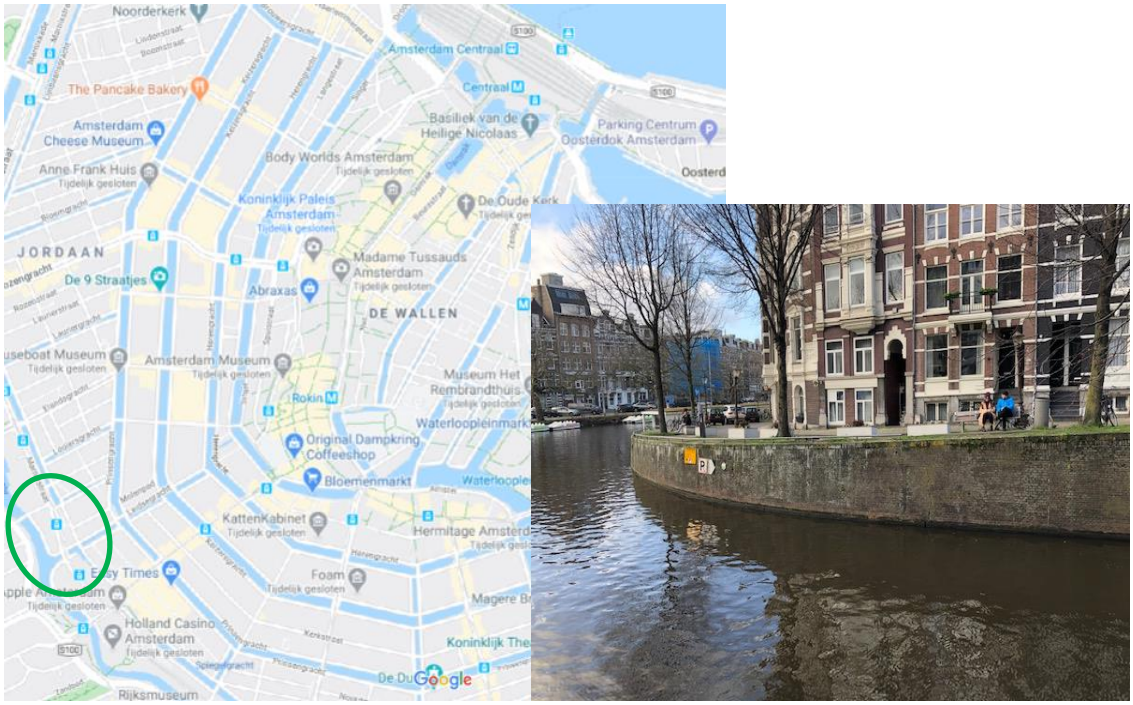
Casper van der Peet (Technisch manager Monitoring) is benaderd voor het verkrijgen van meer kennis over de mogelijke monitor methodes van kademuurconstructies. De huidige manier van monitoren gaat met behulp van meetbouten in de kademuur. De meetbouten zitten om de 8 tot 10 meter vast in de kademuur. Met deze meetbouten wordt er data verkregen over de beweging van de kademuur in de x-y-z-vlakken. Het x-,y-vlak wordt gemonitord met behulp van tachymetrie en het z-vlak wordt gemonitord met behulp van waterspanning. Risico rakken worden gemiddeld één keer in de maand gemeten. Met deze kennis is er gezocht naar een specifieke locatie die al in monitoring stond en voldoet aan de gestelde uitgangspunten.



Figuur 11 - x-y-z-vlakken kademuurconstructie

Leidsekade (SIG0803-01)

Samen met Rinske van Schooneveld en Herman Best is het besluit genomen om een ontwerp te maken voor een maaiveldverlaging van de Leidsekade (ook wel SIG0803-01 genoemd). Samen met Herman Best is de locatie bezocht en is de situatie van de Leidsekade goed in kaart gebracht. Met deze kennis is er gewerkt aan een ontwerp voor een maaiveldverlaging en is er een SCIA model gemaakt. Het ontwerp en de resultaten van de modellering zijn weergeven in Hoofdstuk 6 Resultaten maaiveldverlaging.



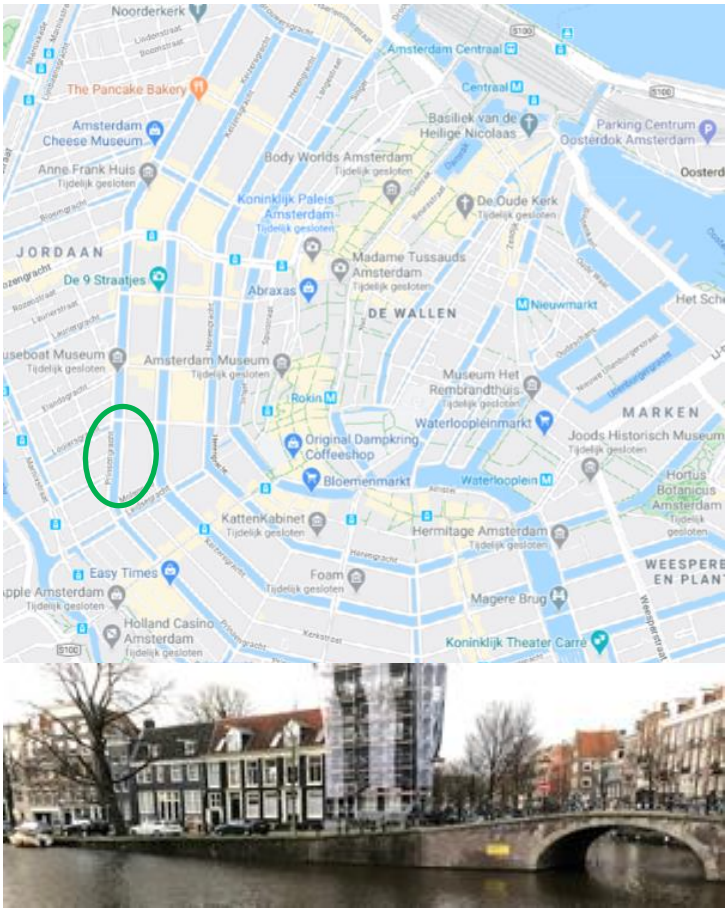
Figuur 12 - Locatie Leidsekade (SIG0803-01)

De tussenresultaten waren positief en met deze resultaten is er een presentatie voorbereid voor het Voorportaal (van Programma Bruggen en Kademuren). Het Voorportaal (geleid door Martijn Meulblok) neemt besluiten over de maatregelen voor de risico rakken. Deze maatregelen houden tot nu toe beheersmaatregelen[14] of een noodconstructie in. Het enthousiasme voor het testen van de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel voor de Leidsekade, was groot. Het Voorportaal heeft goedkeuring gegeven voor het verder ontwikkelen van de maaiveldverlaging voor de Leidsekade.

Inmiddels is de bekendheid van het afstudeerproject gegroeid en werd het verwachte succes van de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel bekend bij het hele Programma Bruggen en Kademuren. Door deze bekendheid werd het enthousiasme voor het ontwerpen voor specifieke locaties steeds groter en werd het afstudeerproject vanuit andere teams het benaderd. Raymond Krukkert (project manager, Preventie Interventie van Programma Bruggen en Kademuren) heeft de Prinsengracht aangedragen om daar de maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel te testen.

Prinsengracht (PRG0701)

De Prinsengracht, ook wel PRG0701 genoemd, is een rood gecategoriseerd rak. Om de functie van het rak te behouden en tegelijkertijd de veiligheid te kunnen blijven garanderen, moest er direct maatregelen genomen worden. Echter is het niet mogelijk om een noodconstructie te plaatsen op deze locatie. Damwand aangevuld met zand is geen optie vanwege het reduceren van het wateroppervlak (het limiet voor reduceren van wateroppervlak dat gesteld is door Waterschappen is bereikt). Door een gietijzeren gasleiding is het ook niet mogelijk om andere vormen van noodconstructies langs de kademuur te slaan. Kortom een maaiveldverlaging om zo de functie van de kade te behouden en de veiligheid te kunnen blijven garanderen, is een zeer gewenste levensduurverlengende maatregel.



Figuur 13 - Locatie Prinsengracht (PRG0701)

[14] Beheersmaatregelen houden in: het kappen van bomen, het afzetten van parkeervakken, het afzetten van de gehele straat voor bepaalde verkeersstromen (zwaar- of zelfs snelverkeer).

De vraag voor het maken van een ontwerp voor het verlagen van het maaiveld van de Prinsengracht is er in eerste instantie naar het Voorportaal van Programma Bruggen en Kademuren gegaan. Na de goedkeuring van Martijn Meulblok voor het verlagen van het maaiveld van de Prinsengracht, is er direct naar de locatie gegaan om daar de situatie te inventariseren.

Na het bezoeken van de Prinsengracht is een ontwerp gemaakt voor het verlagen van het maaiveld. Aan de hand van het ontwerp is er een SCIA model gemaakt van de Prinsengracht. De ontwerpen voor de Prinsengracht en resultaten van het SCIA model zijn weergeven in Hoofdstuk 5 Resultaten Maaiveldverlaging. Om tot een betrouwbaar advies voor het verlagen van het maaiveld als levensduurverlengende maatregel te komen, is contact opgenomen met het onderzoeksinstituut AMS[15].

AMS

Er is contact geweest met Mart-Jan Hemel van het onderzoeksinstituut AMS voor een kritische kijk naar het gemaakte SCIA model van de Prinsengracht. Mart-Jan Hemel onderzoekt bezwijkmechanismen van kademuurconstructies aan de hand van een proeftuin waar testen op kademuurconstructies gedaan kunnen worden. Mart-Jan Hemel gebruikt een maaiveldverlaging voor het testen van een aantal bezwijkmechanismen. Zijn verwachting is echter dat de kademuurconstructie sneller bezwijkt wanneer het maaiveld verlaagd wordt (precies het omgekeerde van dit afstudeerproject).

Aan de hand van een aantal gesprekken met Mart-Jan zijn er veel nieuwe inzichten verkregen over het gemaakte SCIA model (van zowel de Prinsengracht als de Leidsekade). De nieuwe inzichten worden in Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging besproken. De overleggen met Mart-Jan hebben een groot aandeel gehad aan de gegeven adviezen in de adviesrapporten.

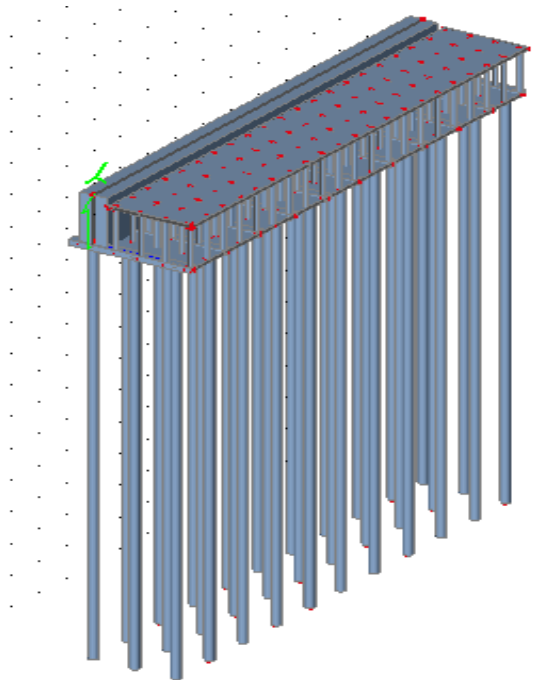
[15] Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions

5 Resultaten paalmatras

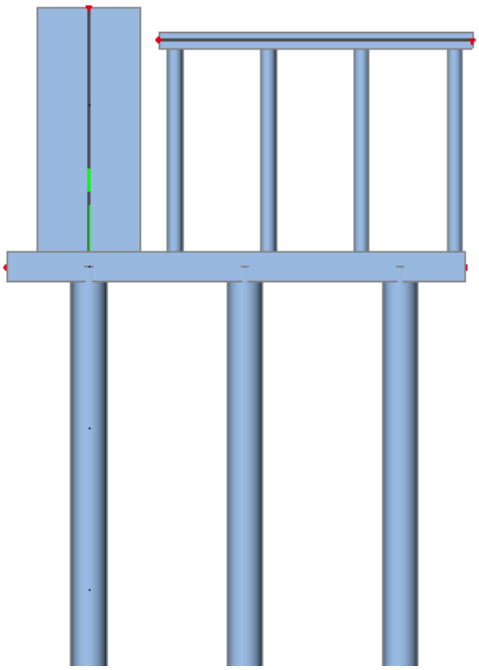
5.1 Uitkomsten

3D SCIA model

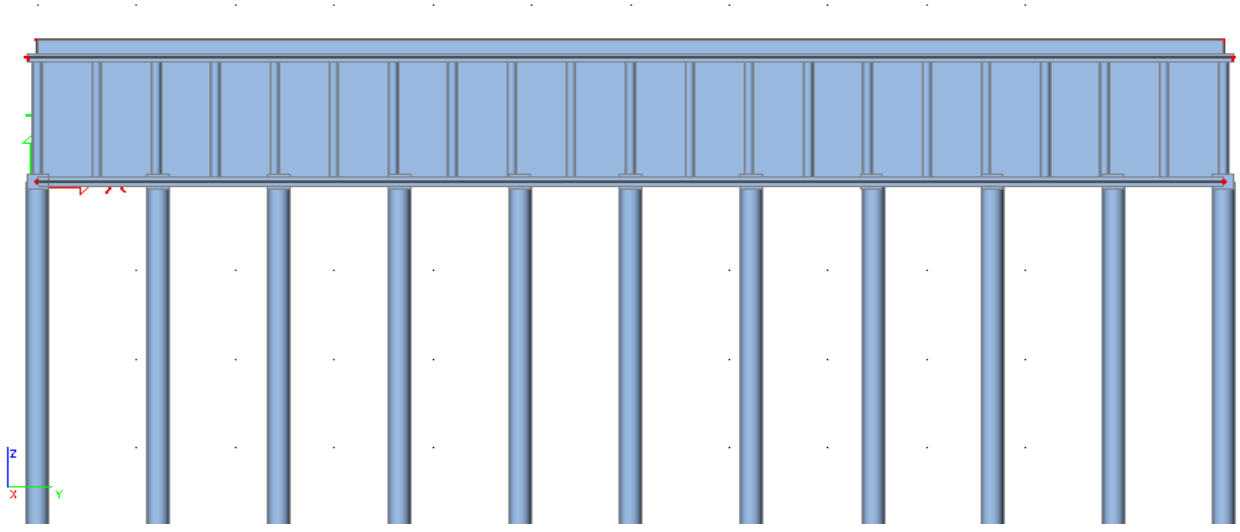
Het model dat gemaakt is voor het paalmatras is te zien in Figuur 14, Figuur 15 en Figuur 16. In Bijlage 1 is een kort rapport over de modellering weergeven. Vanwege de eerder genoemde conclusie dat de maaiveldverlaging wenselijker was om verder te bestuderen zijn de uitkomsten niet verder uitgewerkt.



Figuur 14 - Kademuurconstructie model met paalmatras



Figuur 15 – Dwarsdoorsnede (aanzicht y-as)



Figuur 16 – Langsdoorsnede (aanzicht x-as)

Resultaten belastingen paalmatras

In deze paragraaf worden de resultaten uit het model met paalmatras vergeleken met resultaten uit een model zonder paalmatras. Het modellering van het model zonder paalmatras (ook wel 'Initieel' genoemd) is hetzelfde als de modellering met het paalmatras (voor meer informatie over de modellering zie Bijlage 1). In Hoofdstuk 5.2 Discussie resultaten paalmatras worden de resultaten nader besproken.

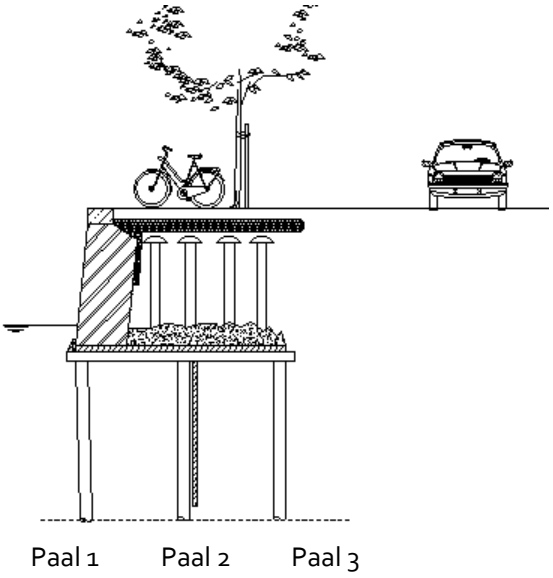
Belasting combinatie 6.10a		
Reactiekrachten	Paalmatras (kN)	Initieel (kN)
Paal 1	70,6	69,7
Paal 2	68,3	48,3
Paal 3	62,0	38,3

Eigengewicht		
Reactiekrachten	Paalmatras (kN)	Initieel (kN)
Paal 1	26,7	26,5
Paal 2	9,6	9,7
Paal 3	1,4	0,5

Maaiveld afwerking		
Reactiekrachten	Paalmatras (kN)	Initieel (kN)
Paal 1	-0,3	-0,3
Paal 2	2,1	1,9
Paal 3	4,2	4,2

Gronddruk		
Reactiekrachten	Paalmatras (kN)	Initieel (kN)
Paal 1	28,0	23,6
Paal 2	40,3	26,2
Paal 3	43,3	26,8

Mobiele belasting		
Reactiekrachten	Paalmatras (kN)	Initieel (kN)
Paal 1	2,20	2,2
Paal 2	1,02	0,9
Paal 3	0,72	0,7



Figuur 17 – Paalmatras met nummering funderingspalen

5.2 Discussie resultaten paalmatras

In de resultaten vanuit het SCIA model is te zien dat een paalmatras voor alsnog niet winstgevend is als levensduurverlengende maatregel. De reactiekrachten in de funderingspalen met een paalmatras wijken af van de reactiekrachten in de funderingspalen van het model zonder paalmatras (zie reactiekrachten van Paal 2 en Paal 3). Dit verschil wordt gemaakt in het belastinggeval Gronddruk (zie paragraaf Resultaten belastingen paalmatras). Waarschijnlijk is de gronddruk in het model Initieel[16] niet goed gemodelleerd gezien de lage waardes van de reactiekrachten in Paal 2 en Paal 3. Gezien de resultaten kan betrouwbaarheid van de SCIA modellen van het paalmatras en Initieel in twijfel getrokken worden.

Betrouwbaarheid

Het paalmatras is het eerste 3D model dat gemaakt is binnen dit afstudeerproject, het is gemaakt in de beginfase van het afstudeerproject. In deze fase was er weinig kennis van het programma SCIA Engineer en in de kademuurconstructie (inclusief de belastingen op de kademuurconstructie). Dit heeft als gevolg dat er fouten in het model zitten. Het gemetselde muurtje is in dit model gemodelleerd in de constructie, dit zorgt echter voor gunstige trekkrachten in de constructievloer (zie de berekeningsrapporten over maaiveldverlaging, Hoofdstuk 3.3 Gemetseld muurtje). Het geotextieldoek[17] is in het SCIA model gemodelleerd als houtenvloer (door gebrek aan kennis over het programma SCIA Engineer). De modellen die in de beginfase van het afstudeerproject gemaakt zijn, bestaan uit een constructie met elementen van verschillende hout kwaliteiten (zie het modelleringsrapport in Bijlage 1). Deze kwaliteiten zijn echter een verkeerde aanname geweest. De hout kwaliteit is erg ongunstig gemodelleerd, dit was niet nodig.

De belastingen op deze gemodelleerde constructie zijn overgenomen vanuit de duurzaamheidsscrum, hiervoor zijn geen berekeningen aanwezig. De belastingen die gemodelleerd zijn, bleken echter niet correct. In een latere fase van het afstudeerproject is er gekeken naar de correcte belastingen op een kademuurconstructie, zie berekeningsrapporten over maaiveldverlaging (Bijlage 2 van de adviesrapporten over maaiveldverlaging). Beide modellen (paalmatras en initieel) zijn op dezelfde manier gemodelleerd, waardoor de modellen wel vergeleken mogen worden en er een relevante conclusie getrokken kan worden op basis van de gemodelleerde belastingen.

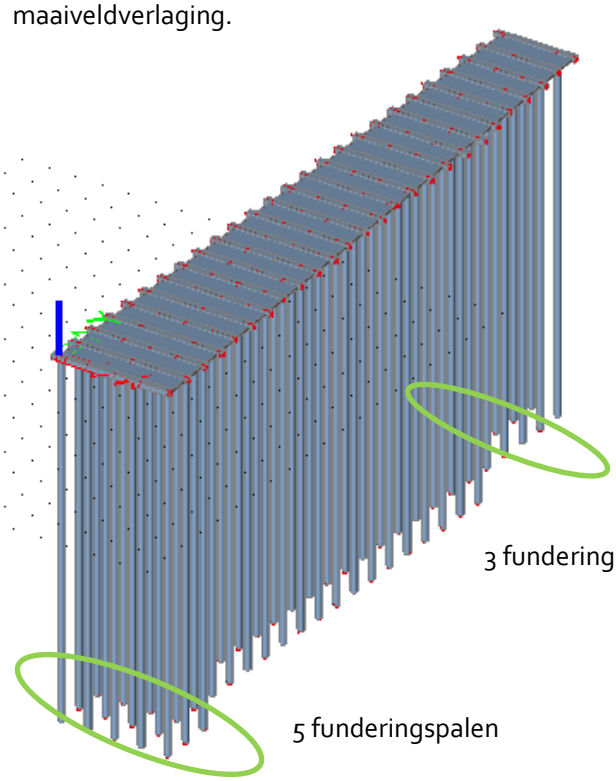
Er zijn nog twee factoren wat de modellen in SCIA Engineer niet geheel betrouwbaar maken. Deze twee factoren gelden voor elke kademuur die gemodelleerd wordt in SCIA Engineer. Ten eerste kan de grond rondom de constructie niet goed gemodelleerd worden, deze grond heeft echter wel invloed op de kademuur constructie. Ten tweede is het modelleren van een constructie die theoretisch gezien bezweken is, erg moeilijk om te modelleren. Beide factoren worden nader besproken in Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging.

[16] 3D model van een kademuurconstructie zonder paalmatras.
[17] Doek dat gelegd wordt over het paalmatras

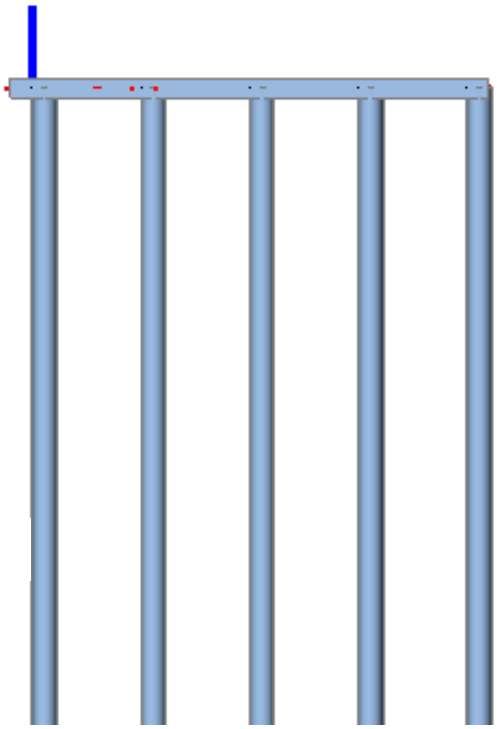
6 Resultaten maaiveldverlaging

6.1 Uitkomsten Prinsengracht

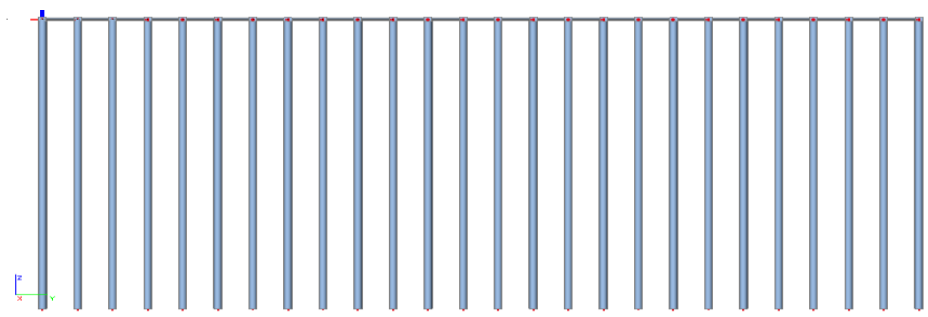
De uitkomsten over de mogelijkheid van het verlagen van het maaiveld van de Prinsengracht is een 3D SCIA model van de kademuurconstructie en een adviesrapport. Het 3D model dat gemaakt is voor de kademuurconstructie van de Prinsengracht (PRG0701) is te zien in Figuur 18, Figuur 19 en Figuur 20. In Bijlage 2 is het adviesrapport over een maaiveld van de Prinsengracht weergeven. Het adviesrapport bevat een korte analyse van de locatie (inclusief technisch advies dat is opgesteld door team Advies en Veiligheid), tekeningen van de oude en de nieuwe (na verlaging van het maaiveld) situatie, de modellering en berekeningen van het SCIA model, monitoring tijdens en na het verlagen van het maaiveld en tot slot bevat het adviesrapport een advies over een maaiveldverlaging op basis van de resultaten en de verwachtte effecten van de maaiveldverlaging.



Figuur 18 - PRG0701 model



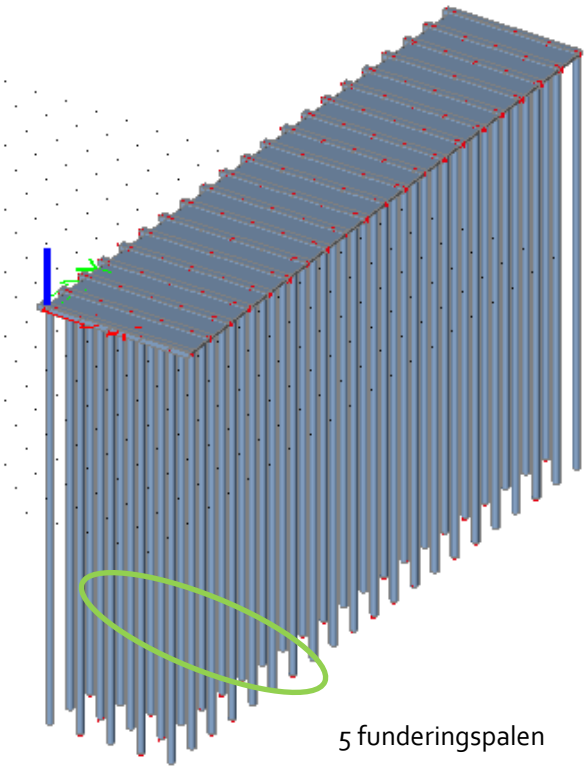
Figuur 19 - Dwarsdoorsnede (aanzicht y-as)



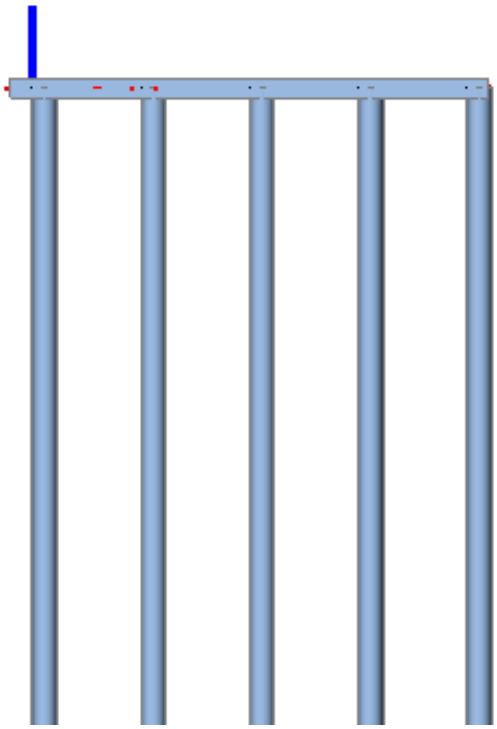
Figuur 20 - Langsdoorsnede (aanzicht x-as)

6.2 Uitkomsten Leidsekade (SIG0803-01)

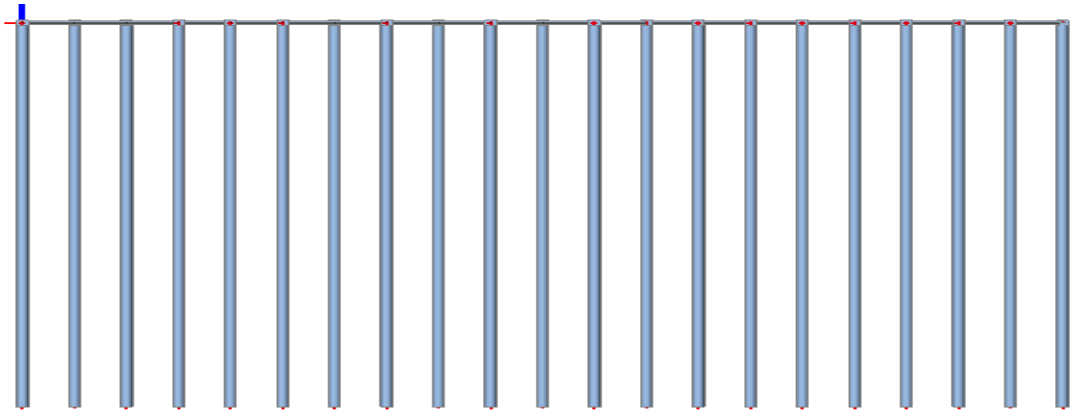
De uitkomsten over de mogelijkheid van het verlagen van het maaiveld van de Leidsekade is een 3D SCIA model van de kademuurconstructie en een adviesrapport. Het 3D model dat gemaakt is voor de kademuurconstructie van de Leidsekade (SIG0803-01) is te zien in Figuur 21, Figuur 22 en Figuur 23. In Bijlage 3 is het adviesrapport over een maaiveld van de Prinsengracht weergeven. Het adviesrapport bevat een korte analyse van de locatie (inclusief technisch advies dat is opgesteld door team Advies en Veiligheid), tekeningen van de oude en de nieuwe (na verlaging van het maaiveld) situatie, de modellering en berekeningen van het SCIA model, monitoring tijdens en na het verlagen van het maaiveld en tot slot bevat het adviesrapport een advies over een maaiveldverlaging op basis van de resultaten en de verwachtte effecten van de maaiveldverlaging.



Figuur 21 - SIG0803-01 model



Figuur 22 - Dwarsdoorsnede (aanzicht y-as)



Figuur 23 - Langsdoorsnede (aanzicht x-as)

6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging

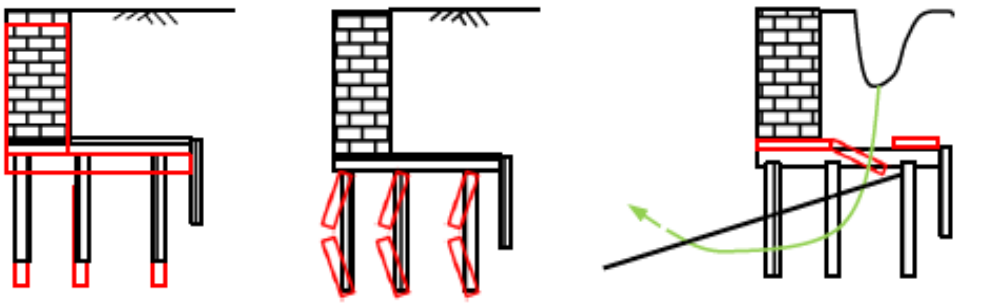
Het model van de Prinsengracht en het model van de Leidsekade zijn op dezelfde manier gemodelleerd en kunnen hierdoor tegelijkertijd bediscussieert worden. De resultaten worden in de adviesrapporten per locatie bediscussieerd aan de hand van de bezwijkmechanismen die optreden.

De resultaten uit beide SCIA modellen lijken erg positief over het verlagen van het maaiveld als levensduurverlengende maatregel. Verticaal worden de funderingspalen goed ontlast, hier uit kan geconcludeerd worden dat een maaiveldverlaging een goede levensduurverlengende maatregel is voor kademuurconstructies die verticaal bezwijken. In Figuur 24 zijn de verticale bezwijkmechanismen van kademuren weergeven [Toetskader Amsterdamse Kademuren (TAK), 3].

Echter hebben de Prinsengracht en de Leidsekade niet alleen verticale bezwijkmechanismen. Naar verwachting zal een maaiveldverlaging niet de horizontale bezwijkmechanismen van de kademuurconstructie helpen. Deze verwachting wordt nader beschreven in het Hoofdstuk Betrouwbaarheid. Voor het geven van een goed onderbouwd advies is het noodzakelijk om kritisch naar de betrouwbaarheid van de SCIA modellen te kijken.

Betrouwbaarheid

Ten eerste is het belangrijk om de staat van de kademuurconstructie te kennen. Beide kademuurconstructies, PRG0701 en SIG0803-01, zijn gecategoriseerd als rood, kortom theoretisch gezien zijn beide constructies bezweken. Een theoretisch bezweken constructie is moeilijk om volledig betrouwbaar te modelleren, de constructie kan zich anders gedragen dat wat verwacht wordt. Daarbij komt dat de constructies waarover het nu gaat ongeveer 150 jaar bestaan (sommige nog veel langer) en er weinig tot geen archieftekeningen zijn en er geringe kennis is over het gedrag en de staat van de houten funderingspalen. De bacteriële aantasting van de constructie heeft ook effect op het gedrag van de constructie. De constructieve effecten hiervan zijn niet bekend en is dus erg moeilijk om te modelleren. Kortom om volledig betrouwbaar te kunnen modelleren is er veel meer kennis van de staat van de constructie nodig. In de volgende paragraven worden onderdelen besproken die kunnen helpen in het modelleren van een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid.



Overschrijden geotechnisch draagvermogen | Constructief bezwijken funderingspalen | Constructief bezwijken constructievloer

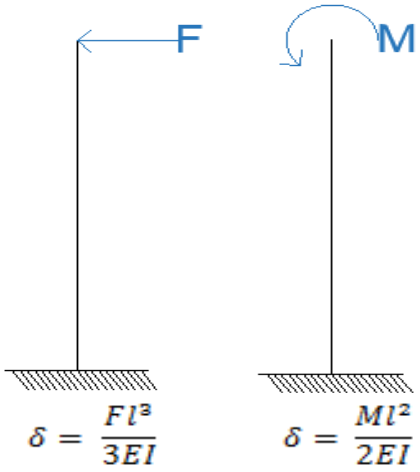
Figuur 24 - Verticale bezwijkmechanismen kademuurconstructies

Zoals is aangegeven in Hoofdstuk 5.2 Discussie resultaten paalmatras, is de grond rondom de kademuurconstructie niet goed gemodelleerd. De grondsituatie achter de kademuurconstructie is niet gemodelleerd en het is ook niet mogelijk om in SCIA Engineer naar werkelijkheid te modelleren. Hiervoor is een ander programma nodig (PLAXIS[18]). Door de constructie ook in PLAXIS te modelleren kunnen er randvoorwaarden in het SCIA model worden toegevoegd. Met de extra randvoorwaarden kan de grondsituatie achter de kademuurconstructie ook worden gemodelleerd en zal het model representatiever voor de werkelijkheid zijn.

De mobilisatie van grond is ook niet meegenomen in het SCIA model. Door langdurige belastingen op de grond te laten werken, zal de grond mobiliseren. De grond rondom de kademuurconstructie wordt stijver naarmate de tijd vordert en er een constante belasting op blijft. De mate van stijfheid is moeilijk in te schatten, hiervoor worden aannames gedaan. In de TAK is een verticale veerconstante[19] gegeven, deze constante dient gebruikt te worden voor het modelleren van kademuurconstructies. De verticale veerconstante is echter afhankelijk van het geotechnisch draagvermogen en van de paalbelastingen. Kortom de gegeven veerconstante in de TAK, is eigenlijk geen constante en is per locatie verschillend. Deze verschillen zullen minimaal zijn en worden daardoor verwaarloosd.

Zoals al eerder genoemd is bestaan de constructies ongeveer 150 jaar en sommige nog veel langer. Dit heeft effect op de EI[20] van de funderingspalen. De EI van de funderingspalen zal verminderen gedurende de tijd dat de palen onder druk staan, in het geval van de Leidsekade is dit al 150 jaar.

De elasticiteitsmodulus is temperatuur- en tijdsafhankelijk (wet van Hooke over kruip[21]: ΔL = E(T,t)*F). Het reduceren van de EI heeft effect op de verplaatsing van de constructie (de lengte van de funderingspalen wanneer de constructie niet verplaatst), zie de vergelijkingen in Figuur 25 (gezien de hoge veerstijfheden in de grondbeddingen zijn deze vergeet-mij-nietjes gebruikt).



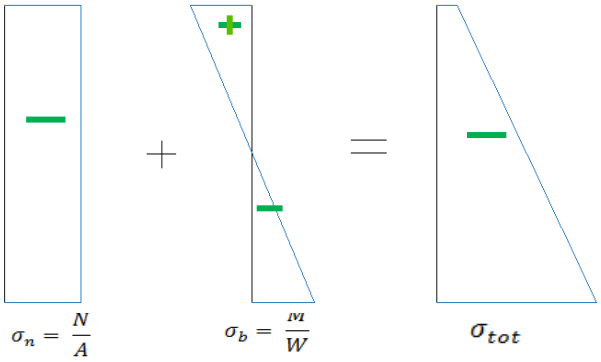
Figuur 25 - Vergeet-mij-nietjes met bijbehorende vergelijking voor doorbuiging

[18] PLAXIS is een 2D en 3D eindige elementen software waar geotechnische constructies in gemodelleerd kunnen worden. PLAXIS wordt gebruikt voor het maken geotechnische analyses voor vervormingen en stabiliteit van geotechnische constructies.
[19] Voor het modelleren van beddingen langs de funderingspalen worden veren gebruikt met een bepaalde veerstijfheid.
[20] EI is Elasticiteitsmodulus*Traagheidsmoment. Elasticiteitsmodulus van het gemodelleerde hout is (E=) $11*10^3$ N/mm^2. Het traagheidsmoment is gedefinieerd door (I=) (π/64)*d^4
[21] Kruip is een permanente vervorming van materiaal wat veroorzaakt wordt door een langdurige trek-/drukbelasting en/of moment op het materiaal. Een permanente vervorming kan een negatieve invloed hebben op de levensduur van het materiaal. Kruip in hout kan al plaatsvinden bij kamertemperaturen.

De effectieve diameter van de funderingspalen is ook aangetast. Het is aannemlijk dat na verloop van tijd (honderden jaren) het hout van de funderingspalen zacht is geworden aan de binnenkant van de paal (dit blijkt uit de houtmonsters die genomen zijn voor het houtenpalen onderzoek van Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam). Een zachte binnenkant van de funderingspalen heeft effect de effectieve diameter van de houten funderinspalen en dus op het traagheidsmoment.

De reductie van de EI is niet gemodelleerd is SCIA Engineer, aangezien de mate van reductie niet bekend is. Om te weten wat het effect van een maaiveldverlaging is, is het belangrijk om hier een goed beeld van te hebben.

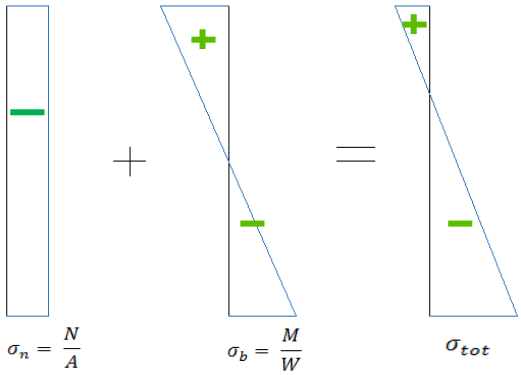
De huidige trek/druk[22] spanningsdiagrammen zijn weergeven in Figuur 26. Door het verlagen van het maaiveld vermindert de drukspanning op de paalfunderingen (σ_n). De trek/druk spanningsdiagrammen in Figuur 27 geven de verwachte spanningen in de funderingspalen weer, als gevolg van een reductie van de drukkracht (N) door een maaiveldverlaging.



Figuur 26 - Huidige spanningsdiagrammen van de paalfundering

De reactie op de verandering in de druk-/trekspanningen van de houten funderingspalen is niet bekend. Het is belangrijk om meer kennis van het materiaal te verkrijgen om de reactie van het hout in te kunnen schatten wanneer de funderingspalen deels ontlast worden.

De trek- en druksterkes van het gemodelleerde hout is wel bekend en met deze gegevens kan er nader onderzoek gedaan worden over het effect op de trek-/drukspanningen door een maaiveldverlaging. De treksterkte van het gemodelleerde hout[23] (volgens de vezelrichting) is $f_{t,0,k}$ = 14,5 N/mm^2, de druksterke van het gemodelleerde hout (volgens de vezelrichting) is $f_{c,0,d}$ = 21 N/mm^2. Dit betekent dat het gemodelleerde hout bijna twee keer zo sterk is voor drukbelasting dan voor trekbelasting. De mate van verlaging is dus afhankelijk van de hoeveelheid trek, die de houten funderingspalen op kunnen nemen.

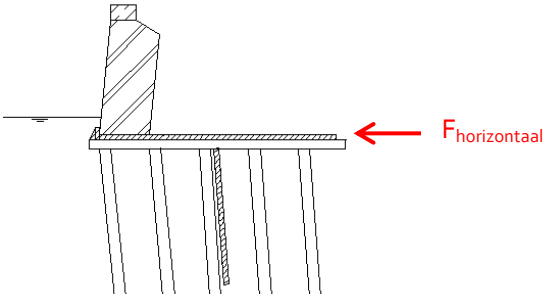


Figuur 27 - Verwachte spanningsdiagrammen na

Voor het geven van een betrouwbaar advies is het ook belangrijk om een nader onderzoek te doen naar de relatie tussen de drukspanning en de schuifspanning[24] ($\tau = 3V_{ED}/2A$)). Dit is belangrijk aangezien de schuifspanning en de drukspanning geen een gelijkmatige reductie zullen ondervinden.

[22] Trekspanning is positief en drukspanning is negatief.
[23] C24 (EN338) is het gemodelleerde hout, zie berekeningsrapporten.
[24] Schuifspanning (τ) is spanning te gevolge van dwarskrachten (in dit geval de horizontale belasting).

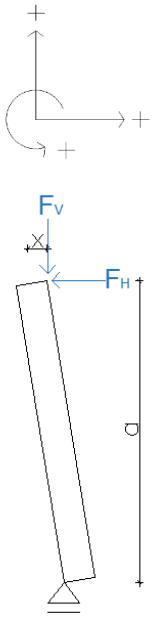
De horizontale krachten op de kademuurconstructie zullen niet evenredig met de verticale krachten reduceren. De horizontale krachten vanuit de rijbaan grijpen aan achter de constructievloer, zie Figuur 30. Door het maaiveld te verlagen verandert er niks aan deze belasting. Echter in combinatie met het reductie van de verticale belasting, is de verwachting dat dit negatieve gevolgen zal hebben voor het horizontaal bezwijken van de kademuurconstructies.



Figuur 28 - Aangrijppunt horizontale belasting

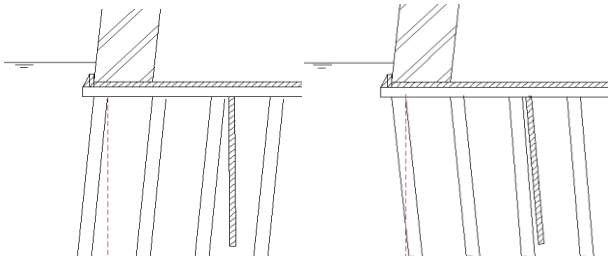
De verwachting voor de negatieve effecten op de horizontale bezwijkmechanismen worden onderbouwd met het gegeven dat de houten funderingspalen negatief schoor staan. Een negatieve schoorstand[25] betekent dat de kademuurconstructie naar richting het water gedraaid wordt, zie Figuur 32. De negatieve schoorstand van de funderingspalen is niet gemodelleerd in SCIA Engineer. Voor een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid is dit wel nodig, gezien dit invloed heeft op de werking van de momenten in de funderingspalen.

De horizontale belasting veroorzaakt een moment in de funderingspalen. Dit moment wordt kleiner door de verticale belasting op de negatief schoorstaande funderingspalen. Aan de hand van een aantal vergelijkingen wordt de invloed van de verticale belasting op de negatief schoorstaande palen verduidelijkt, zie ook Figuur 31. Het moment ten gevolge van de verticale belasting: $M_V = F_V*x$. Het moment ten gevolge van de horizontale belastin: $M_H = F_H*a$. De momenten draaien in een tegenovergestelde richting (het moment ten gevolge van de verticale belasting draait rechtsom en het moment ten gevolge van de horizontale belasting draait linksom). F_v wordt lager, dus M_v wordt dat ook. M_H blijft het hetzelfde aangezien F_h ook hetzelfde blijft. Dit betekent dat het totalte moment (M_{tot}) groter wordt aangezien: $M_{tot} = (+)M_H + (-)M_V$.



Figuur 29 - Krachtenwerking op funderingspalen met negatieve schoorstand

Het vergroten van het totale moment heeft een negatieve invloed op (vooral de horizontale) bezwijkmechanismen. Deze negatieve invloed zal nader onderzocht moeten worden om een betroudbaarder advies te geven over de gevolgen van de mate van maaiveldverlaging.


Figuur 30 - Links: Positieve schoorstand. Rechts: Negatieve schoorstand

[25] De negatieve schoorstand van de funderingspalen wordt veroorzaakt door een langsdurige horizontale belasting op de kademuurconstructie.

7 Bruikbaarheid en conclusies

7.1 Paalmatras

Uit de huidige resultaten van de SCIA modellering van het paalmatras blijkt dat een paalmatras boven de kademuurconstructie niet levensduurverlengend zal zijn. Uit Hoofdstuk 5.2 Discussie resultaten paalmatras, blijkt echter dat de modellering niet geheel betrouwbaar is. Dit zou dus kunnen betekenen dat het paalmatras na een nader onderzoek (en verbetering van het SCIA model) wel zou kunnen dienen als eventueel levensduurverlengende maatregel. Het bovenstaande onderzoek naar het paalmatras als levensduurverlengende maatregel is niet volledig genoeg om als onderbouwing voor een maatregel te dienen.

De waarde van een nader onderzoek naar het paalmatras valt echter te betwijfelen. Het uitvoeren van een paalmatras als levensduurverlengende maatregel brengt een hoop moeilijkheden met zich mee. Een paalmatras is moeilijk te plaatsen in verband met de kabels en leidingen die door de gehele straat liggen, dus ook boeven de kademuurconstructie. Bovendien moet de straat open gelegd worden voor het leggen van de geotextiel doek.

Conclusie

Deze moeilijkheden in combinatie met de matige resultaten vanuit het SCIA model zorgt ervoor dat het paalmatras als levensduur verlengende maatregel niet tot nauwelijks opweegt tegen het volledig vervangen van de kademuurconstructie. Kortom de bruikbaarheid van een paalmatras als levensduurverlengende maatregel is gering.

7.2 Maaiveldverlaging

Uit de resultaten van de SCIA modellering blijk dat een maaiveldverlaging kan dienen als een levensduurverlengende maatregel. Echter wordt Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging de betrouwbaarheid van de resultaten en de modellering in twijfel getrokken. Er is nader onderzoek nodig om een betrouwbaar advies te kunnen geven over het verlagen van het maaiveld op de Prinsengracht (PRG0701) en de Leidsekade (SIG0803-01).

Het nader onderzoeken van het verlagen van het maaiveld als levensduurverlengende maatregel wordt gesteund door Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam (voornamelijk door Programma Bruggen en Kademuren binnen het ingenieursbureau). Mede omdat een maaiveldverlaging een duurzame oplossing voor het verlengen van de levensduur van kademuurconstructies kan zijn.

Duurzaamheid

Een verlaging van het maaiveld creëert veel kansen voor de gemeente Amsterdam. Het is (indien de eerdere relativeringen vervolgonderzoeken niet al teveel roet in het eten gooien) een relatief simpele levensduurverlengende oplossing voor kritieke rakken in de binnenstad van Amsterdam. Met het verlagen van het maaiveld kan de functie van het rak behouden blijven en vervanging van de kademuurconstructie wordt uitgesteld. Het uitstellen van vervanging is belangrijk voor de bereikbaarheid en leefbaarheid van de binnenstad van Amsterdam (zie Inleiding).

Door middel van een groenstrook aan te brengen op het verlaagde maaiveld wordt er een stuk rak terug gegeven aan de Amsterdammers. Deze groenstrook zal ingevuld worden met bankjes, er wordt een mogelijkheid gecreëerd om te flaneren langs het water. Bovendien kan een verlaging van het maaiveld het kappen van bomen voorkomen (zie Bijlage 3 Adviesrapport Leidsekade). Kortom een maaiveldverlaging bevorderd de belevenis van de straat en werkt mee aan een groener Amsterdam.

Een vervolg onderzoek is echter noodzakelijk om een maaiveldverlaging te kunnen laten slagen als levensduurverlengende maatregel. Gezien de duurzaamheid van een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel en de huidige positieve resultaten uit de SCIA modellering is het waardevol om een vervolg onderzoek naar een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel te starten.

Vervolgonderzoek

Het is noodzakelijk om een nader onderzoek te doen naar het effect van het verticaal ontlasten van de kademuurconstructie op het horizontaal bezwijken er van. Er moet gekeken worden naar de relatie tussen de drukspanning en de schuifspanning. Uit deze relatie zal de mogelijke mate van verlaging van het maaiveld duidelijk moeten worden. Ook zal er goed onderzoek gedaan moeten worden naar de mogelijke mate van verlaging van het maaiveld ten opzichte van het toelaatbare moment (zie Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging).

Als de resultaten van de bovenstaande onderzochte onderwerpen niet gunstig voor het horizontaal bezwijken van de kademuurconstructie, dient er een onderzoek gedaan te worden naar de mogelijkheden van een kerende constructie achter de kademuurconstructie. Een kerende constructie achter de kademuurconstructie, zal de kademuurconstructie ontlasten van horizontale belastingen en zal dus de acute horizontale bezwijkmechanismen voorkomen. Een voorbeeld voor een constructie met een kerende functie is een paalmatras achter de kademuurconstructie. Deze kerende constructie kan dan in combinatie met een maaiveldverlaging een oplossing zijn.

Zoals is beschreven in Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging, zitten er nog een aantal onbetrouwbaarheden in het SCIA model. Er zijn een aantal factoren die niet goed te modelleren zijn en waar een realistische aanname (conform TAK) genoeg is om mee te modelleren. Het is echter wel belangrijk om meer inzicht te krijgen in situatie rondom de kademuurconstructie zelf en de effecten die de maaiveldverlaging hier op heeft. Voor het geven van een betrouwbaar advies is het nodig om een simulatie te maken van de kademuurconstructie en de grond er omheen in PLAXIS. Met de resultaten uit deze PLAXIS simulatie, zijn er extra randvoorwaarden die aan het SCIA model gegeven moeten worden.

Aan de hand van de resultaten (en de betrouwbaarheid daarvan) is er een advies aan opgesteld over het verlagen van maaiveld van de Prinsengracht en de Leidsekade. Dit advies wordt onderbouwd in de opgestelde adviesrapporten (zie Bijlage 2 en Bijlage 3).

Adviesrapporten

Het adviesrapport voor de Prinsengracht (PRG0701) is gebruikt als onderbouwing voor het advies wat gegeven is aan het Voorportaal over de verlaging van het maaiveld op de Prinsengracht.

De opgestelde adviesrapporten voor een maaiveldverlaging op de Prinsengracht en Leidsekade zijn bruikbaar voor Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam. De adviesrapporten dienen als leidraad voor het gebruiken van een maaiveldverlaging als field lab. Aan de hand van deze adviesrapporten kunnen er andere locaties onderzocht worden voor een mogelijke maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel.

Conclusie

Met positieve resultaten van de boven genoemde vervolgonderzoeken kan een maaiveldverlaging dienen als een field lab voor levensduurverlengende maatregel. Met de goede monitoring kan deze field lab eventueel opgeschaald worden en kunnen er op meerdere locaties een maaiveldverlaging toegepast worden als levensduurverlengende maatregel.

Bronvermelding

1. Rinske van Schooneveld, (13 juli 2019). Notitie indeling areaal kademuren.
2. Kennisplatform CROW, (maart 2018). https://www.crow.nl/kennis/bibliotheek-verkeer-en-vervoer/kennisdocumenten/multicriteria-analyse-mca
3. TAK-team (19 december 2019). Toetsingskader Amsterdamse Kademuur.
4. Ing. F. Casterman, Ing. R. van Empel (2e druk: Oplage 10, Oktober 2017). Constructief Tabellenboek, voor bouwkunde en civiele techniek.
5. Jan Willem Dusseldorp, (16 november 2016). Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Kort berekeningsrapport Paalmatras

Gemeente Amsterdam

definitief
Versie 1
10 april 2020

Kort rapport Paalmatras

Berekenings-/modelleringsrapport

Auteur(s)
Yonne Jaeger

Opdrachtgever
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Contactpersoon
Matthijs Griffioen

Inhoud

1 Inleiding **3**
1.1 Projectomschrijving 3

2 Basisinformatie en uitgangspunten **4**
2.1 Algemene basisinformatie 4
2.2 Ontwerpuitgangspunten 4
2.3 Normen en richtlijnen 5
2.4 Computerprogrammatuur 6
2.5 Materialen 6
2.6 Bodemopbouw en waterstand 7

3 Beschrijving constructie en modellering **8**
3.1 Gemodelleerde constructie 8

4 Belastinggevallen en –combinaties **10**
4.1 Belasting factoren 10
4.2 Belastinggevallen 10
4.3 Belastingcombinaties 12

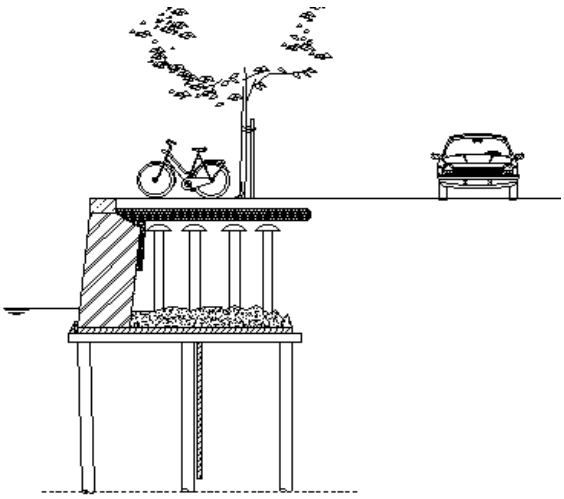
5 Resultaten **13**
5.1 Resultaten per belastingcombinatie 13
5.2 Resultaten per belastinggeval 14

1 Inleiding

In dit rapport is de modellering van het paalmatras als levensduurverlengende maatregel kort toegelicht en de resultaten zijn in dit rapport weergeven. Dit berekenings-/modelleringsrapport is een Bijlage van het afstudeerproject over levensduurverlengende maatregelen van kademuurconstructies in de binnenstad van Amsterdam, opgesteld door Yonne Jaeger.

1.1 Projectomschrijving

Het paalmatras wordt in de ondergrond geplaatst (zie Figuur 1), over de breedte van de paalfundering van de kade en zit vast in een groutlaag. Op het matras komt een doek van geotextiel te liggen. De verwachting is dat er een gunstigere (de voorste palenrij[1] wordt iets ontlast en de achterste palenrij wordt iets meer belast) belasting afdracht zal ontwikkelen. De modellering is een uitwerking van het SCIA model dat gemaakt is tijdens de duurzaamheidsscrum. Alle belastingen zijn overgenomen van de duurzaamheidsscrum, berekeningen voor de belastingen op de constructie zijn hierdoor achter wegen gelaten.



Figuur 1 - Paalmatras

[1] De voorste palenrij zijn de funderingspalen het dichts bij de waterkant, de achterste palen rij zijn de funderingspalen het dichts bij de gevel.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

2.1 Algemene basisinformatie

De volgende informatie is geraadpleegd voor het verkrijgen van representatieve resultaten

1) Toetsingskader Amsterdamse kademuren (TAK)
2) Leidraad beoordeling constructieve veiligheid
3) NEN8700 serie – beoordelen bestaande bouwconstructies
4) CUR186 – Binnenstedelijke kademuren

2.2 Ontwerpuitgangspunten

2.2.1 Gevolgklassen

Gevolgklasse	Omschrijving
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of zeer grote economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

Tabel 1 - Definitie gevolgklassen

Voor kademuren wordt er uitgegaan van gevolgklasse CC2

2.2.2 Fundamentele belastingcombinaties

of, in plaats hiervan voor STR en GEO grenstoestanden, de minst gunstige van de twee volgende formules:

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

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

waarin:

"+" betekent "te combineren met"
Σ betekent "de gecombineerde uitkomst van"
ξ is een reductiefactor voor ongunstige, blijvende belastingen G.

2.3 Normen en richtlijnen

Tabel 2 - normen en richtlijnen

Norm/richtlijn	Titel	Jaar	Revisie
NEN-EN1990 (+NB)	Eurocode 0: Grondslagen van constructief ontwerp.	2011	A1+A2/C2
NEN-EN1991-1-1 (+NB)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Algemene belastingen	2011	C1
NEN-EN1995-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekeningen van houtconstructies	2011	C1/A1
NEN8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Grondslagen	2011	-
NEN8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Belastingen	2011	-
NEN8707	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Geotechnische constructies	2018	-
CUR186	Binnenstedelijke kademuren	2013	1e druk
Leidraad	Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)	2016	1.0
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren	2019	1.0

2.4 Computerprogrammatuur

Tabel 3 - computerprogramma's

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekeningen	2019

2.5 Materialen

Materiaal (toepassing)	Soortelijk gewicht [kN/m^3] ($Y_{x)}$
Hout vloerdelen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Hout kespen (aanname kwaliteit: C14)	3,4
Hout funderingspalen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Paalmatras (aanname kwaliteit: C14)	3,4
Klinkers (betonstraatsteen)	23
Metselwerk	22,5
Water	9,81
Grond Nat Droog	 20 18

2.6 Bodemopbouw en waterstand

Waterlijn en grondwaterstand staan op -0,4NAP (Amsterdam is aangesloten op groot waternetwerk, waterstanden worden gereguleerd).

2.6.1 Bedding funderingspalen

Tabel 4[2] - Horizontale bedding funderingspalen (vanuit Leidraad, Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren))

Grondlaag	Boven-/onderzijde laag [m NAP]	Dikte laag [m]	$k_{h;rep}$ [kN/m^3]	$k_{h;d}$ [kN/m^3]
Klei en veen	0,0\-4,0	4,0	2000	1480
Wad afzettingen	-4,0\-9,0	5,0	4000	2960
Zandhoudende klei	-9,0\-11,0	2,0	6000	4440
Klei en veel	-11,0\-12,5	1,6	1600	1190
1^e Zandlaag	-12,5\verder	-	36000	26670

Voor de verticale bedding wordt de waarde 30 MN/m^2 aangehouden conform de TAK, opgesteld door Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam.

[2] Opgesteld volgens het Amsterdams profiel

3 Beschrijving constructie en modellering

3.1 Gemodelleerde constructie

De modellering is niet gebaseerd op een specifieke locatie. De lengte van het model is 12 meter. Het model is opgebouwd uit de volgende elementen conform Leidraad [Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren),3]:

Houten vloer (aanname kwaliteit C24 (EN338) 100mm dik)
- 3,25 meter breed

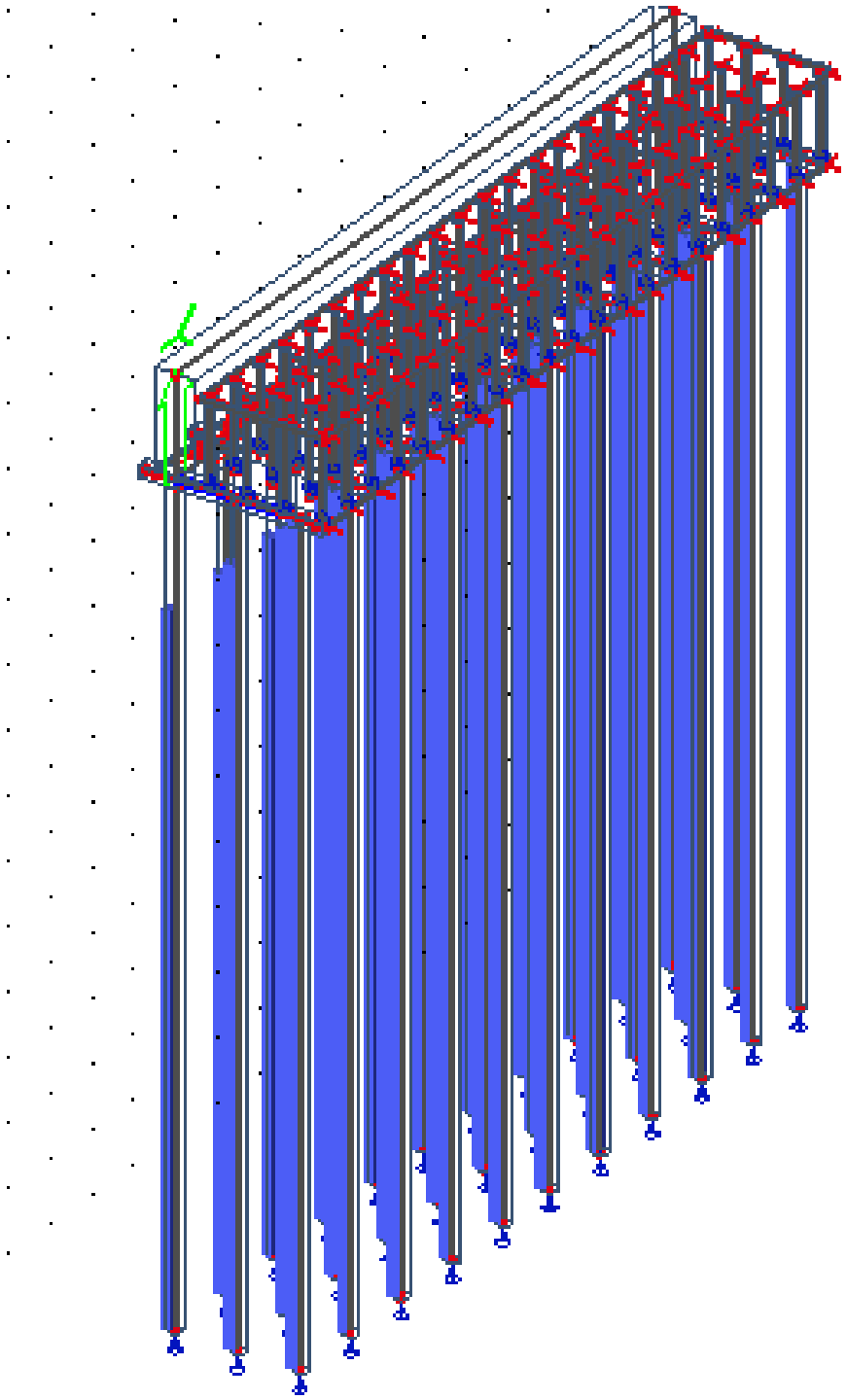
Kespen (aanname kwaliteit C24 (EN338) b x h 220x180)
- Steken 20cm uit aan de waterzijde
- H.o.h. 1 meter

Houten funderingspalen (aanname kwaliteit C24 (EN338) diameter van 230 mm)
- 3 funderingspalen zijn geplaatst onder de kespen (h.o.h. 1 meter)
- Paalpunt niveau -13,00m NAP
- Bedding van de funderingspalen zijn gemodelleerd door middel van horizontale en verticale veren (zie Figuur 2, de blauwe stroken langs de funderingspalen).

Tabel hieronder geeft de aannames van de dimensies van de kademuurconstructie weer (tabel is opgesteld door Gemeente Amsterdam).

Walmuur (metselwerk)				Fundering (houtwerk)				
Bovenkant	Onderkant	Hoogte	Dikte wand	Lengte vloer	Aantal palen	h.o.h. palen	h.o.h. draagbalk	diameter palen
[m...NAP]	[m...NAP]	[m]	[m]	[m]	[stuks]	[m]	[m]	[mm]
+ 0,40	-0,90	1,30	0,55	2,50	3,00	1,00	1,00	230
+ 0,70	-0,90	1,60	0,66	2,75	3,00	1,00	1,00	230
+ 1,00	-0,90	1,90	0,77	3,25	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,30	-0,90	2,20	0,88	3,50	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,70	-0,90	2,60	0,99	4,00	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,00	-0,90	2,90	1,10	4,30	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,30	-0,90	3,20	1,21	4,75	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,60	-0,90	3,50	1,45	4,75	5,00	1,00	1,00	230

(Maatafwijkingen onder voorbehoudt).



Figuur 2 - SCIA model paalmatras

4 Belastinggevallen en –combinaties

4.1 Belasting factoren

Tabel 5 - Belastingfactoren ten behoeve van verbouwniveau[3] CC2

Vergelijking CC2	Permanente belasting	Veranderlijke belasting
6.10a	1,25	1,2
6.10b	1,2	1,1
SLS	1,0	1,0

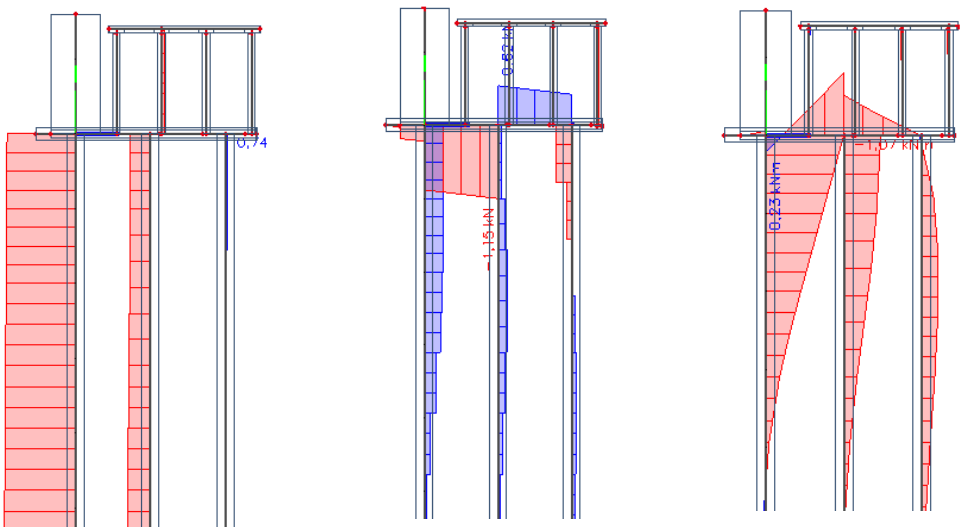
4.2 Belastinggevallen

De belastinggevallen zijn genummerd zoals er genummerd is in SCIA-Engineer.

4.2.1 Permanente belastingen

Belastinggeval 1: Eigengewicht
Zie Hoofdstuk 2.5 Materialen en Hoofdstuk 3.4 gemodelleerde constructie.

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*

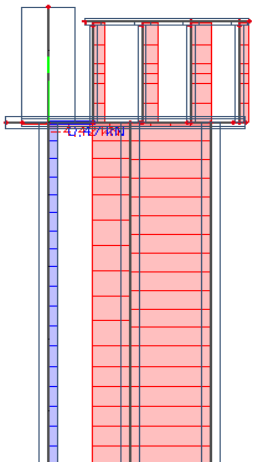


[3] Het doel van de maaiveld verlaging is de functie van de kade behouden en acute bezwijkmechanismen te voorkomen, daarom is er gekozen voor verbouwniveau.

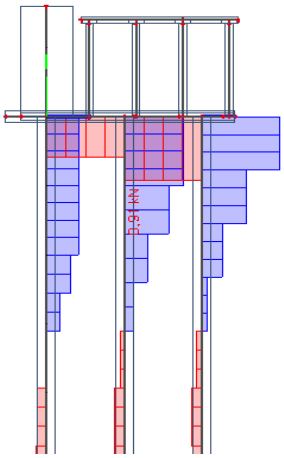
Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast (kN/m²)
Bestrating	
Verticaal	-2,3
Horizontaal	-1,15
Waterdruk	
Horizontaal	<8,23

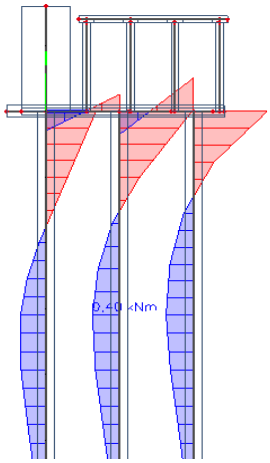
Normaallijn



Dwarskrachtlijn



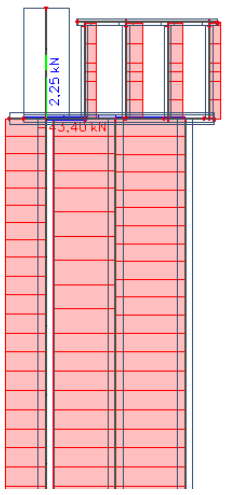
Momentlijn



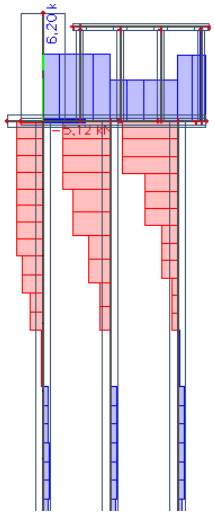
Belastinggeval 3: Gronddruk

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast kademuurconstructie (kN/m²)	Oppervlaktelast paalmatras (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	9	3,6
Horizontaal	<10,30	
Gronddruk nat		
Verticaal	18	-
Horizontaal	< 5	-

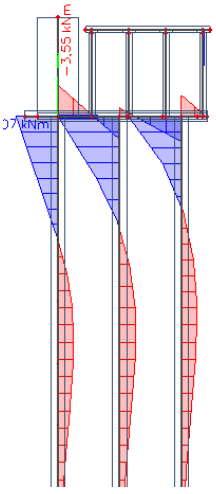
Normaallijn



Dwarskrachtlijn



Momentlijn

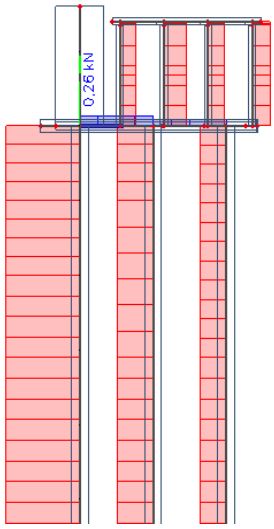


4.2.2 Veranderlijke belasting

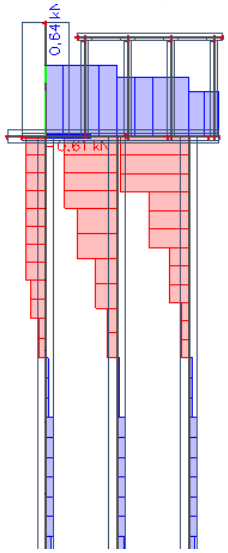
Belastinggeval 4: Mobiele belasting

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m^2)
Rijdend verkeer	
Verticaal	1,5
Horizontaal	0,8

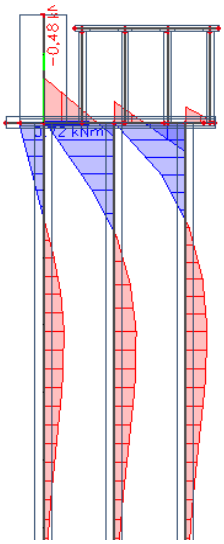
Normaallijn



Dwarskrachtlijn



Momentlijn



4.3 Belastingcombinaties

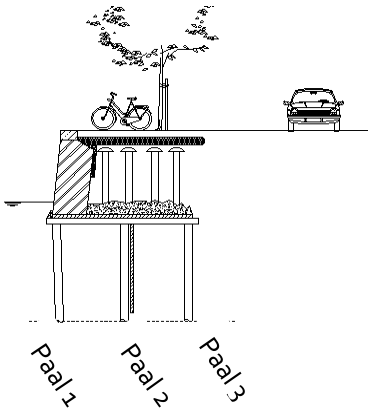
Combinatie 6.10a	Belastinggevallen
Paalmatras	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking Belastinggeval 3: Gronddruk Belastinggeval 4: Mobiele belasting

5 Resultaten

De resultaten in de volgende hoofdstukken zijn gelezen uit de verticale reactiekrachten onder in de funderingspalen van het SCIA Engineer model. De resultaten worden bediscussieerd in Hoofdstuk 5 Resultaten paalmatras van het afstudeerproject. In het afstudeerproject worden de resultaten vergeleken met resultaten van een kademuurconstructie zonder paalmatras.

5.1 Resultaten per belastingcombinatie

Belasting combinatie 6.10a	
	Paalmatras (kN)
Paal 1	70,58
Paal 2	68,28
Paal 3	62,02



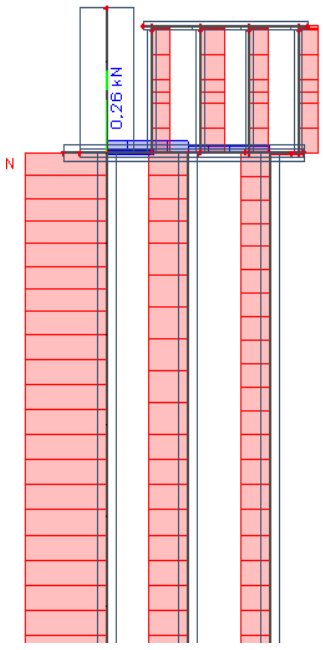
Figuur 3 – Paalmatras met nummers funderingspalen

5.1.1 Krachtenlijnen

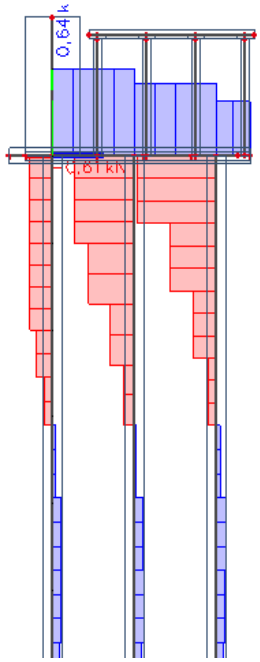
In de onderstaande figuren zijn de krachtenlijnen van de kademuurconstructie vanuit het SCIA-Engineer model weergeven.

Combinatie Paalmatras 6.10a

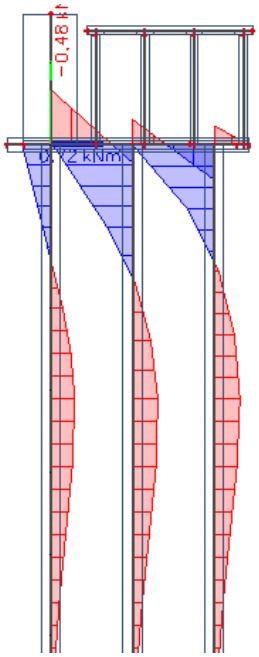
Normaallijn



Dwarskrachtlijn



Momentlijn



5.2 Resultaten per belastinggeval

Om de invloeden van een maaiveld verlaging op de verschillende belastinggevallen in kaart te brengen worden de resultaten per belasting geval ook weergeven.

Eigengewicht	
	reactiekracht (kN)
Paal 1	26,65
Paal 2	9,60
Paal 3	1,37

Maaiveld afwerking	
	reactiekracht (kN)
Paal 1	-0,27
Paal 2	2,11
Paal 3	4,23

Gronddruk	
	reactiekracht (kN)
Paal 1	27,97
Paal 2	40,32
Paal 3	43,32

Mobiele belasting	
	reactiekracht (kN)
Paal 1	2,20
Paal 2	1,02
Paal 3	0,72

Bijlage 2 - Adviesrapport PRG0701

Maaiveldverlaging Prinsengracht

Field lab

Maaiveldverlaging Prinsengracht (PRG0701)

Auteur(s)
Yonne Jaeger
y.jaeger@amsterdam.nl

Opdrachtgever
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Contactpersoon
Matthijs Griffioen
matthijs.griffioen@amsterdam.nl
Ingenieursbureau

Verklarende woordenlijst

Kade	Gehele oeverstrook
Kademuur	(Gemetselde) muur die het water van de oever scheidt
Rak	Stuk kade tussen twee bruggen
Degraderen	Proces waarbij materiaaleigenschappen er op achteruit gaan
Deformeren	Vervormen van huidige constructie
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren
Tochten	Serie van 30 slagen op een heipaal. Eén tocht is 250mm

Computer programmatuur

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekeningen	2019

Samenvatting

De vraag naar levensduur verlengende maatregelen voor de constructie van kademuren is ontstaan uit de grote hoeveelheid kademuren die constructief niet meer voldoen aan de wet- en regelgeving in de binnenstad van Amsterdam. Eén eventuele levensduur verlengende maatregel is het verlagen van het maaiveld. Naar aanleiding van een korte locatie analyse en het in kaart brengen van de technische staat, is de Prinsengracht aangedragen als locatie voor het testen van een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel.

Er zijn een aantal uitgangspunten opgesteld voor een maaiveldverlaging op PRG0701. Deze uitgangspunten hebben onder andere te maken met de gesitueerde bomen en amsterdammertjes. Het effect van een maaiveldverlaging zal een reductie van de verticale paalbelastingen opleveren, deze reductie kan oplopen tot 50%. Echter is de verwachting dat het reduceren van de verticale paalbelasting een negatief effect zal hebben op het horizontaal bezwijken van de kademuurconstructie.

Op basis van de resultaten en de verwachtingen is er een voorlopig negatief advies gegeven voor het testen van een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel op de Prinsengracht (PRG0701).

Inhoud

Computer programmatuur 2

Samenvatting 3

1 Inleiding field lab maaiveldverlaging 6
1.1 Probleemstelling 6
1.2 Aanleiding 7
1.3 Opdrachtformulering 8

2 Locatie Prinsengracht (PRG0701) 9
2.1 Technische staat 9
2.2 Huidige situatie 9
2.3 Beeldweergave 10

3 Tekeningen oud- en nieuwesituatie 12
3.1 Arcieftekeningen 12
3.2 Ontwerp maaiveldverlaging 12

4 Modellering 14
4.1 Korte beschrijving constructie 14
4.2 Belastingen (belastinggevallen/-combinaties) 14
4.3 Resultaten modellering 16

5 Monitoring 17

6 Verwachting na maaiveldverlaging 18
6.1 Bezwijkmechanismen 18
6.2 Levensduur 18

7 Conclusies en advies 19
7.1 Conclusie 19
7.2 Advies 19

8 Draagvlak 20

Bronvermelding 21

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Technisch Advies
Bijlage 2 - Berekeningsrapport
Bijlage 3 - Tekeningen

1 Inleiding field lab maaiveldverlaging

In dit adviesrapport zal er een advies gegeven worden over de mogelijkheid tot het verlagen van het maaiveld op de Prinsengracht (PRG0701). Er is een ontwerp en een SCIA-Engineer model gemaakt voor de maaiveldverlaging. Het doel van de maaiveldverlaging is het verlengen van de levensduur van de kademuur constructie; het behouden van de functies en de acute bezwijkmechanismen voorkomen.

1.1 Probleemstelling

Veel kademuren in de binnenstad van Amsterdam zijn oud en verzwakt (constructief onveilig) door de toenemende belastingen en bacteriële aantasting en zouden vervangen moeten worden. Door een tekort aan gegevens van de kademuren (ontbreken van archieftekeningen bijvoorbeeld) is het ingewikkeld om de technische staat van de kademuren te bepalen. Gemeente Amsterdam heeft het Programma Bruggen en Kademuren opgezet om de kademuren en bruggen in Amsterdam te beoordelen en de binnenstad leefbaar en bereikbaar te houden. Inmiddels worden er beheers- en noodmaatregelen genomen om veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid van de historische binnenstad te kunnen blijven garanderen. Een aantal beheersmaatregelen die genomen worden zijn het opheffen van parkeervakken, kappen van bomen of het afsluiten van de rijbaan. Bij een noodmaatregel wordt een noodconstructie bedoelt, in Figuur 1 is een voorbeeld van een noodconstructie (in de vorm van een damwand met zandaanvulling) weergeven.



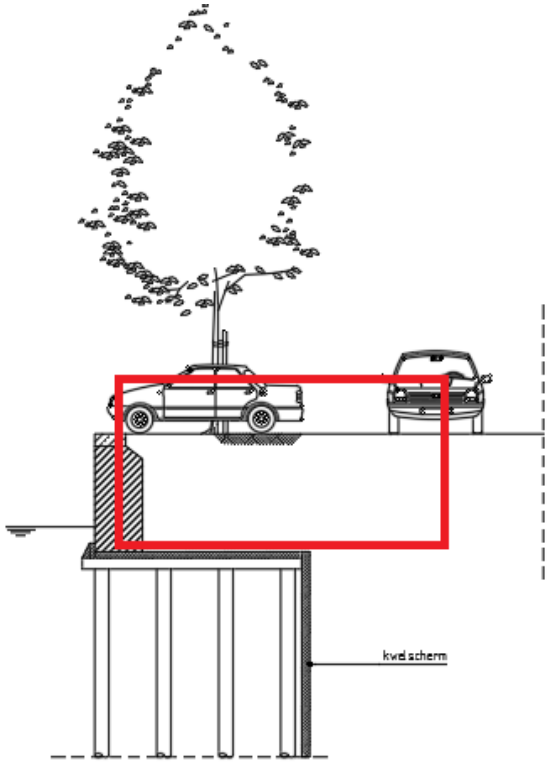
Figuur 1 - Noodconstructie Oudezijds Voorburgwal (OVW0601)

Inmiddels zijn de bruggen en kademuren van Amsterdam verdeeld in drie categorieën: groen, oranje en rood [Notitie indeling areaal kademuren, 1]. Categorie groen wordt 'Niet direct verdacht, veiligheid nog niet aangetoond' (ook wel categorie C) genoemd. Dit houdt in dat de kademuur jonger dan 50 jaar is en geen visuele constructieve schades bevat. Categorie Oranje wordt 'verdacht' (ook wel categorie B) genoemd, dit zijn rakken ouder dan 50 jaar. Categorie Rood wordt 'Ernstig verdacht' (ook wel categorie A). In deze categorie zijn de constructieve schades zichtbaar. Bij rakken die in deze categorie vallen worden er directe (beheers)maatregelen genomen (afzetten straat, afzetten parkeervakken, noodconstructie plaatsen).

1.2 Aanleiding

De opgave om de constructief onveilige kademuren te vervangen maakt de binnenstad van Amsterdam onbereikbaar (en niet leefbaar voor de inwoners). Hierdoor is het wenselijk om de vervanging van rakken tot een minimum te beperken en de vervanging van een aantal rakken zo lang mogelijk uit te stellen, om de bereikbaarheid en leefbaarheid van de historische binnenstad te kunnen blijven garanderen). De aanleiding van deze field lab is de vraag, gesteld vanuit Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam (Annemarij Kooistra, directielid Programma Bruggen en Kademuren), naar duurzame levensduur verlengende maatregelen. Het kader van de vraag is begrenst tussen aanpassingen op het maaiveld gebied en de ondergrond (boven de fundering), zie Figuur 2. Gezien de urgentie van het thema (het bereikbaar en leefbaar houden van de historische binnenstad van Amsterdam) is het van belang de vraag naar levensduur verlengende maatregelen op te pakken en verschillende ideeën in een pilot te testen.

Jan Willem van de Kuilen heeft in een presentatie aan het ingenieursbureau aangegeven dat er een logaritmisch verband bestaat tussen het ontlasten van houten paalfunderingen en het verlengen van de levensduur van deze houten funderingspalen. Dit concept is de aanleiding voor het nadenken over mogelijkheden voor een vermindering van de belasting op de kademuurconstructie. De meest aannemelijke mogelijkheid voor het verminderen van de paalbelasting ligt bij de rustende belasting, in dit geval het grondpakket. Door het ontgraven van het maaiveld is de verwachting dat de kademuurconstructie verticaal ontlast wordt. Deze aanname is de aanleiding voor het onderzoek naar een maaiveldverlaging.

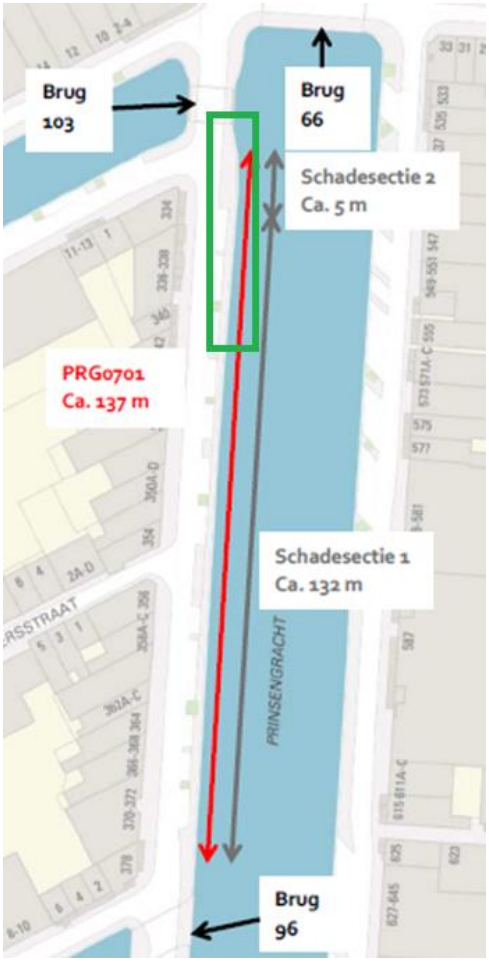


Figuur 2 – Onderzoek kader levensduur verlengende maatregelen

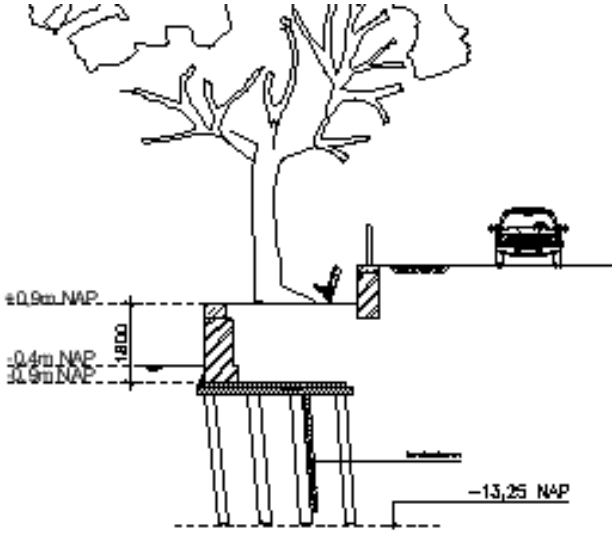
1.3 Opdrachtformulering

Field lab is het in de praktijk toepassen en toetsen van oplossingen of technieken, in samenwerking met gemeente, marktpartijen en kenniscentra. Deze oplossingen of technieken zijn experimenten waarbij data wordt verzameld en vanuit de data kunnen er conclusies getrokken worden over het wel of niet opschalen van de oplossingen of technieken.

De verlaging van het maaiveld op de Prinsengracht (PRG0701) zal plaatsvinden op 25 meter langs de kademuur en begint vanaf het brugdek (brug 103) zie Figuur 3. Op het verlaagde stuk maaiveld komt een groenstrook en één van de langsparkeervakken kan zijn functie behouden (afhankelijk van het precieze aantal verlaagde centimeters). Deze groenstrook heeft recreatieve doeleinde (flaneren langs de gracht bijvoorbeeld) en zal een aangename invloed hebben op de belevenis van de desbetreffende straat. Het afgezaagde stuk kademuur zal verplaatst worden naar achter de kademuur constructie (3,5 meter richting de gevel) en zal dienen als kerende functie voor de rijbaan. In Figuur 4 is een schets weergeven van het nieuwe straatbeeld. In de volgende hoofdstukken wordt de huidige staat en het ontwerp van de maaiveldverlaging nader beschreven.



Figuur 3 - Locatie (groene vlak)



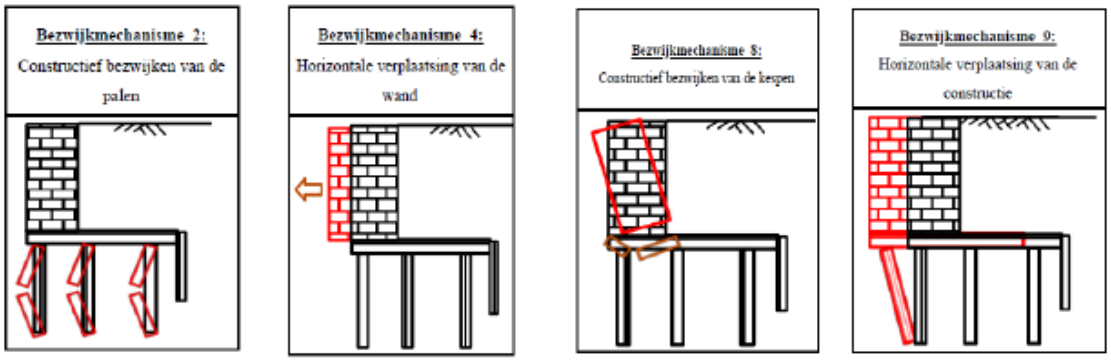
Figuur 4 - Nieuwe doorsnede Prinsengracht

2 Locatie Prinsengracht (PRG0701)

2.1 Technische staat

Het technisch advies (zie Bijlage 1) is opgesteld door het team Advies en Veiligheid (onder leiding van Rinske Schooneveld). Het rak is gecategoriseerd in het risicoprofiel A; het rak is ' ernstig verdacht', constructieve schade (deformatie en degradatie) is zichtbaar. Boomwortels lijken door de gemetselde muur heen te groeien en er is een duidelijke scheefstand van het rak (zie hoofdstuk 2.2 Huidige situatie). De vermoedelijke bezwijkmechanismen, geconstateerd door verschillende inspecties, zijn weergeven in Figuur 5. Hier in is te zien dat de constructie voornamelijk horizontaal aan bezwijkt.

Uit het technisch advies is geconcludeerd dat de stabiliteit van schadesectie 2 (zie Figuur 3) niet langer gegarandeerd kan worden. Het advies is gegeven om z.s.m. beheersmaatregelen te treffen voor dit deel van het rak. Het volledige technisch advies is weergeven in Bijlage 1.

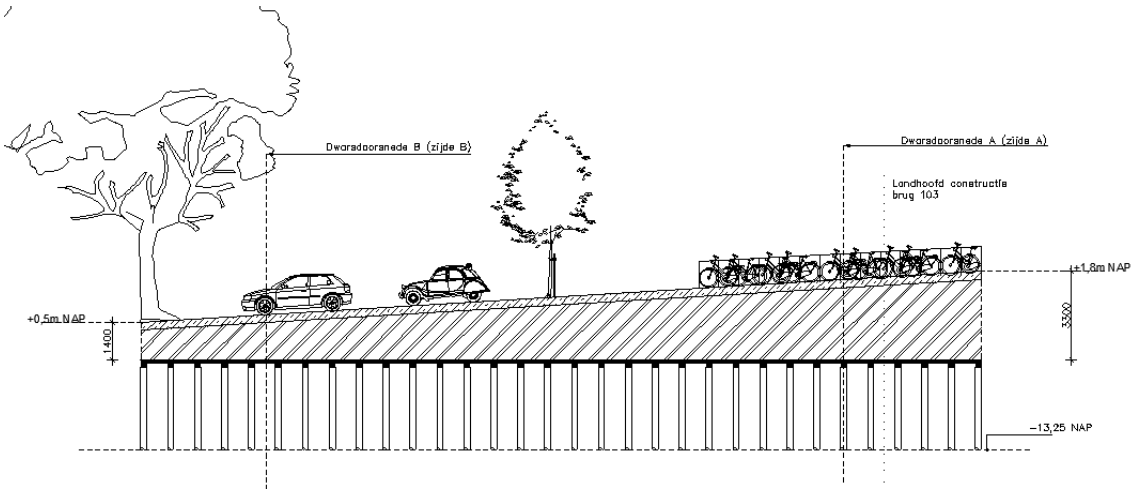


Figuur 5 - Vermoedelijke bezwijkmechanismen PRG0701

2.2 Huidige situatie

Op het betreffende rak (PRG0701) is een kanteling van de kademuurconstructie zichtbaar (zie Hoofdstuk 2.3 Beeldweergave), dit is onder andere te zien aan de schuinstaande lantaarnpaal en het hellende deksteen. De sleuven die schadesectie 2 afbakenen zijn duidelijk zichtbaar (zie beeldweergave, groene stippellijnen) en er lijken boomwortels te groeien door de zuidelijke sleuf. Naast de twee sleuven bij schadesectie 2 zijn er geen zichtbare scheuren in het metselwerk aanwezig (dus boven waterstand). De boomwortels verder op het rak lijken goed te groeien, de bestrating wordt niet zichtbaar omhoog geduwd door de wortels. De bestrating ligt er tot noch toe netjes bij. De huidige maaiveld hoogtes van het rak zijn: aan de noordzijde, na het brugdek, +1,9m NAP en ter hoogte van de grote boom +0,5m NAP. In Figuur 6 in de langsdoorsnede van het rak in de huidige situatie weergeven.

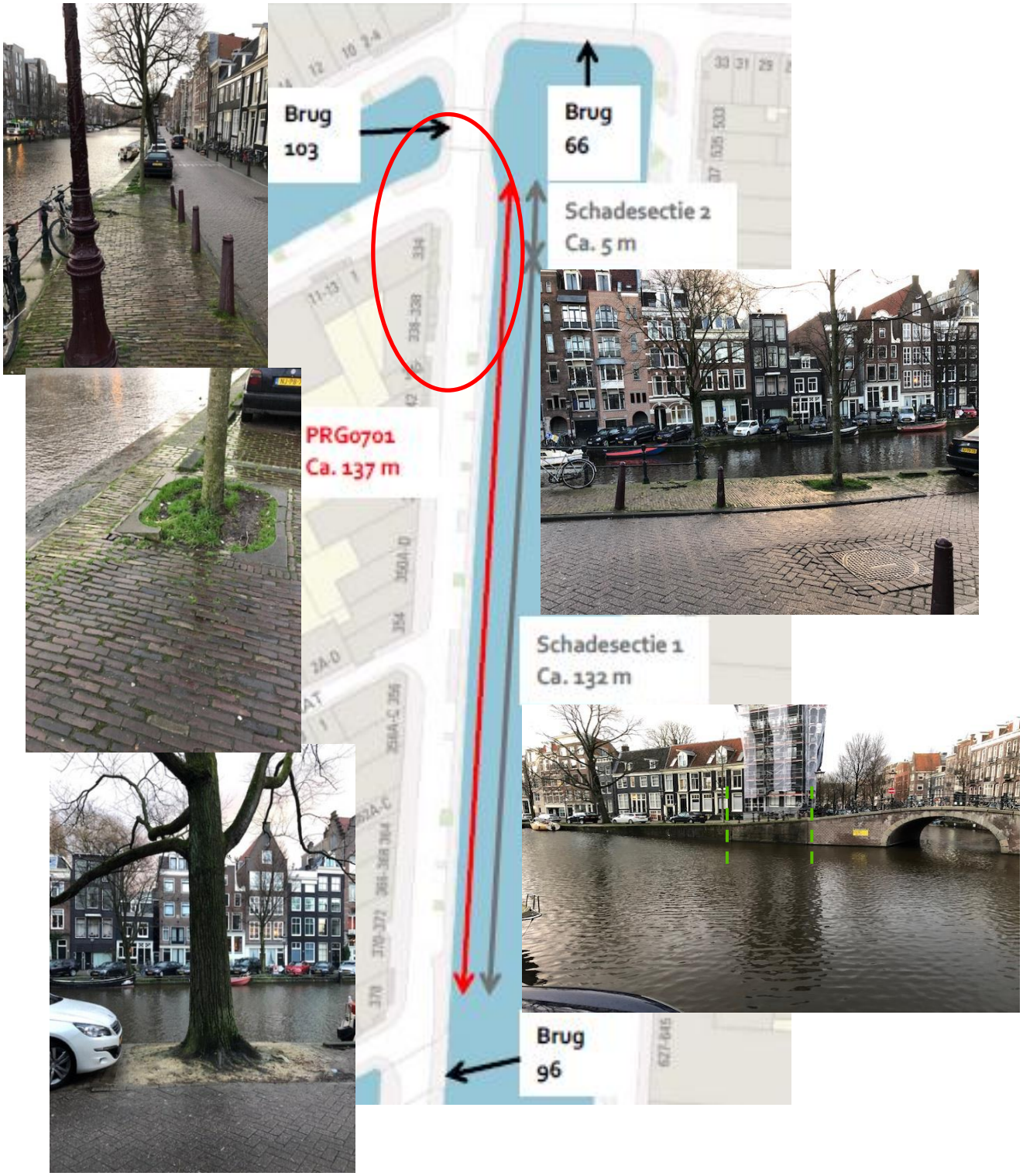
Op het betreffende rak rijden regelmatig auto's en veel fietsers. Auto's komen doormiddel van een scherpe bocht op PRG0701, dit zorgt voor een extra stoot-/schrankbelasting (zie Hoofdstuk 4 Modellering). Er zijn veel voetgangers (regelmatig met hond).



Figuur 6 - Langsdoorsnede PRG0701

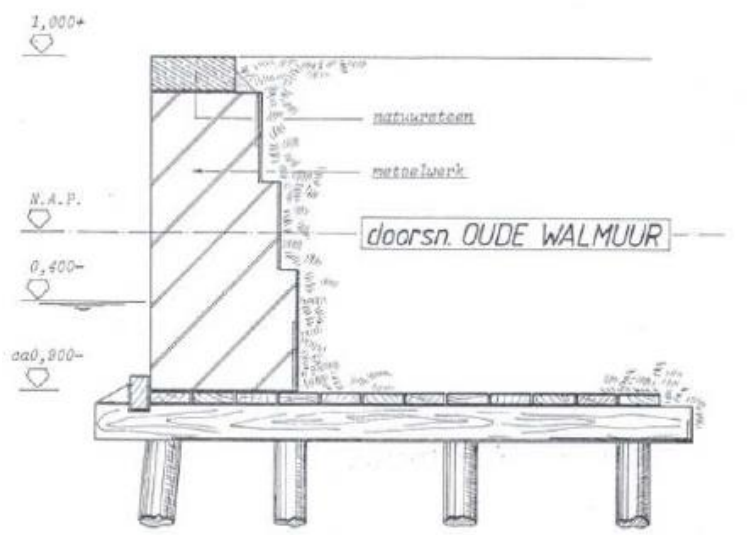
2.3 Beeldweergave

De vraag voor een beheersmaatregel betreft het stuk van de schadesectie 2 (ca 5m). deze schadesectie is ter hoogte van het huisnummer 334.


Brug
103
Brug
66
Schadesectie 2
Ca. 5 m
PRG0701
Ca. 137 m
Schadesectie 1
Ca. 132 m
Brug
96

3 Tekeningen oud- en nieuwesituatie

3.1 Arcieftekeningen



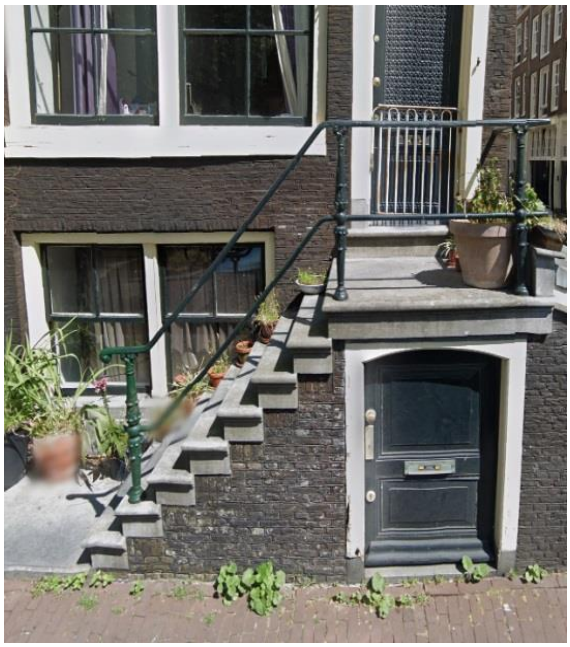
Figuur 7 - (Vermoedelijke) principe doorsnede PRG0701

3.2 Ontwerp maaiveldverlaging

In Bijlage 3 zijn (langs- en dwars-) doorsnedes weergeven van de Prinsengracht (het gemodeleerde deel). Ook zijn er in deze bijlage tekeningen (langs- en dwarsdoorsnedes) weergeven van de nieuwe situaties (met een verlaging van 70 cm en 90 cm).

3.2.1 Beschrijving maaiveld afwerking en uitgangspunten

De verlaging van het maaiveld start bij het eindigen van het brugdek, de verlaging bedraagt minsten 70 cm. De verlaging zal plaatsvinden aan de noordzijde van het rak (schadesectie 2, zie Figuur 3) en zal afgewerkt worden door een trap. Om het beeld te behouden wordt in dezelfde stijl een gemetseld muurtje geplaatst langs de rijbaan, een referentie afbeelding is weergeven in Figuur 9.



Figuur 8 - Trap voor ingang pand Herengracht

Een trap zal het verschil in maaiveld hoogtes overbruggen, de trap is in dezelfde stijl als de trappen voor de gevels van grachtenpanden in de historische binnenstad van Amsterdam. (zie Figuur 8). De huidige leuning langs de brug kan dienen als trapleuning (wordt hergebruikt).

In de huidige situatie is een lantaarnpaal aanwezig die verplaats moet worden wanneer het maaiveld verlaagd word. De Amsterdammertjes kunnen blijven staan (eventueel een stukje verplaatsen richting de rijbaan), deze Amsterdammertjes kunnen dienen als een onderdeel van de scheiding tussen het (nieuwe-) voetpad en de rijbaan (Figuur 10). Het deksteen op het verplaatste/nieuwe gemetseld muurtje moet minsten 20 cm uitsteken boven het maaiveld voor een duidelijke afscheiding tussen de rijbaan en het verlaagde maaiveld.



Figuur 9 - Schippersgracht



Figuur 10 - Eventueel te verplaatsen Amsterdammertjes

4 Modellering

Het model is gebaseerd op een leidraad van kademuren [3], NEN- normen, aanbevelingen en de TAK [5]. Het berekeningsrapport is in Bijlage 2 weergeven, dit rapport beschrijft het model, belastingcombinaties, belastinggevallen en de berekeningsmethodiek nader.

4.1 Korte beschrijving constructie

De modellering is gebaseerd op een stuk kademuur van de Prinsengracht (PRG0701). De gemetselde kademuur is gemodelleerd als een belasting voor een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid (onderbouwing is gegeven in het berekeningsrapport). Het betreffende rak wordt aan de noordzijde wordt zijde- A genoemd en de zuid zijde wordt zijde-B genoemd (zie Figuur 11).

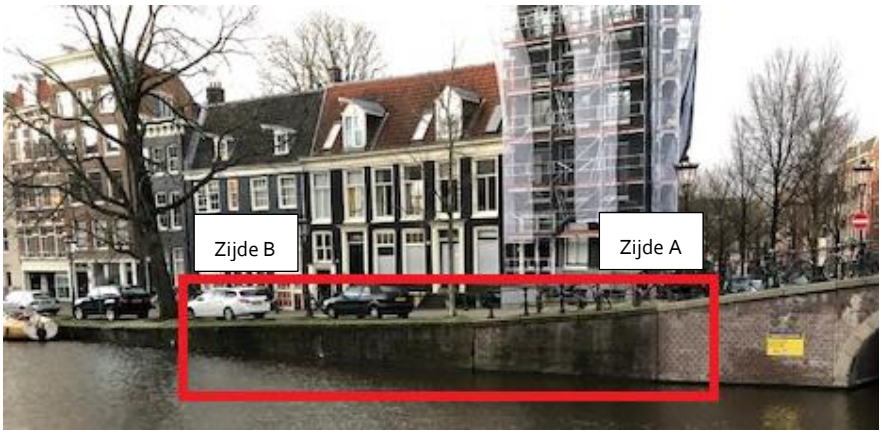
Het model is opgebouwd uit de volgende elementen conform Leidraad [Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren),3]:

- Houten vloer (aanname kwaliteit C24 (EN338) 100mm dik)
    - Deel A: 4 meter breed
    - Deel B: 2,5 meter breed
- Kespen (aanname kwaliteit C24 (EN338) b x h 220x180)
    - Steken 20cm uit aan de waterzijde van de kade en hebben dezelfde lengte als de vloer.
- Houten funderingspalen (aanname kwaliteit C24 (EN338) diameter van 230 mm)
    - Aantal palen hang af van de lengte van de vloer en hebben een h.o.h van 1 meter
    - Paalpunt niveau -13,25m NAP (gefundeerd op de 1^{e} zandlaag, met maximaal twee tochten)
    - Bedding van de funderingspalen zijn gemodelleerd door middel van horizontale en verticale veren (zie Figuur 3, de blauwe stroken langs de funderingspalen).

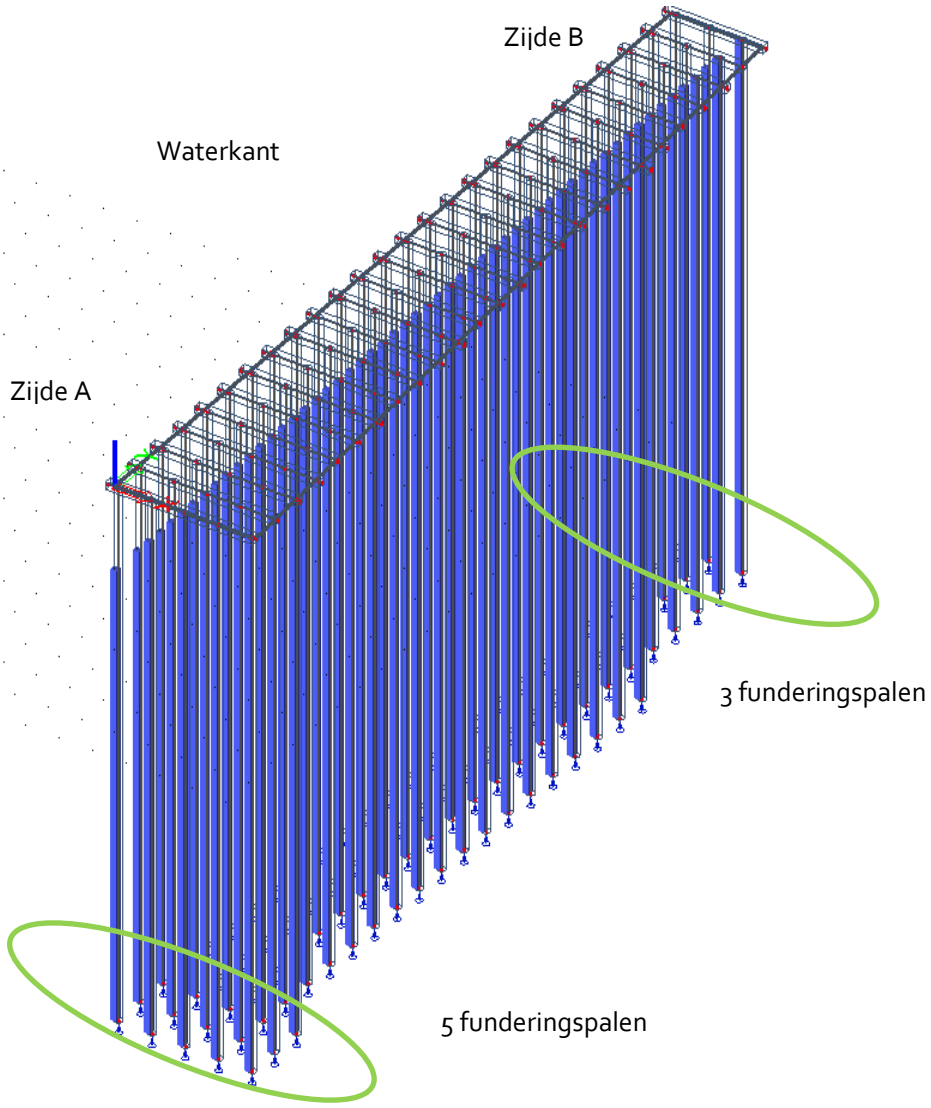
De lengte van het gemodelleerde rak is 25 meter. Een weergave van de gemodelleerde constructie is weergeven in Figuur 12.

4.2 Belastingen (belastinggevallen/-combinaties)

In Bijlage 2 is het berekeningsrapport toegevoegd, hierin staan alle belastinggevallen/-combinaties en de berekeningsmethodiek beschreven.



Figuur 11 - Weergave gemodelleerde stuk rak



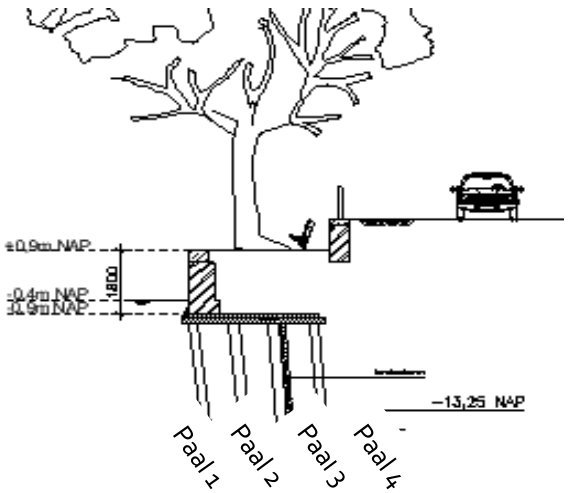
Figuur 12 - SCIA Engineer model PRG0701

4.3 Resultaten modellering

In de onderstaande tabel zijn de belastingen op de funderingspalen te zien (paal 1 is de funderingspaal dichts bij de gracht en paal 4 dichts bij de gevel). In het berekeningsrapport zijn de resultaten per belastinggeval gegeven (Bijlage 2). In het afstudeerrapport (Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging) wordt de betrouwbaarheid van de modellering en de resultaten ter discussie gesteld.

Resultaten Prinsengracht PRG0701 (kN)

	Belasting combinatie 6.10a		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)	Belasting vermindering (%) Zijde A
Initieel			
Paal 1	216,6	107,2	
Paal 2	107,3	70,9	
Paal 3	70,8	86,3	
Paal 4	118,8	-	
+1,1m NAP			
Paal 1	115,9	84,6	46%
Paal 2	73,3	84,3	32%
Paal 3	57,5	84,1	19%
Paal 4	82,5	-	31%
+0,9m NAP			
Paal 1	95,9	80	56%
Paal 2	65,2	58,3	39%
Paal 3	54,6	74,8	23%
Paal 4	87,5	-	26%



Figuur 13 - Nummering paalfundering

5 Monitoring

Tijdens het verlagen moet al het weggehaalde gewicht gewogen worden, met deze data kan er een betere voorspelling voor de levensduur gemaakt worden en kunnen de toekomstige resultaten van de metingen beter geanalyseerd worden. Ook moet er tijdens de maaiveldverlaging gelet worden op de posities van de (graaf-) machines, deze moeten zich bevinden op de rijbaan.

Als het maaiveld verlaagd is zal het rak gemonitord worden, het wordt gemonitord in het x-,y-,z-vlak. Het x-,y-vlak wordt gemonitord met behulp van tachymetrie en het z-vlak wordt gemonitord met behulp van waterspanning. De meetbouten zijn om de 8-10 meter in de kademuur gezet. De kademuur zal met een frequentie van één keer in de maand in het x-,y-,z-vlak gemeten worden, tijdens het verlagen van het maaiveld en minstens in de periode één jaar na de verlaging. Wanneer deformatie zichtbaar is worden de maatregel die gegeven zijn in het Technisch Advies (opgesteld door Team Advies en Veiligheid) aangehouden.

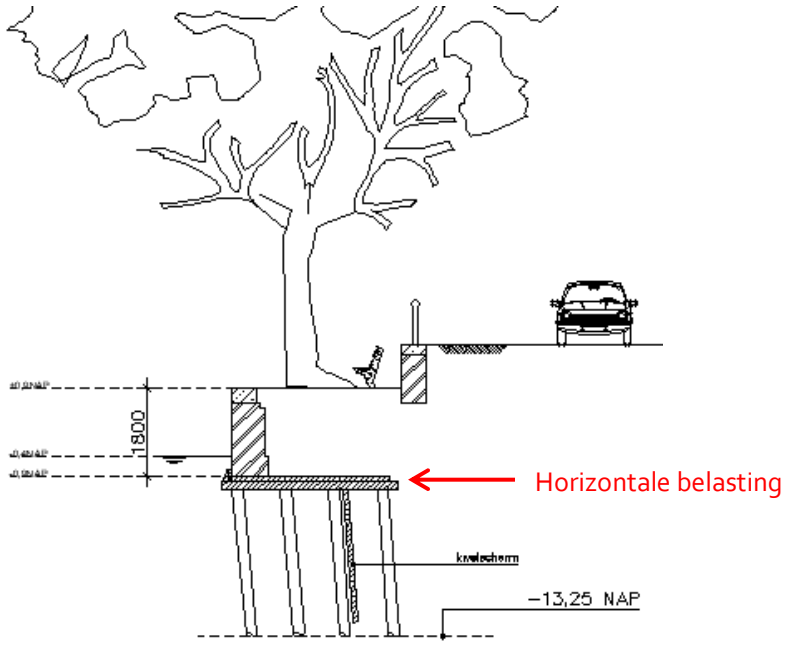
6 Verwachting na maaiveldverlaging

6.1 Bezwijkmechanismen

De bezwijkmechanismen van het betreffende rak zijn weergeven in Hoofdstuk 2.2 Technische staat. Door middel van het maaiveld verlagen wordt de verticale belasting op de funderingspalen verlaagd en worden dus de bezwijkmechanismen 2 en 8 verholpen. Echter is er een geringe reductie van de horizontale belasting op de kademuurconstructie (zie Figuur 14), dus bezwijkmechanismen 9 zal niet verholpen worden. De horizontale belasting op het gemetselde muurtje neemt af, echter neemt het gewicht van het gemetselde muurtje ook af (het gemetselde muurtje wordt, evenals het maaiveld, verlaagd). Bezwijkmechanismen 4 wordt dus ook niet verholpen met de huidige manier van verlaging.

6.2 Levensduur

De verwachting is dat deze beheersmaatregel (het verlagen van het maaiveld) de levensduur niet zal verlengen, sterker nog; de verwachting is dat deze beheersmaatregel de levensduur zal verkorten. De vermoedelijke horizontale bezwijkmechanismen worden niet verholpen en de verwachting is dat de afname van de verticale belasting op de kademuurconstructie, de horizontale bezwijken van de gehele kademuurconstructie zal bevorderen.



Figuur 14 - Aangrijppunt horizontale belasting

7 Conclusies en advies

7.1 Conclusie

Naar aanleiding van de verwachte resultaten na de maaiveldverlaging wordt er een voorlopig negatief advies gegeven voor het verlagen van het maaiveld van de Prinsengracht (PRG0701).

7.2 Advies

Voor een maaiveldverlaging op de Prinsengracht dient er nader onderzoek gedaan te worden naar een constructie met een kerende functie langs de rijweg. Deze kerende constructie zal voor een groot deel de horizontale belastingen moeten afdragen naar de ondergrond (en dus de horizontale belasting op de kadeconstructie reduceren).

Het technisch advies, zie Bijlage 1, stelt de nodige beheersmaatregelen om de veiligheid van de Prinsengracht wederom te waarborgen.

8 Draagvlak

Een verlaging van het maaiveld creëert veel kansen voor de gemeente Amsterdam. Het is een relatief simpele levensduurverlengende oplossing voor kritieke rakken in de binnenstad van Amsterdam. Met het verlagen van het maaiveld kan de functie van het rak kan behouden blijven en vervanging van de kademuurconstructie wordt uitgesteld. Het uitstellen van vervanging is belangrijk voor de bereikbaarheid en leefbaarheid van de binnenstad van Amsterdam.

Door middel van een groenstrook aan te brengen op het verlaagde maaiveld wordt er een stuk rak terug gegeven aan de Amsterdammer. Deze groenstrook zal ingevuld worden met bankjes, er wordt een mogelijkheid gecreëerd om te flaneren langs het water. Kortom een maaiveldverlaging bevorderd de belevenis van de straat en werkt mee aan een groener Amsterdam.

Deze field lab zal zich aansluiten bij verschillende kenniscentra, de kenniscentra zullen beoordelen of de field lab kan bijdragen aan het beantwoorden van eventueel nieuwe onderzoeksvragen. Buiten de verschillende vraagstukken over houten funderingspalen, zullen er ook nieuwe ecologische vraagstukken interessant worden. De toegevoegde groenstrook langs de kademuur neemt een aantal risico's met zich mee, vooral t.b.v. de bomen. Het is bijvoorbeeld ook ingewikkeld om de groenstrook één hoogte te geven (het vermijden van hobbels in de groenstrook is erg ingewikkeld), dit risico levert een nieuw vraagstuk aan de afdeling Natuur incl. Bouwen.

Bronvermelding

1. Rinske van Schooneveld, (13 juli 2019). Notitie indeling areaal kademuren.
2. Nienke Lanting, (juli 2019). Gemeente Amsterdam – Bruggen en kademuren
https://amsterdam.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=97e3bb322b97469e8e81090d28e7a5f
3. Jan Willem Dusseldorp, (16 november 2016). Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)
4. Lester Neijzing (3 december 2018). Kademuur Marnixkade – Constructieve beoordeling kademuur.
5. TAK-team (19 december 2019). Toetsingskader Amsterdamse Kademuur.
6. Waternet (21 januari 2020). Peilbuizen Waternet V1.0.
https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=365ce03b38c54081a2394205c0ee53c0

Gemeente Amsterdam
Field lab
Yonne Jaeger

Versie 1
16 maart 2020

Bijlage(n)

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

Versie 1
16 maart 2020

Bijlage 1 - Technisch Advies PRG0701

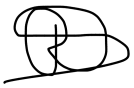
Gemeente Amsterdam

Bezoekadres
Weesperstraat 430
1018 DN Amsterdam

Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon 14 020
amsterdam.nl/ingenieursbureau

PRG0701
Technisch advies kademuur Prinsengracht

Aan	Martijn Meulblok (Assetmanagement VOR/ Voorportaal)
Opgesteld door	Malcolm Badu (Advies & Veiligheid)
Gecontroleerd door	Rudi van Rooijen(Advies & Veiligheid)
Kenmerk	PRG0701-TA-2019-D
Status	Definitief
Datum	11 oktober 2019

Vrijgave:
Rinske van Schooneveld 
Datum: 11-10-2019

Samenvatting

In dit document wordt advies gegeven over de technische staat van de kademuur PRG0701. Het rak is ca. 137 m lang en gelegen aan de Prinsengracht.
Het doel van dit document is tweeledig. Allereerst het analyseren van de resultaten van het duikonderzoek dat is uitgevoerd door Baars-CIPRO. Vervolgens wordt op basis van de resultaten en andere beschikbare onderzoeken een volledig advies gegeven over de technische staat van het rak.
De uitgevoerde onderzoeken hebben aangetoond dat de kademuur in slechte staat verkeert. Met name schadesectie 2 is kritisch door de waargenomen bezwijkmechanismen. Geconcludeerd wordt dat de stabiliteit van schadesectie 2 niet langer is gegarandeerd en de kade dus niet meer veilig functioneert, uitgaande van de huidige reguliere belastingen. Het huidige risicoprofiel A blijft ongewijzigd.

Tot op het moment van vervanging worden de volgende beheersmaatregelen geadviseerd voor het hele rak:

1. Continueer maandelijkse monitoring;

2. Ontlasten van de constructie
   a. Maximale gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5kN/m2 tot en met de gevel, oftewel fietsers-/ voetgangersverkeer en incidenteel nood- en hulpdiensten
   b. Geen as-lasten toestaan achter de kade en de parkeervakken afsluiten.
   c. Boom kappen ter hoogte van huisnummer 340.

Schadesectie 2 is kritisch. Hierbij wordt geadviseerd de bovengenoemde beheersmaatregelen z.s.m. toe te passen.

3. Indien het ontlasten van de constructie onwenselijk is, of uit monitoringsresultaten blijkt dat de kademuur progressief aan het deformeren is, dient een noodconstructie toegepast te worden om de constructieve veiligheid te borgen. Hierbij kan gedacht worden aan:
   - Damwand aangevuld met zand
   - Damwand met stempel

Inhoudsopgave

1. Inleiding 4
2. Uitgangspunten en basisinformatie 5
2.1 Aanleiding 5
2.2 Scope en locatie 6
2.3 Gebruik van de kademuur 7
2.4 Bureaustudie en uitgevoerde onderzoeken 8
2.5 Signalen en bezwijkmechanismen 10
3. Conclusie & advies 11
Bijlage(n) 13

1. Inleiding

Het programma Bruggen en Kademuren is verantwoordelijk voor de grootschalige aanpak van de problematiek rondom bruggen en kademuren. De realiteit is dat van een groot aantal bruggen en kademuren niet bekend is in welke staat ze verkeren en welke belasting ze nog aan kunnen. Er is hiervoor nog te weinig technische informatie beschikbaar. Een van de doelen binnen het programma is het waarborgen van de veiligheid en functionaliteit van de bruggen en kademuren. Prioriteit is hierbij het verkleinen van de risico's op incidenten en het beperken van de gevolgen. Om hierop te kunnen anticiperen wordt vanuit het team Advies veiligheid onder andere onderzoek gedaan naar de technische staat van de kademuren in Amsterdam.

Dit rapport is opgesteld met als het doel om technisch advies uit te brengen over het rak PRG0701. Het advies is tweeledig. Allereerst wordt op basis van de onderzoekgegevens beoordeeld wat de technische staat is van de kademuur. Vervolgens wordt advies uitgebracht of de constructie veilig functioneert uitgaande van het huidige gebruik.
Indien uit het onderzoek blijkt dat de stabiliteit van de kade niet kan worden gegarandeerd wordt in het tweede deel van dit advies voorstellen gedaan voor beheersmaatregelen. Het advies is gericht op het verkleinen van risico's op calamiteiten (door adequate en snelle beheersmaatregelen) en het beperken van gevolgen bij calamiteiten.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In het eerste deel is het technisch advies uiteen gezet. Hierin wordt eerst uitgelegd waarom het technisch advies wordt opgesteld en wat het doel is. Daarna wordt door middel van beschikbare informatie nader ingegaan op het rak. Het waargenomen schadebeeld kan een indicatie zijn van bepaalde bezwijkmechanismen. Het advies wordt afgerond met een conclusie waarin de technische staat van de kademuur omschreven wordt.
Het tweede deel omschrijft welke beheersmaatregelen geadviseerd worden. Op basis van de geïdentificeerde bezwijkmechanismen worden beheersmaatregelen voorgesteld voor het specifieke rak.

2. Uitgangspunten en basisinformatie

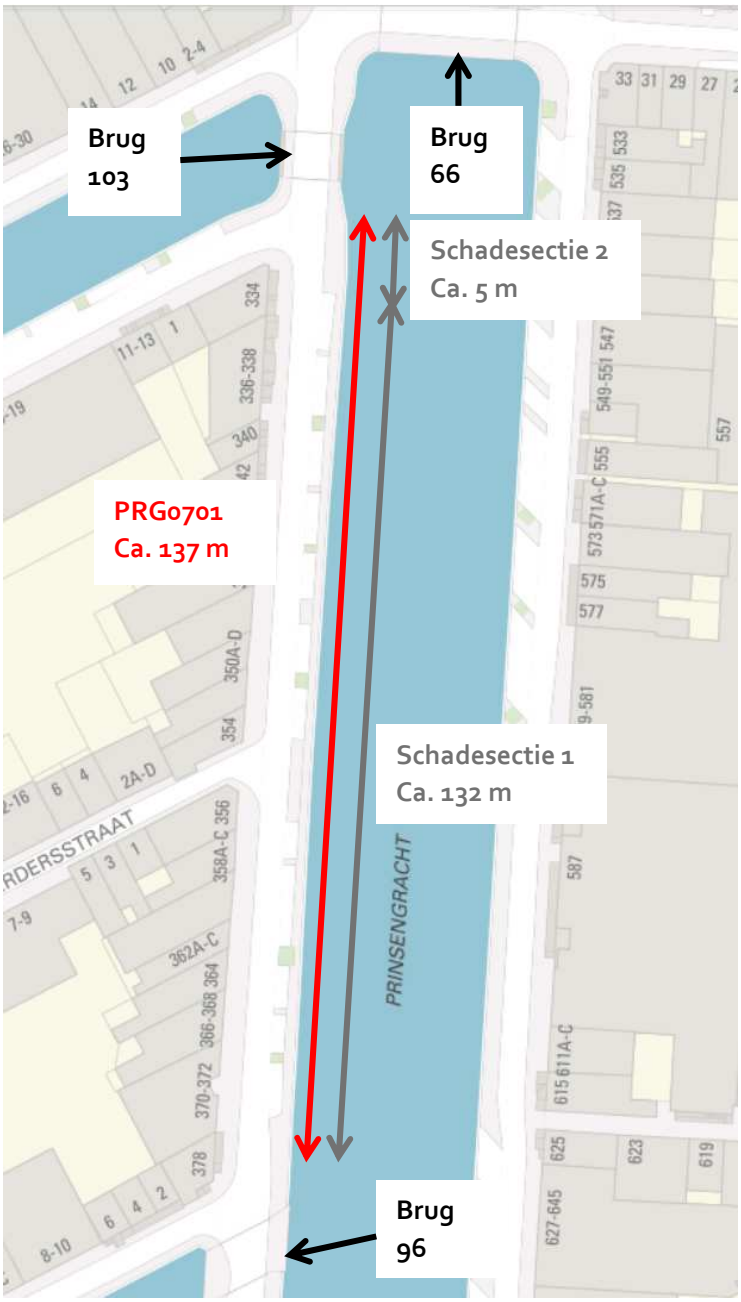
2.1 Aanleiding

Begin 2019 zijn 80 rakken door de assetmanager aangeduid als kritische rakken. Op basis van een visuele inspectie is vastgesteld dat deze rakken spoedig tot een calamiteit kunnen leiden. Om op korte termijn inzicht te krijgen in de toestand onder water zijn duikinspecties uitgevoerd.

Baars-CIPRO is gevraagd ca. 80 kademuren in Amsterdam te inspecteren en te beoordelen. Dit rak is onderdeel van deze scope. Het doel is om allereest de resultaten van het duikonderzoek te analyseren. Vervolgens wordt aan de hand van de resultaten en andere beschikbare informatie, advies gegeven over de technisch staat van de kademuur, uitgaande van de huidige reguliere belastingen

2.2 Scope en locatie

De kademuur van het rak PRG0701 is 137 m lang en gelegen aan de Prinsengracht. De kade ligt ter hoogte van de Prinsengracht 334 t/m 378 en bevindt zich tussen brug 96 en brug 103. In de onderstaande figuur is een overzicht te vinden van het rak. Het rak bestaat uit 1 constructietype. Schadesectie 2 is in vergelijking met schadesectie 1 in slechtere staat.



Figuur 1: Locatie rak PRG0701



Figuur 2: Overzichtsfoto rak PRG0701 (rechts) vanaf brug 66 (bron: Google maps)

Tabel 1: Overzicht rakdelen

Identificatie rak	
Raknummer	PRG0701
Aangelegen water	Prinsengracht
Gelegen tussen de bruggen	Brug 96 en 103
Aangelegen straat	Prinsengracht
Totale lengte rak	Ca. 137 m
Bouwjaar	Onbekend
Constructie type	Gemetselde gewichtsmuur op houten palen
Afstand tot belending	Ca. 10 m

2.3 Gebruik van de kademuur

Regulier gebruik van de kademuur (indeling: parkeren, rijbaan, stoep en gebouwen)

- Geen woonboten aanwezig;
- Parkeervakken aanwezig;
- Bomen aanwezig;

2.4 Bureaustudie en uitgevoerde onderzoeken

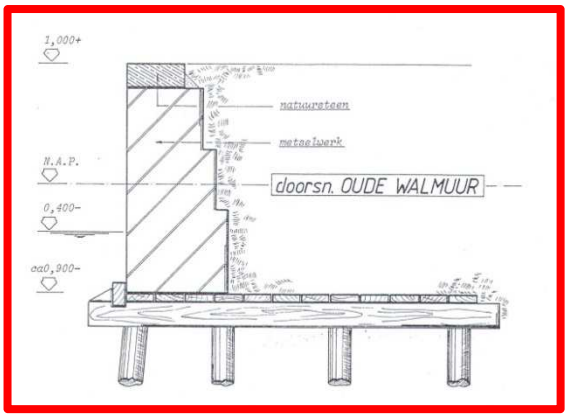
In het onderstaand overzicht zijn de onderzoeken uiteengezet die geraadpleegd zijn bij het opstellen van dit advies:

1. Bureaustudie – inventarisatie informatie
2. AnteaGroup – Instandhoudingsinspectie en conditie meting (toegevoegd in bijlage 1)
3. Baars-Cipro – Rapport duikonderzoek (toegevoegd in bijlage 2)

Onderstaand wordt een samenvatting gegeven van constateringen van de verschillende onderzoeken.

Ad 1. Bureaustudie - Inventarisatie Informatie

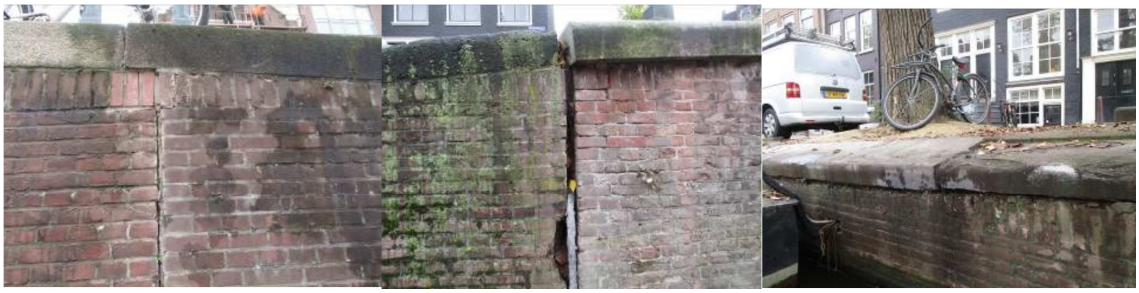
Uit de eerste inventarisatie is niet naar voorgekomen gekomen wat het bouwjaar van de kademuur is en om wat voor type constructie het gaat. Gezien een groot aantal van de kademuren in de binnenstad een gemetselde gewichtsmuur is op houten palen, is het vermoeden dat het hier om dezelfde constructietype gaat. In figuur 3 is een principe doorsnede van deze constructie weergegeven.



Figuur 3: (Vermoedelijke) principe doorsnede constructie rakdeel 1 en 2.

Ad 2. Instandhoudingsinspectie en conditie meting AnteaGroup 2015

In 2017 is door AnteaGroup een inspectie uitgevoerd aan de kade. Hieruit is gebleken dat het rak in matige staat verkeert. De kademuur is op twee locaties gedeformeerd en het metselwerk is aan het afbrokkelen is. Tevens zijn enkele randelementen (dekstenen) beschadigd, gebroken en gedeformeerd door wortelgroei. Het advies van AnteaGroup is om naderonderzoek te doen naar de schadebeelden.



Figuur 4: Gebreken kademuur PRG0701 (v.l.n.r. deformatie kademuur , deformatie en afbrokkelen metselwerk, deformatie randelementen)

Ad 3. Funderingsonderzoek Baars-Cipro 2019

In 2019 is door Baars-CIPRO duikinspectie uitgevoerd aan de kade om te achterhalen wat de situatie is onder de waterlijn. Dit resulteerde in de volgende bevindingen:

- Het rak bestaat uit één constructietype, namelijk een gemetselde muur op een houten paalfundering met kesp, watersloof en opsluitklos. Het rak is opgedeeld in 2 schadesecties. Schadesectie 1 (132 m) verkeert in slechte staat en schadesectie 2 (5 m) in zeer slechte staat. Zie figuur 1 voor een overzicht van de schadesecties.
- Met betrekking tot schadesectie 1 is het volgende bezwijkmechanisme aangetroffen: overschrijden van algemene stabiliteit. 50% van de kespen zijn gespleten, de kademuur helt over ter plaatste van de dilatatievoeg en de paalkoppen zijn verweerd. Het bovenste deel van het metselwerk is ooit vernieuwd. Dit is te zien onder de waterlijn, er is een verspringing waargenomen (het nieuwe metselwerk steekt uit t.o.v. het oude metselwerk. Ter hoogte van huisnummer 340 wordt de deksloof weggedrukt door boomwortels.
- Schadesectie 2 verkeert in slechtere staat. De volgende bezwijkmechanismen zijn aangetroffen: bezwijken vanwege horizontale belasting op fundering, overschrijden algemene stabiliteit, negatieve schoorstand palen, constructief bezwijken van de palen. Er zijn horizontale scheuren waargenomen en de kespen zijn bogen en wordt samengedrukt door het gewicht van de kademuur.

Er wordt geadviseerd de kademuur op termijn te vervangen. Tot die tijd wordt geadviseerd belasting verhogende activiteiten op maaiveld niveau te vermijden en een tijdelijke noodvoorziening ter plaatse van schadesectie 2 te realiseren.

.

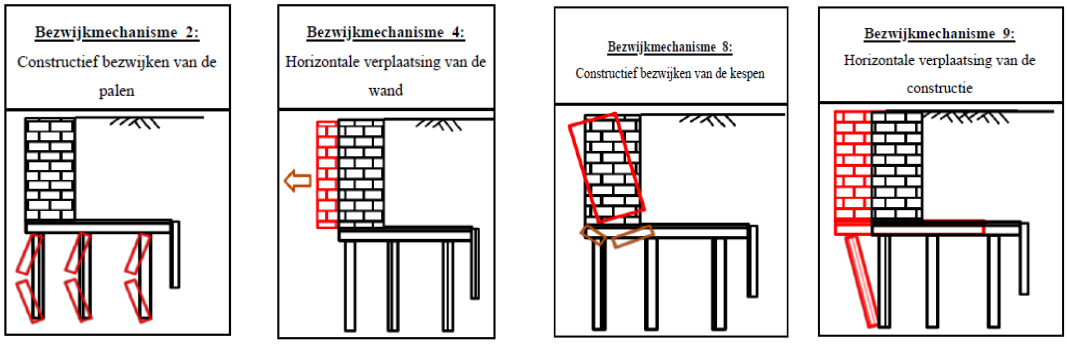
2.5 Signalen en bezwijkmechanismen

In deze paragraaf worden de signalen en bezwijkmechanismen behandeld. De signalen worden geïdentificeerd aan de hand van de onderzoeken die in paragraaf 2.3 zijn omschreven. Vervolgens wordt aan de hand hiervan het mogelijke bezwijkmechanismen benoemd.

Tabel 2: Signalen schadebeelden

Signalen
Boven de waterlijn
Scheuren in het metselwerk
Zetting constructie
Horizontale verplaatsing (gevolg: gebogen constructie in de langsrichting)
Los zittende/ontbrekende stenen
Onder de waterlijn
Scheefstand palen
Kespen gespleten
Pen gat verbinding niet sluitend
Aangetaste funderingspalen

Het schadebeeld doet vermoeden dat er sprake kan zijn van de volgende bezwijkmechanismen (zie figuur 5).



Figuur 5: Vermoedelijke bezwijkmechanismen.

Gemeente Amsterdam

3. Conclusie & advies

Dit hoofdstuk bevat de conclusies en adviezen vanuit het team Advies veiligheid. De conclusies zijn gericht op het beantwoorden van de vraag die in hoofdstuk 1 beschreven staat. Eerst worden de onderzoeksresultaten van uit het team Advies veiligheid geïnterpreteerd. Vervolgens wordt advies gegeven over de technische staat van de kademuur en eventuele vervolgstappen.

De uitgevoerde onderzoeken hebben aangetoond dat de kademuur in slechte staat verkeert. Met name schade sectie 2 is kritisch door de waargenomen bezwijkmechanismen. Geconcludeerd wordt dat de stabiliteit van schadesectie 2 niet langer is gegarandeerd en de kade dus niet meer veilig functioneert, uitgaande van de huidige reguliere belastingen.

Vernieuwen

- Uit het oogpunt van efficiëntie wordt geadviseerd het rak zo spoedig mogelijk vervangen. Het huidige risicoprofiel A blijft ongewijzigd. Zolang de vervanging niet wordt gerealiseerd dienen beheersmaatregelen worden toegepast om de kade veilig te laten functioneren.

Onderzoek

- Geen nader onderzoek nodig.

Om de veiligheid te waarborgen wordt het volgende geadviseerd voor het gehele rak:

Bewaken

Het hele rak maandelijks monitoren. Momenteel wordt de kade maandelijks gemonitord. De meetresultaten zijn echter nog niet beschikbaar.

Beperken

De volgende beheersmaatregelen dienen toegepast te worden om de kade veilig te laten functioneren, zolang de vervanging nog niet wordt gerealiseerd:

- Maximale gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5 kN/m2 tot en met de gevel, oftewel fietsers-/ voetgangersverkeer en incidenteel nood- en hulpdiensten
- Geen as-lasten toestaan achter de kade en de parkeervakken afsluiten.
- Boom kappen ter hoogte van huisnummer 340.

Schadesectie 2 is kritisch. Hierbij wordt geadviseerd de bovengenoemde beheersmaatregelen z.s.m. toe te passen. Let op; indien verkeer geweerd wordt, is brug 103 niet meer bereikbaar/bruikbaar aangezien schadesectie 2 direct naast de brug ligt. Als verkeer toch toegelaten moet worden, dan is bij de kade een noodconstructie noodzakelijk.

Versterken

Indien het ontlasten van de constructie onwenselijk is, of uit monitoringsresultaten blijkt dat de kademuur progressief aan het deformeren is, dient een noodconstructie toegepast te worden om

de constructieve veiligheid te borgen. De noodconstructie kan een damwandscherm zijn aangevuld met zand.

Bijlage(n)

Bijlage 1 – AnteaGroup – Instandhoudingsinspectie en conditie meting
Bijlage 2 – Baars-Cipro – Rapport duikonderzoek
Bijlage 3 – KLIC – melding

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

Versie 1
16 maart 2020

Bijlage 2 - Berekeningsrapport

Gemeente Amsterdam

Definitief
Versie 1
14 maart 2020

Kademuur PRG0701 – Maaiveldverlaging

Berekeningsrapport

Auteur(s)
Yonne Jaeger

Opdrachtgever
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Contactpersoon
Matthijs Griffioen
Matthijs.griffioen@amsterdam.nl

Inhoud

1 Inleiding **3**
1.1 Projectomschrijving 3

2 Basisinformatie en uitgangspunten **4**
2.1 Algemene basisinformatie 4
2.2 Ontwerpuitgangspunten 4
2.3 Normen en richtlijnen 5
2.4 Computerprogrammatuur 6
2.5 Materialen 6
2.6 Bodemopbouw en waterstand 6

3 Beschrijving constructie en modellering **8**
3.1 Algemeen 8
3.2 Indeling maaiveld 8
3.3 Gemetseld muurtje 8
3.4 Gemodelleerde constructie 9

4 Belastinggevallen en –combinaties **11**
4.1 Belasting factoren conform eurocode 11
4.2 Belastinggevallen 11
4.3 Belastingcombinaties 18

5 Berekeningsmethodiek **19**
5.1 Belastingcombinatie Initieel 20
5.2 Belastingcombinatie +1,1m NAP 23
5.3 Belastingcombinatie +0,9m NAP 26

6 Resultaten **29**
6.1 Resultaten per belastingcombinatie 29
6.2 Resultaten per belastinggeval 31

1 Inleiding

In dit rapport zijn de berekeningen van voor het SCIA-model van de Prinsengracht (PRG0701) weergeven. Dit berekeningsrapport is een Bijlage van het adviesrapport over de verlaging van het maaiveld van de Prinsengracht (PRG0701), opgesteld door Yonne Jaeger.

1.1 Projectomschrijving

De verlaging van het maaiveld op de Prinsengracht (PRG0701) zal plaatsvinden op 25 meter langs de kademuur en begint vanaf het brugdek (brug 103) zie Figuur 3. Op het verlaagde stuk maaiveld komt een groenstrook en één van de langsparkeervakken kan zijn functie behouden (afhankelijk van het precieze aantal verlaagde centimeters). Deze groenstrook heeft recreatieve doeleinde (flaneren langs de gracht bijvoorbeeld) en zal een aangename invloed hebben op de belevenis van de desbetreffende straat. Het afgezaagde stuk kademuur zal verplaatst worden naar achter de kademuur constructie (3,5 meter richting de gevel) en zal dienen als kerende functie voor de rijbaan. In het adviesrapport is de opdracht nader beschreven.

2 Basisinformatie en uitgangspunten

2.1 Algemene basisinformatie

De volgende informatie is geraadpleegd voor het verkrijgen van representatieve resultaten

1) Technisch Advies PRG0701
2) Toetsingskader Amsterdamse kademuren (TAK)
3) Leidraad beoordeling constructieve veiligheid
4) NEN8700 serie – beoordelen bestaande bouwconstructies
5) CUR186 – Binnenstedelijke kademuren

2.2 Ontwerpuitgangspunten

2.2.1 Bouwjaar

Het bouwjaar van de kadeconstructie is onbekend.

2.2.2 Technische staat

De technische staat van het rak is beschreven in het Technisch Advies, opgesteld door het team Advies en Veiligheid. Dit rapport in bijgevoegd als Bijlage 1 van het adviesrapport.

2.2.3 Gevolgklassen

Gevolgklasse	Omschrijving
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of zeer grote economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

Tabel 1 - Definitie gevolgklassen

Voor kademuren wordt er uitgegaan van gevolgklasse CC2

2.2.4 Fundamentele belastingcombinaties

of, in plaats hiervan voor STR en GEO grenstoestanden, de minst gunstige van de twee volgende formules:

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

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

waarin:

"+" betekent "te combineren met"
Σ betekent "de gecombineerde uitkomst van"
ξ is een reductiefactor voor ongunstige, blijvende belastingen G.

2.3 Normen en richtlijnen

Tabel 2 - normen en richtlijnen

Norm/richtlijn	Titel	Jaar	Revisie
NEN-EN1990 (+NB)	Eurocode 0: Grondslagen van constructief ontwerp.	2011	A1+A2/C2
NEN-EN1991-1-1 (+NB)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Algemene belastingen	2011	C1
NEN-EN1995-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekeningen van houtconstructies	2011	C1/A1
NEN8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Grondslagen	2011	-
NEN8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Belastingen	2011	-
NEN8707	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Geotechnische constructies	2018	-
CUR186	Binnenstedelijke kademuren	2013	1e druk
Leidraad	Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)	2016	1.0
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren	2019	1.0

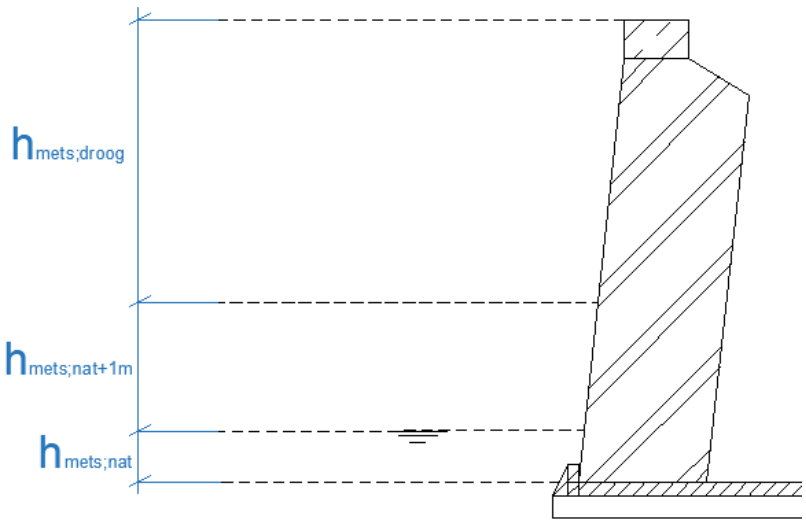
2.4 Computerprogrammatuur

Tabel 3 - computerprogramma's

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekeningen	2019

2.5 Materialen

Materiaal (toepassing)	Soortelijk gewicht [kN/m^3] (Y_x)
Hout vloerdelen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Hout kespen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Hout funderingspalen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Natuursteen	24
Klinkers (betonstraatsteen)	23
Metselwerk (vanuit Leidraad, beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)) (zie Figuur 1) Onder waterlijn Tot 1 m boven waterlijn Vanaf 1 m boven waterlijn	 23*0,9 (veiligheidsfactor 0,9) 23 20
Water	9,81
Grond Nat Droog	 20 18



Figuur 1 - Hoogtes eigengewicht metselwerk

2.6 Bodemopbouw en waterstand

Waterlijn en grondwaterstand staan op -0,4NAP (Amsterdam is aangesloten op groot waternetwerk, waterstanden worden gereguleerd).

2.6.1 Bedding funderingspalen

Tabel 4[1] - Horizontale bedding funderingspalen (vanuit Leidraad, Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren))

Grondlaag	Boven-/onderzijde laag [m NAP]	Dikte laag [m]	$k_{h;rep}$ [kN/m^3]	$k_{h;d}$ [kN/m^3]
Klei en veen	0,0\-4,0	4,0	2000	1480
Wad afzettingen	-4,0\-9,0	5,0	4000	2960
Zandhoudende klei	-9,0\-11,0	2,0	6000	4440
Klei en veel	-11,0\-12,5	1,6	1600	1190
1^e Zandlaag	-12,5\verder	-	36000	26670

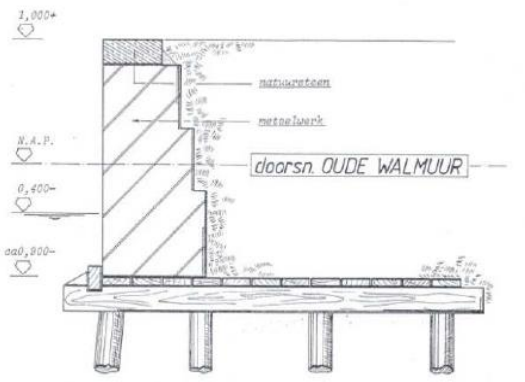
Voor de verticale bedding wordt de waarde 30 MN/m^2 aangehouden conform de TAK, opgesteld door Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam.

[1] Opgesteld volgens het Amsterdams profiel

3 Beschrijving constructie en modellering

3.1 Algemeen

De vermoedelijke principe doorsnede van de Prinsengracht (PRG0701) is weergeven in Figuur 2. Er zijn geen archieftekeningen van het betreffende rak aanwezig. Het gemetselde muurtje begint op -0,9NAP, echter kan de dikte van het muurtje variëren (zie Hoofdstuk 3.4 Gemodelleerde constructie).

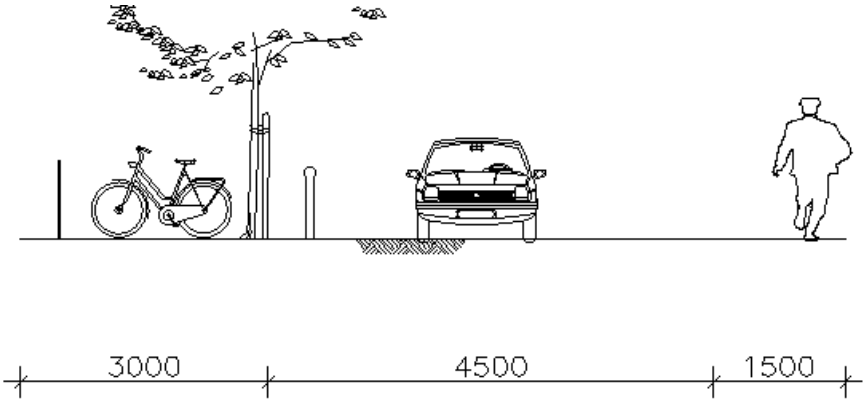


Figuur 2 - (Vermoedelijke) principe doorsnede

3.2 Indeling maaiveld

Combinatie		Verlaging (cm)	Maaiveld hoogte (m) t.o.v. NAP
Initieel:	Zijde A	-	+1,8
	Zijde B	-	+0,5
Verlaging 1:	Zijde A	70	+1,1
	Zijde B	-	+0,5
Verlaging 2:	Zijde A	90	+0,9
	Zijde B	-	+0,5

Achter de kademuurconstructie is een rijbaan aanwezig, de voertuigen komen in een bocht aan op het betreffende rak (aan de noordzijde; Zijde A). Er zijn langsparkeervakken aanwezig aan de zuidzijde van het gemodelleerde stuk rak (Zijde B). Op het rak zijn twee bomen aanwezig, echter vallen deze buiten de modellering (worden gekapt of zit buiten het gemodelleerde stuk rak). In Figuur 3 is de indeling van de straat weergeven.



Figuur 3 - Indeling straat PRG0701

3.3 Gemetseld muurtje

In werkelijkheid zit het gemetselde muurtje niet vast aan de constructievloer en schuift hij van de vloer af. Wanneer het bezwijkmechanismen aangeeft dat het muurtje kantelt, komt hij los van de vloer (zie Figuur 4). Het muurtje als een permanente belasting gemodelleerd (om gunstige trekkrachten, ten gevolge van het moment in het muurtje). Om de praktijk zo goed mogelijk te benaderen is het moment in het gemetselde muurtje berekend en ontbonden in een verticale lijnlast op de voorste palenrij (zie hiervoor Hoofdstuk 5, Berekeningsmethodiek).



Figuur 4 - Kantelen gemetseld muurtje

3.4 Gemodelleerde constructie

De modellering is gebaseerd op een stuk kademuur van de Prinsengracht (PRG0701). De gemetselde kademuur is gemodelleerd als een belasting voor een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid (onderbouwing is gegeven in het berekeningsrapport). Het betreffende rak wordt aan de noordzijde wordt zijde A genoemd en de zuid zijde wordt zijde B genoemd (zie Figuur 5). De lengte van het model is 25 meter. Het model is opgebouwd uit de volgende elementen conform Leidraad [Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren),3]:

Houten vloer (aanname kwaliteit C24 (EN338) 100mm dik)
- Zijde A: 4 meter breed
- Zijde B: 2,5 meter breed

Kespen (aanname kwaliteit C24 (EN338) b x h 220x180)
- Steken 20cm uit aan de waterzijde

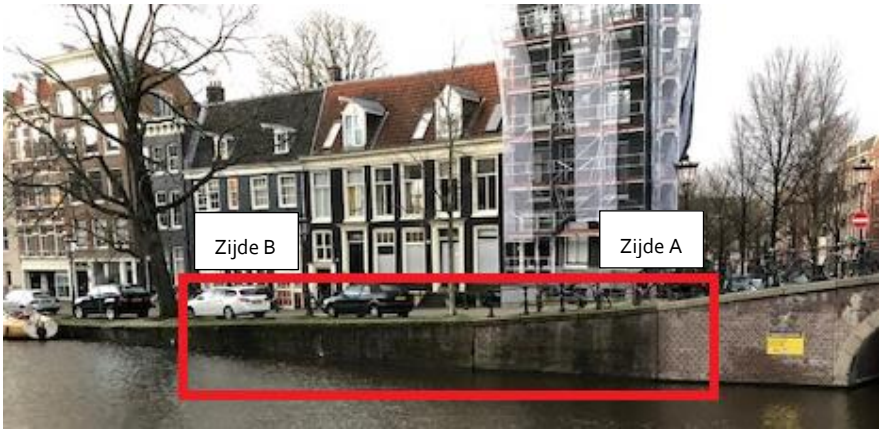
Houten funderingspalen (aanname kwaliteit C24 (EN338) diameter van 230 mm)
- Aantal palen hang af van de lengte van de vloer en hebben een h.o.h van 1 meter
- Paalpunt niveau -13,25m NAP[2]
- Bedding van de funderingspalen zijn gemodelleerd door middel van horizontale en verticale veren (zie Figuur 6, de blauwe stroken langs de funderingspalen).

Tabel hieronder geeft de aannames van de dimensies van de kademuurconstructie weer (tabel is opgesteld door Gemeente Amsterdam).

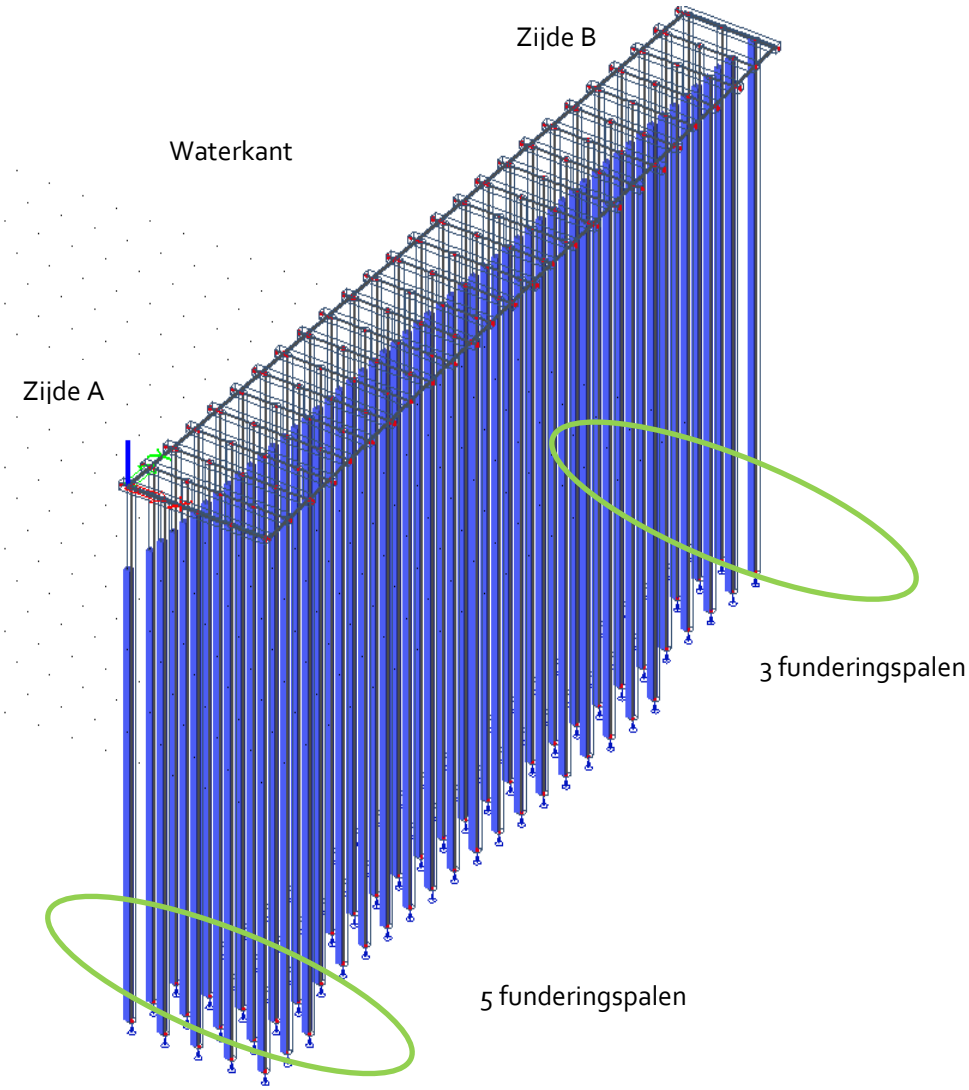
Walmuur (metselwerk)				Fundering (houtwerk)				
Bovenkant	Onderkant	Hoogte	Dikte wand	Lengte vloer	Aantal palen	h.o.h. palen	h.o.h. draagbalk	diameter palen
[m...NAP]	[m...NAP]	[m]	[m]	[m]	[stuks]	[m]	[m]	[mm]
+ 0,40	-0,90	1,30	0,55	2,50	3,00	1,00	1,00	230
+ 0,70	-0,90	1,60	0,66	2,75	3,00	1,00	1,00	230
+ 1,00	-0,90	1,90	0,77	3,25	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,30	-0,90	2,20	0,88	3,50	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,70	-0,90	2,60	0,99	4,00	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,00	-0,90	2,90	1,10	4,30	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,30	-0,90	3,20	1,21	4,75	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,60	-0,90	3,50	1,45	4,75	5,00	1,00	1,00	230

(Maatafwijkingen onder voorbehoudt).

[2]De aanname is dat de houten palen gefundeerd op de 1e zandlaag met maximaal twee tochten



Figuur 5 - Weergave gemodelleerde stuk rak



Figuur 6 - SCIA Engineer model PRG0701

4 Belastinggevallen en –combinaties

4.1 Belasting factoren

Tabel 5 - Belastingfactoren ten behoeve van verbouwniveau[3] CC2

Vergelijking CC2	Permanente belasting	Veranderlijke belasting
6.10a	1,25	1,2
6.10b	1,2	1,1
SLS	1,0	1,0

4.2 Belastinggevallen

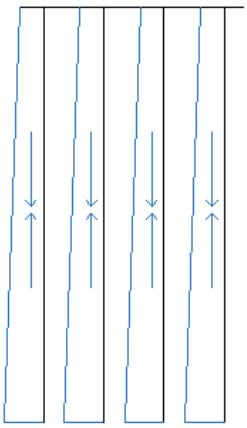
De belastinggevallen zijn genummerd zoals er genummerd is in SCIA-Engineer. De berekeningen voor de belastingen zijn weergeven in Hoofdstuk 5 Berekeningsmethodiek.

4.2.1 Permanente belastingen

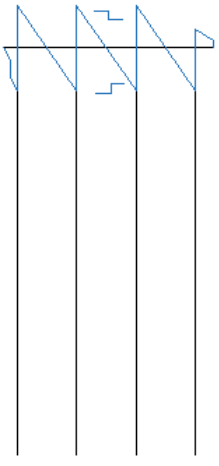
Belastinggeval 1: Eigengewicht

Zie Hoofdstuk 2.5 Materialen en Hoofdstuk 3.4 gemodelleerde constructie.

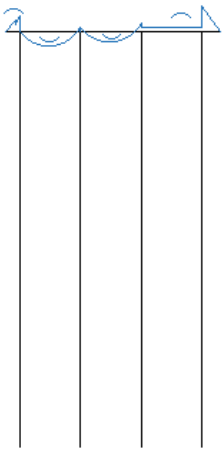
Normaallijn



Dwarskrachtlijn



Momentlijn

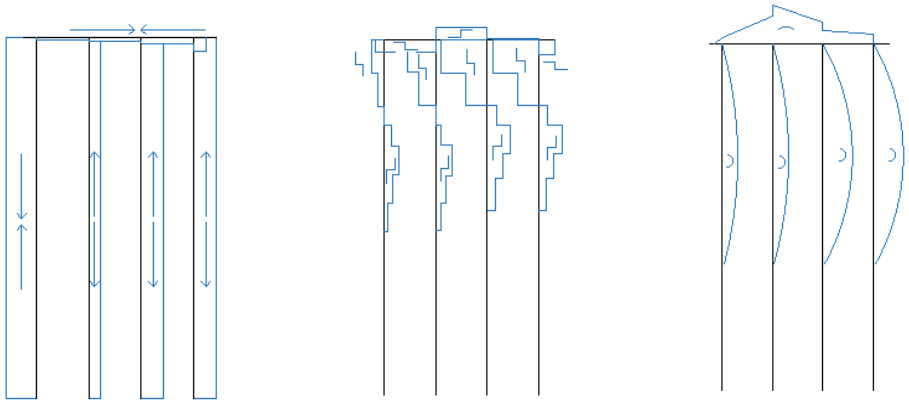


[3] Het doel van de maaiveldverlaging is de functie van de kade behouden en acute bezwijkmechanismen te voorkomen, daarom is er gekozen voor verbouwniveau.

Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen		
Verticaal	-7,2	-7,2
Bestrating		
Verticaal	-2,3	-2,3
Horizontaal	-1,15	-1,15
Waterdruk		
Verticaal	4,91	4,91

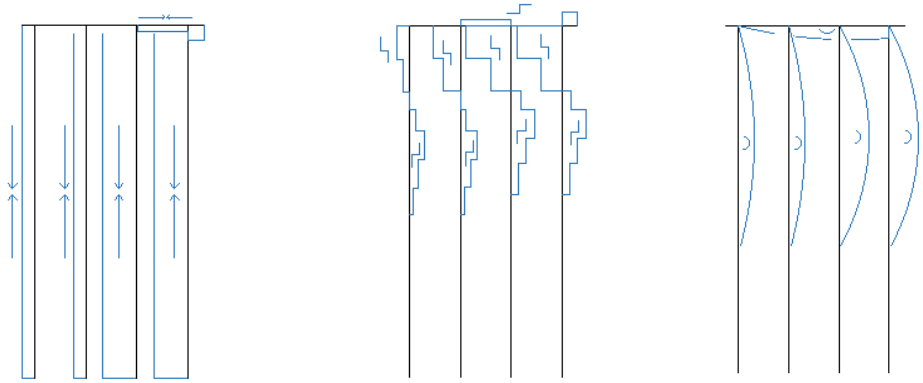
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 3: Gronddruk

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	39,6	16,2
Horizontaal	< 19,8	< 8,1
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

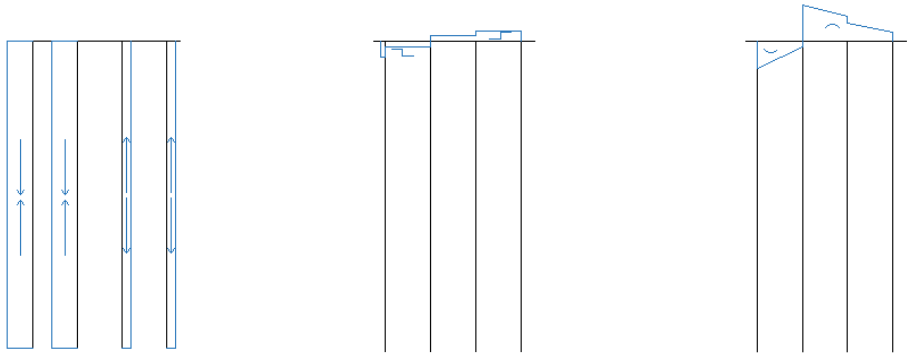
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gemetseld muurtje (-0,9m NAP tot -0,4m NAP)	10,35	10,35
Gemetseld muurtje (-0,4m NAP tot +0,6m NAP)	23	13,8
Gemetseld muurtje (+0,6m NAP tot bovenkant)	18	-

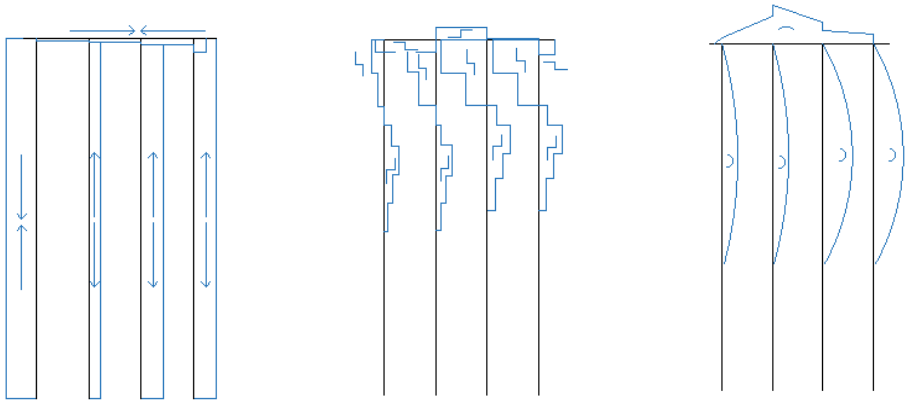
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 6: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk (+1,1m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen Verticaal	 -7,2	 -7,2
Bestrating Verticaal Horizontaal	 -2,3 -1,15	 -2,3 -1,15
Opwaartse waterdruk Verticaal	 4,91	 4,91

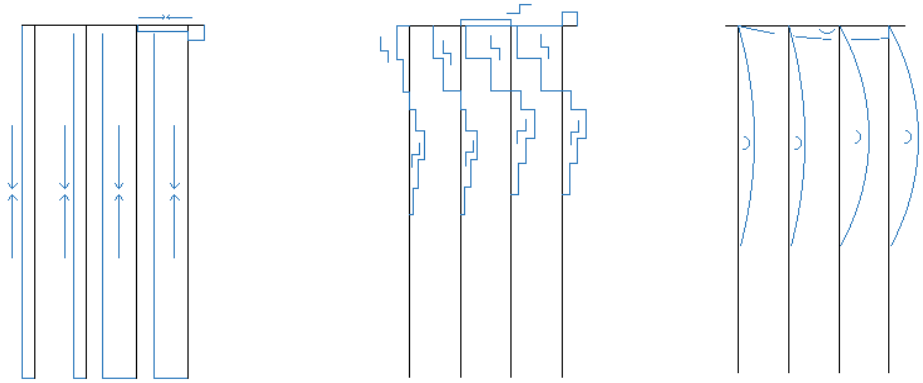
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 7: Gronddruk (+1,1m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	27	16,2
Horizontaal	< 13,5	< 8,1
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

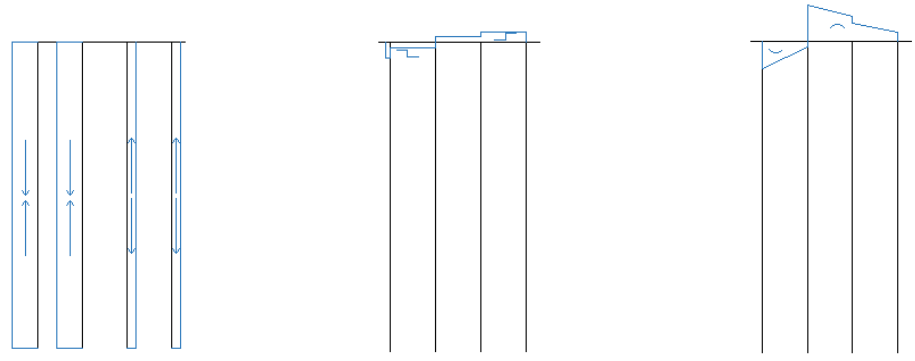
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 9: Gemetseld muurtje (+1,1m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gemetseld muurtje (-0,9m NAP tot -0,4m NAP)	10,35	10,35
Gemetseld muurtje (-0,4m NAP tot +0,6m NAP)	23	13,8
Gemetseld muurtje (+0,6m NAP tot bovenkant)	3,6	-

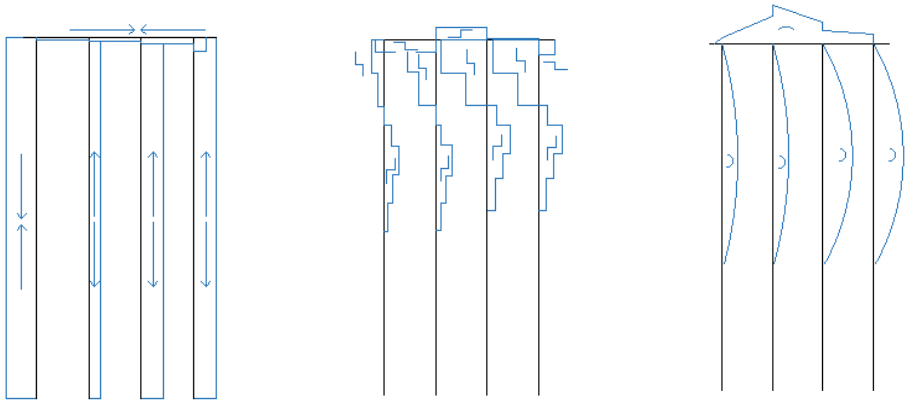
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 10: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk (+0,9m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen		
Verticaal	-7,2	-7,2
Bestrating		
Verticaal	-2,3	-2,3
Horizontaal	-1,15	-1,15
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	4,91	4,91

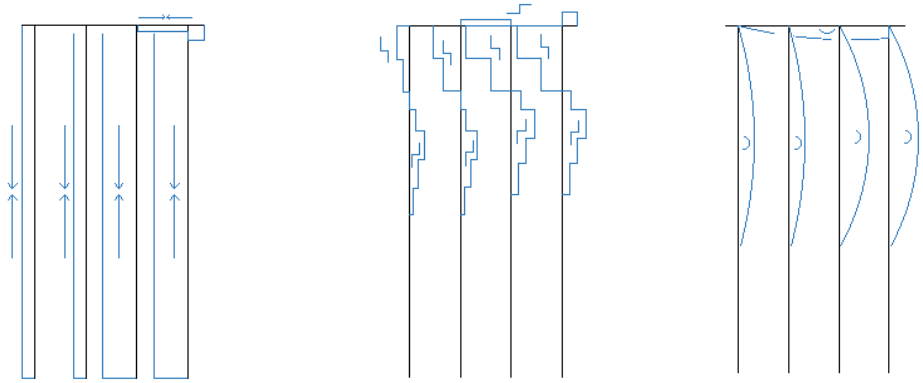
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 11: Gronddruk (+0,9m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	23,4	16,2
Horizontaal	< 11,7	< 8,1
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

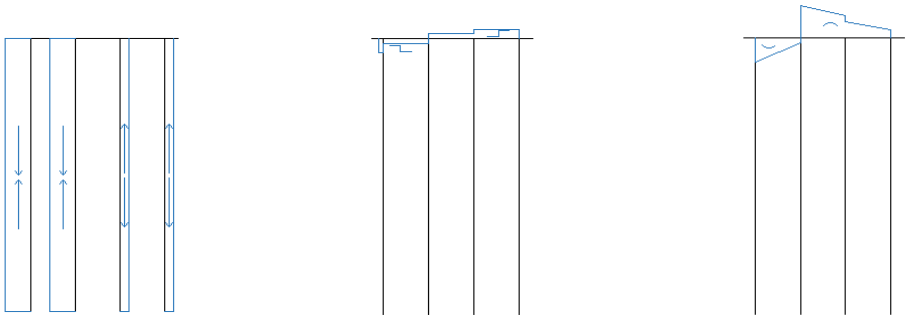
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 13: Gemetseld muurtje (+0,9m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gemetseld muurtje (-0,9m NAP tot -0,4m NAP)	10,35	10,35
Gemetseld muurtje (-0,4m NAP tot +0,6m NAP)	23	13,8
Gemetseld muurtje (+0,6m NAP tot bovenkant)	-	-

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*

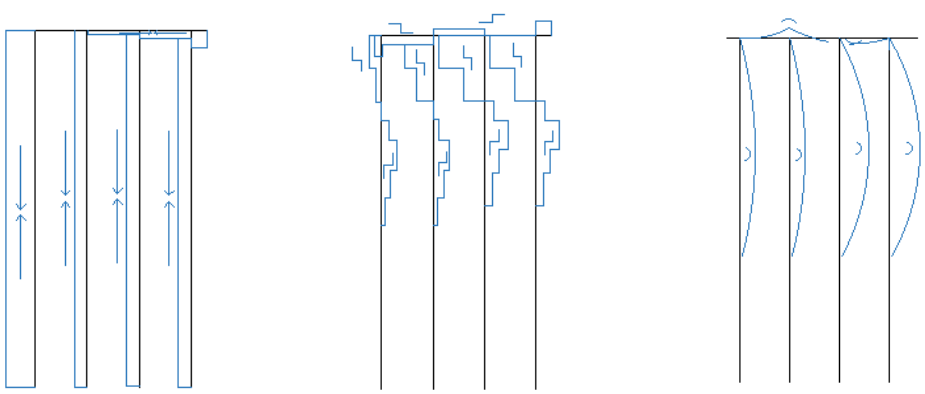


4.2.2 Veranderlijke belasting

Belastinggeval 4: Mobiele belasting

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	16,7	16,7
Horizontaal	8,3	8,3
Parkeervakken		
Verticaal	5	5
Horizontaal	2,5	2,5
Extra stootbelasting		
Horizontaal	10	10

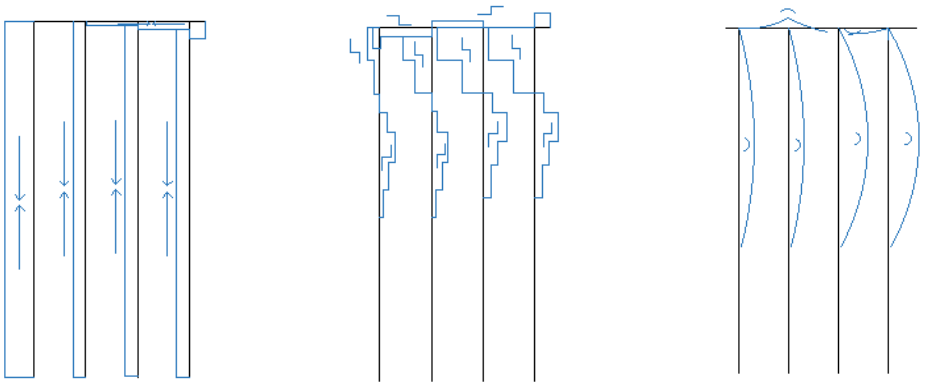
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 8: Mobiele belasting (+1,1m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	16,7	16,7
Horizontaal	8,3	8,3
Parkeervakken		
Verticaal	-	5
Horizontaal	-	2,5
Extra stootbelasting		
Horizontaal	10	10

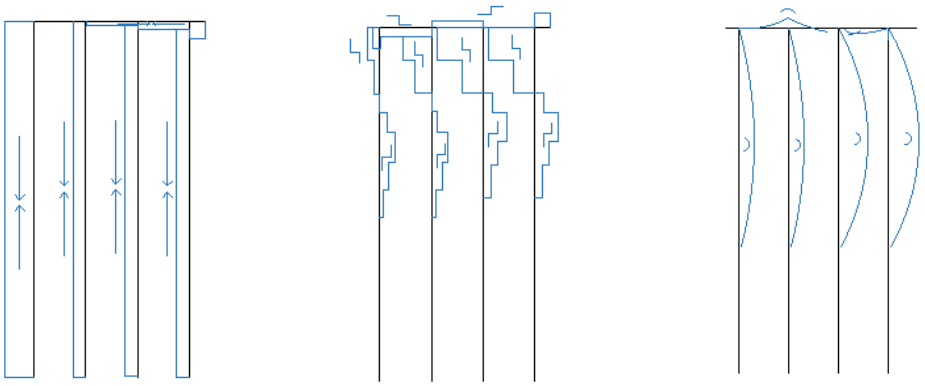
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 12: Mobiele belasting (+0,9m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	16,7	16,7
Horizontaal	8,3	8,3
Parkeervakken		
Verticaal	-	-
Horizontaal	-	-
Extra stootbelasting		
Horizontaal	10	10

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



4.3 Belastingcombinaties

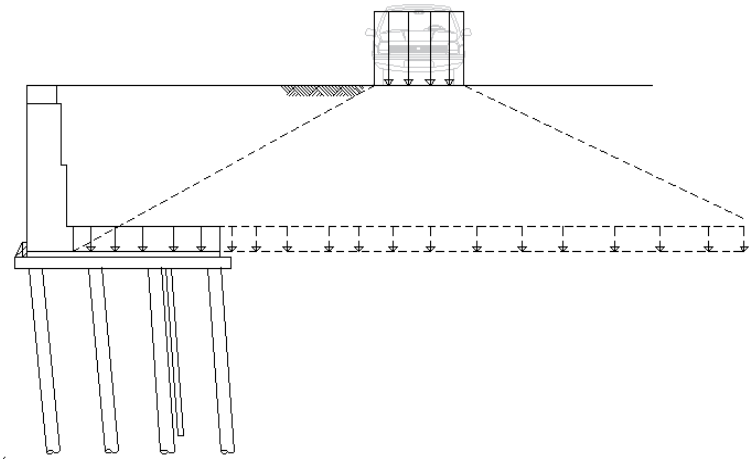
Combinatie 6.10a	Belastinggevallen
Initieel	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk Belastinggeval 3: Gronddruk Belastinggeval 4: Mobiele belasting Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje
+2,0NAP	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 6: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +2,0NAP Belastinggeval 7: Gronddruk +2,0NAP Belastinggeval 8: Mobiele belasting +2,0NAP Belastinggeval 9: Gemetseld muurtje +2,0NAP
+1,8m NAP	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 10: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +1,8m NAP Belastinggeval 11: Gronddruk +1,8m NAP Belastinggeval 12: Mobiele belasting +1,8m NAP Belastinggeval 13: Gemetseld muurtje +1,8m NAP

5 Berekeningsmethodiek

Gronddruk coëfficiënt[4] (passieve gronddruk):	$\lambda_n = 0,5$
As-last (conform CUR186):	$F_{1;wiel;k} = 150kN$
Afstand tussen wielen:	$A_{auto} = 2x2m^2$
Veiligheidsfactor (CC2, conform NEN8700):	$Y_Q = 1,25$
Correctiefactor (20 000 vrachtwagens per jaar per rijstrook, CUR186)	$\alpha_q = 0,8$

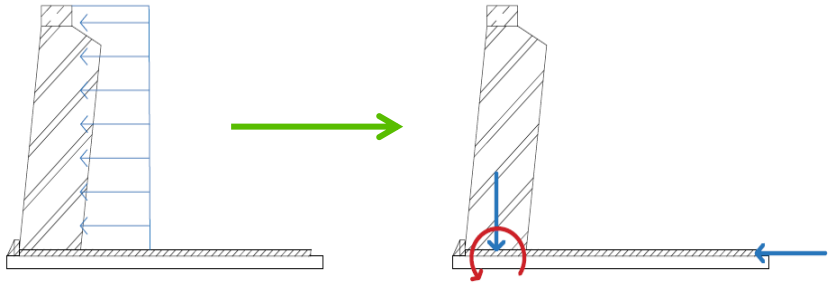
De horizontale belasting zijn ontbonden in een horizontale en verticale last op de voorste palen rij (zie Hoofdstuk 3.3 Gemetseld muurtje).

In Figuur 7 is de werking van de verticale verkeersbelasting op de kadeconstructie weergeven.



Figuur 7 - Spreiding verticale verkeersbelasting

In Figuur 8 is de krachten ontbinding[5] van de horizontale belastingen op het gemetselde muurtje weergeven.



Figuur 8 - Ontbinding van horizontale krachten op gemetselde muur

[4] Tijdens dit onderzoek wordt er vooral gekeken naar de sterkte van de funderingspalen en niet de stabiliteit. In het hoofdstuk 'Discussie modellering en resultaten' in het adviesrapport is er voornamelijk gekeken naar de interne krachten.

[5] Het moment staat in het rood aangegeven in Figuur 8. Dit moment is ontbonden in een verticale kracht op de eerste palen rij (zie Hoofdstuk 3.3 Gemetseld muurtje).

5.1 Belastingcombinatie Initieel

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie Initieel:

Zijde A (+1,8m NAP)	$h_{muurtje}$ = 270cm
	$d_{muurtje}$ = 77cm
Zijde B (+0,5m NAP)	$h_{muurtje}$ = 140cm
	$d_{muurtje}$ = 55cm

Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk

Dimensies (belastinggeval 2)	d_{bestr} = 10cm
	$d_{deksteen}$ = 30cm
	$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$

Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m^2
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -3,1kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -5,4kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m^2
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -1,6kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,0kN/m
Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m^2
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m^2

Belastinggeval 3: Gronddruk

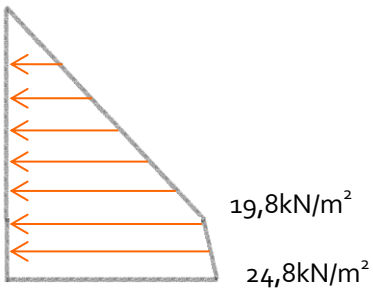
Dimensies (belastinggeval 3)	$h_{gr;nat}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$
Zijde A	$h_{gr;droog}$ = 220cm
Zijde B	$h_{gr;droog}$ = 90cm

Zijde A:

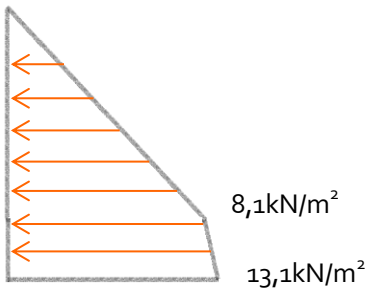
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -49,6kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -39,6kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 9)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -19,8kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;tot} = -32,9kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * Q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -21,8kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -11,2kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -38,5kN/m$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -26,2kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -16,2kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 10)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -8,1kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr} = -8,9kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -3,6kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -5,4kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -7,6kN/m$



Figuur 9 - Horizontale gronddruk zijde A



Figuur 10 - Horizontale gronddruk zijde B

Belastinggeval 4: Mobiele Belasting

Dimensies (belastinggeval 4)	$b_{straat} = 900cm$	
	$l_{arm} = 0,5 * h_{muurtje}$	

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4 * F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert} * \lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor} * h_{muurtje}$	$q_{hor} = -22,4kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -39,3kN/m$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -11,6kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -14,8kN/m$

Parkeermassa
Zijde A:

Verticaal	Conform Eurocode	$Q_{park;vert} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{park;hor} = Q_{park;vert}*\lambda_n$	$Q_{park;hor} = -2,5kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{park;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -6,8kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*L_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -11,8kN/m$

Zijde B:

Verticaal	Conform Eurocode	$Q_{park;vert} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{park;hor} = Q_{park;vert}*\lambda_n$	$Q_{park;hor} = -2,5kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{park;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -3,5kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*L_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -4,5kN/m$

Stootbelasting
Zijde A:

Horizontaal	$Q_{stoot} = Y_Q*\alpha_q*Q_{mob;vert}*0,6$	$Q_{stoot} = 10,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{stoot}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -27,0kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -47,3kN/m$

Zijde B:
Niet aanwezig aan de zuidzijde van het rak

Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje
Dimensies (belastinggeval 5)

Zijde A	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 100cm$
	$h_{mets;droog} = 120\ cm$
Zijde B	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 90cm$

Metselwerk
Zijde A:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -51,4kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -23,0kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	$Q_{droog} = -18,0kN/m^2$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -24,2kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -13,8kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	$Q_{droog} = 0,0kN/m^2$

5.2 Belastingcombinatie +1,1m NAP

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie +1,1m NAP:

Zijde A (+1,1m NAP)	$h_{muurtje}$ = 200cm
	$d_{muurtje}$ = 77cm
Zijde B (+0,5m NAP)	$h_{muurtje}$ = 140cm
	$d_{muurtje}$ = 55cm

Belastinggeval 6: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +1,1m NAP

Dimensies (belastinggeval 6)	d_{bestr} = 10cm	
	$d_{deksteen}$ = 30cm	
	$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm	
	l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$	
Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -2,3kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -3,0kN/m
Zijde B:		
Verticaal		$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -1,6kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,0kN/m
Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m²
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m²

Belastinggeval 7: Gronddruk +1,1m NAP

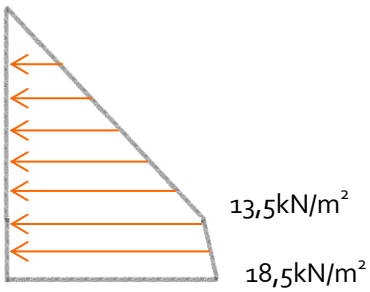
Dimensies (belastinggeval 7)	$h_{gr;nat}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$
Zijde A	$h_{gr;droog}$ = 150cm
Zijde B	$h_{gr;droog}$ = 90cm

Zijde A:

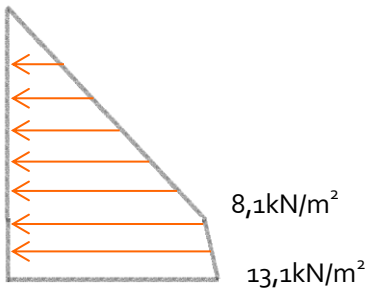
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -37,0kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -27,0kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10,0kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 11)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -13,5kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;tot} = -18,1kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * Q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -10,1kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -8,0kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -15,7kN/m$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -26,2kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -16,2kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 12)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -8,1kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr} = -8,9kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -3,6kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -5,4kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -7,6kN/m$



Figuur 11 - Horizontale gronddruk zijde A, +1,1m NAP



Figuur 12 - Horizontale gronddruk zijde B, +1,1m NAP

Belastinggeval 8: Mobiele Belasting +1,1m NAP

Dimensies (belastinggeval 8)	$b_{straat} = 900cm$	
	$l_{arm} = 0,5 * h_{muurtje}$	

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4 * F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert} * \lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor} * h_{muurtje}$	$q_{hor} = -16,7kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -21,6kN/m$

Zijde B:		
Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -11,6kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -14,8kN/m$

Parkeermassa
Zijde A:
Parkeervak is verwijderd
Zijde B:

Verticaal	Conform Eurocode	$Q_{park;vert} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{park;hor} = Q_{park;vert}*\lambda_n$	$Q_{park;hor} = -2,5kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{park;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -3,5kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*L_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -4,5kN/m$

Stootbelasting
Zijde A:

Horizontaal	$Q_{stoot} = Y_Q*\alpha_q*Q_{mob;vert}*0,6$	$Q_{stoot} = 10,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{stoot}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -20,0kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -26,0kN/m$

Zijde B:
Niet aanwezig aan de zuidzijde van het rak

Belastinggeval 9: Gemetseld muurtje +1,1m NAP
Dimensies (belastinggeval 9)

Zijde A	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 100cm$
	$h_{mets;droog} = 50\ cm$
Zijde B	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 90cm$

Metselwerk
Zijde A:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -37,0kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -23,0kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	$Q_{droog} = -3,6kN/m^2$
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -24,2kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -13,8kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	$Q_{droog} = 0,0kN/m^2$

5.3 Belastingcombinatie +0,9m NAP

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie +0,9m NAP:

Zijde A (+1,1m NAP)	$h_{muurtje}$ = 180cm
	$d_{muurtje}$ = 77cm
Zijde B (+0,5m NAP)	$h_{muurtje}$ = 140cm
	$d_{muurtje}$ = 55cm

Belastinggeval 10: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +0,9m NAP

Dimensies (belastinggeval 7)	d_{bestr} = 10cm
	$d_{deksteen}$ = 30cm
	$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$

Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m^2
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -2,1kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,4kN/m
Zijde B:		
Verticaal		$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m^2
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -1,6kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,0kN/m

Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m^2

Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m^2

Belastinggeval 7: Gronddruk +0,9m NAP

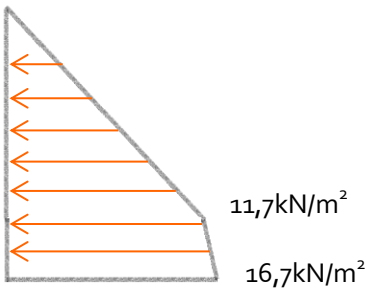
Dimensies (belastinggeval 7)	$h_{gr;nat}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$
Zijde A	$h_{gr;droog}$ = 130cm
Zijde B	$h_{gr;droog}$ = 90cm

Zijde A:

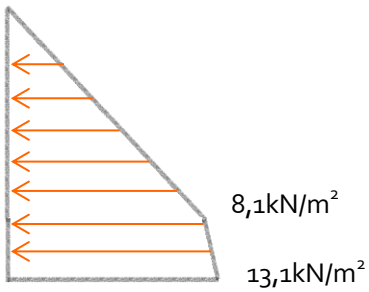
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -33,4kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -23,4kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10,0kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 13)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -11,7kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;tot} = -14,6kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * Q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -7,6kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -7,1kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -11,5kN/m$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot} = -26,2kN/m^2$
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog} = -16,2kN/m^2$
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat} = -10kN/m^2$
Horizontaal (Figuur 14)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog} = -8,1kN/m^2$
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat} = -5kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr} = -8,9kN/m$
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	$A_{droog} = -3,6kN/m$
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	$A_{nat} = -5,4kN/m$
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert;gr} = -7,6kN/m$



Figuur 13 - Horizontale gronddruk zijde A, +0,9m NAP



Figuur 14 - Horizontale gronddruk zijde B, +0,9m NAP

Belastinggeval 8: Mobiele Belasting +0,9m NAP

Dimensies (belastinggeval 8) $b_{straat} = 900cm$

$l_{arm} = 0,5 * h_{muurtje}$

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4 * F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert} * \lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor} * h_{muurtje}$	$q_{hor} = -14,9kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -17,5kN/m$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert} = -16,7kN/m^2$
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor} = -8,3kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -11,6kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -14,8kN/m$

Parkeermassa
Zijde A:
Parkeervak is verwijderd
Zijde B:
Parkeervak is verwijderd

Stootbelasting
Zijde A:

Horizontaal	$Q_{stoot} = Y_Q*\alpha_q*Q_{mob;vert}*0,6$	$Q_{stoot} = 10,0kN/m^2$
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{stoot}*h_{muurtje}$	$q_{hor} = -18,0kN/m$
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	$q_{vert} = -21,0kN/m$

Zijde B:
Niet aanwezig aan de zuidzijde van het rak

Belastinggeval 9: Gemetseld muurtje +0,9m NAP
Dimensies (belastinggeval 9)

Zijde A	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 100cm$
	$h_{mets;droog} = 30\ cm$
Zijde B	$h_{mets;nat} = 50cm$
	$h_{mets;+1m;nat} = 90cm$

Metselwerk
Zijde A:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -33,4kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -23,0kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*l_{mets;droog}$	$Q_{droog} = -0,0kN/m^2$

Zijde B:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk} = -24,2kN/m^2$
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	$Q_{nat} = -10,4kN/m^2$
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat} = -13,8kN/m^2$
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	$Q_{droog} = 0,0kN/m^2$

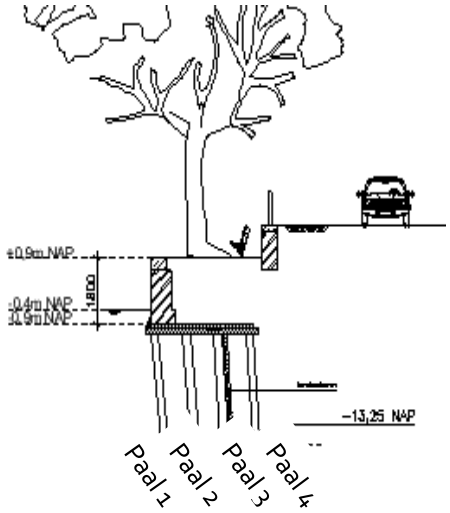
6 Resultaten

Conclusies en adviezen naar aanleiding van de resultaten worden gegeven in het adviesrapport. De resultaten in de volgende hoofdstukken zijn gelezen uit de verticale reactiekrachten onder in de funderingspalen van het SCIA Engineer model. De resultaten worden bediscussieerd in Hoofdstuk 6.3 van het rapport over het afstudeerproject.

6.1 Resultaten per belastingcombinatie

Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de verticale ontlasting, door middel van een maaiveldverlaging, kan oplopen tot 50 procent.

Belasting combinatie 6.10a		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	172	71,5
Paal 2	94,5	64,3
Paal 3	64,8	39,4
Paal 4	107	-
+1,1 NAP		
Paal 1	101,2	60,6
Paal 2	70,2	60,3
Paal 3	58,3	86,4
Paal 4	93	-
+ 0,9 NAP		
Paal 1	84,3	50,7
Paal 2	63	52,2
Paal 3	55,3	77,6
Paal 4	87,8	-

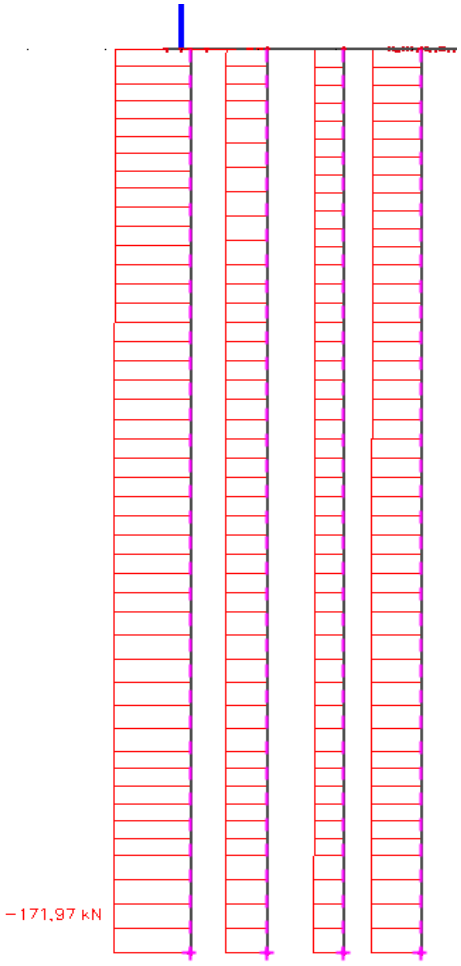


Figuur 15 - Nummering paalfundering

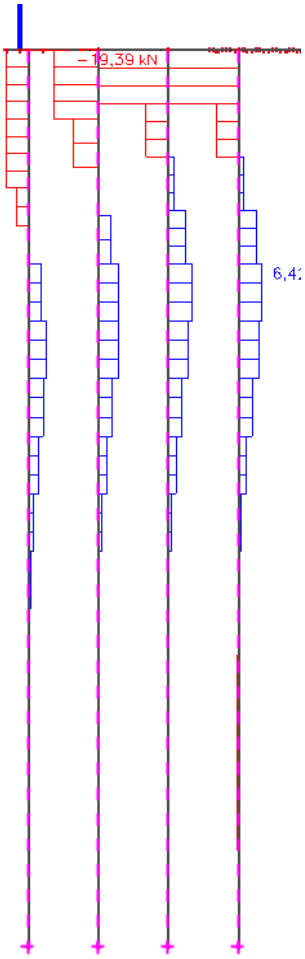
6.1.1 Krachtenlijnen (ter plaatse van zijde A)

In de onderstaande figuren zijn de krachtenlijnen in de funderingspalen en de verplaatsing van de kademuurconstructie vanuit het SCIA-Engineer model weergeven.

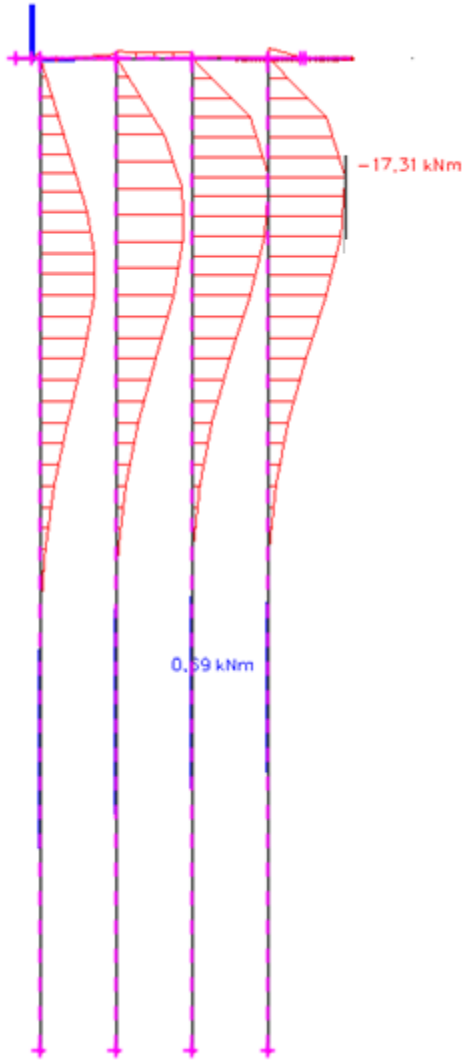
Combinatie Initieel 6.10a



Figuur 16 - Normaallijn (+1,8m NAP)

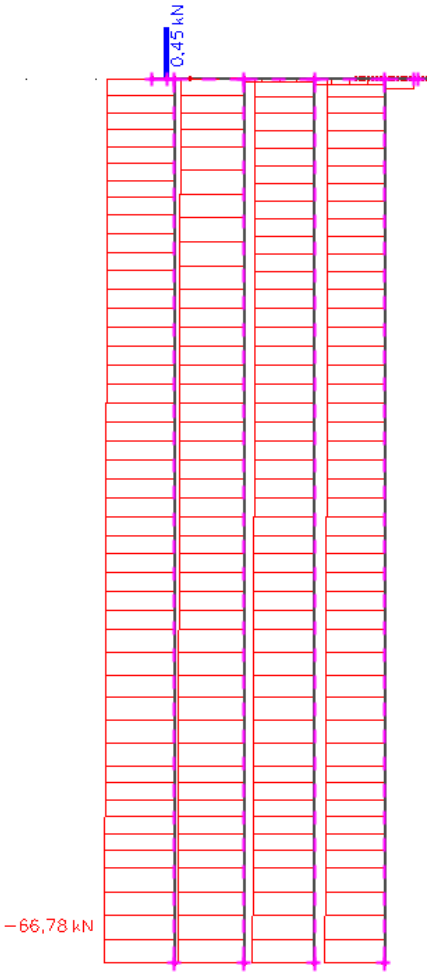


Figuur 17 - Dwarskrachtenlijn (+1,8m NAP)

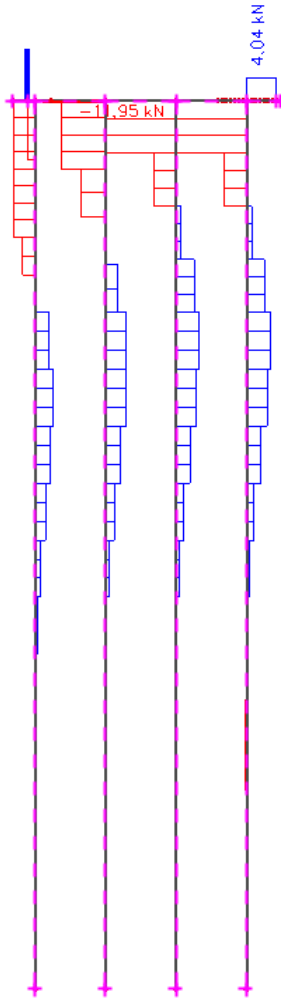


Figuur 18 - Momentenlijn (+1,8m NAP)

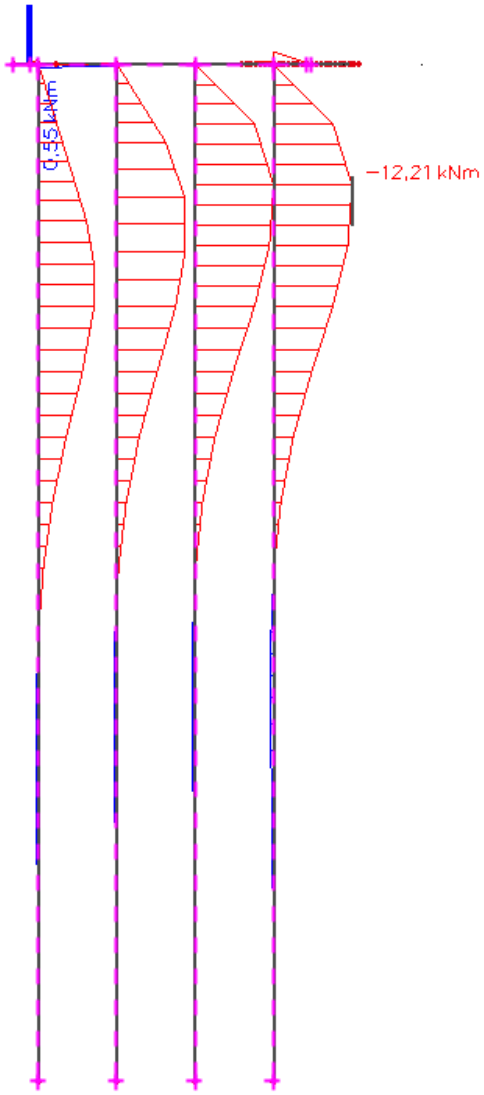
Combinatie +1,1m NAP 6.10a



Figuur 19 - Normaallijn (+1,1m NAP)

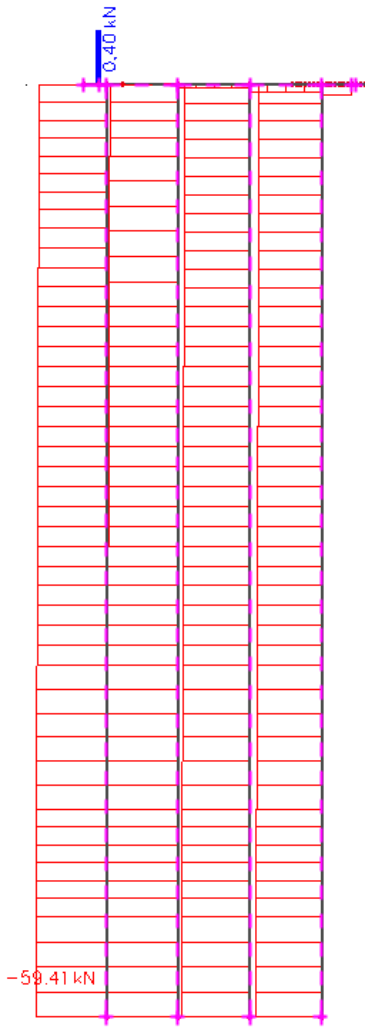


Figuur 20 - Dwarskrachtenlijn (+1,1m NAP)

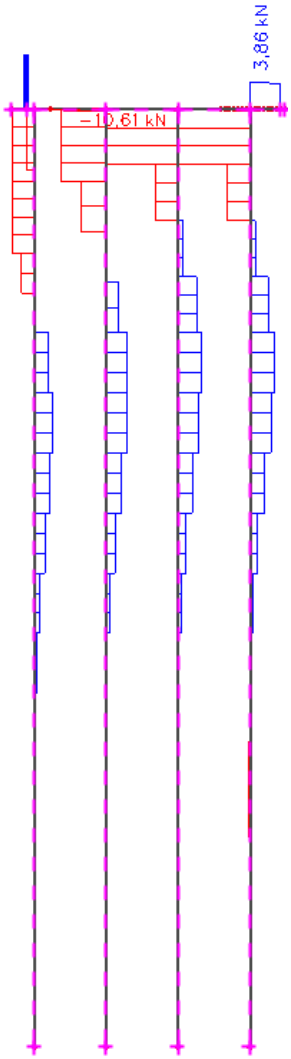


Figuur 21 - Momentenlijn (+1,1m NAP)

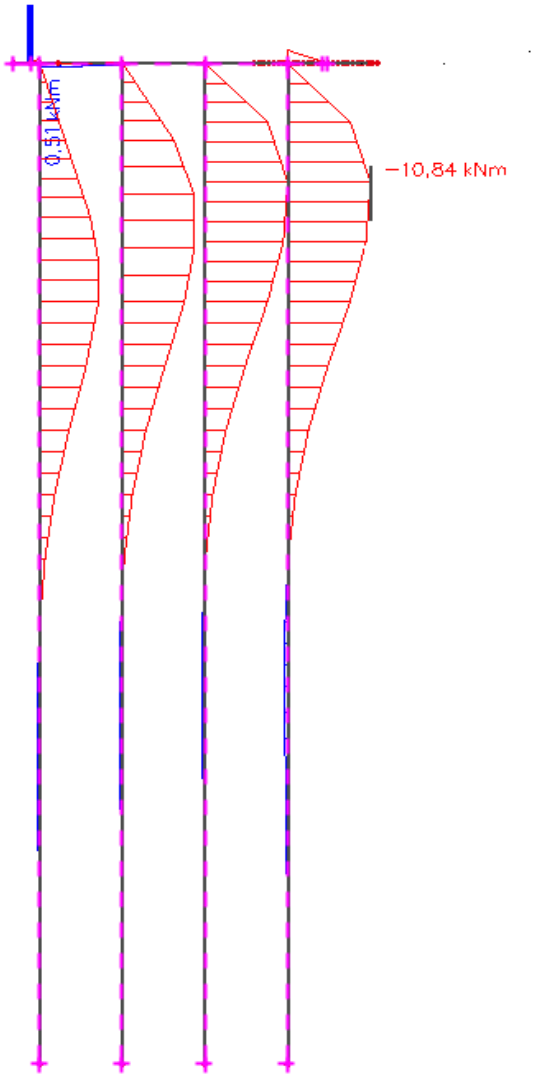
Combinatie +0,9m NAP 6.10a



Figuur 22 - Normaallijn (+0,9m NAP)



Figuur 23 - Dwarskrachtenlijn (+0,9m NAP)



Figuur 24 – Momentenlijn (+0,9m NAP)

6.2 Resultaten per belastinggeval

Om de invloeden van een maaiveldverlaging op de verschillende belastinggevallen in kaart te brengen worden de resultaten per belasting geval ook weergeven.

Eigengewicht		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	2,6	2,6
Paal 2	2,8	2,8
Paal 3	2,8	3,1
Paal 4	3,1	-
+2,0 NAP		
Paal 1	2,6	2,6
Paal 2	2,8	2,8
Paal 3	2,8	3,1
Paal 4	3,1	-
+ 1,8 NAP		
Paal 1	2,6	2,6
Paal 2	2,8	2,8
Paal 3	2,8	3,1
Paal 4	3,1	-

Maaiveld afwerking		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	4,8	2,9
Paal 2	-0,9	-1,3
Paal 3	-2,8	-4,3
Paal 4	-4,1	-
+2,0 NAP		
Paal 1	3,5	2,8
Paal 2	-0,7	-1,2
Paal 3	-2,6	-4,3
Paal 4	-4,1	-
+ 1,8 NAP		
Paal 1	2,3	2,3
Paal 2	-1,6	-1,4
Paal 3	-2,7	-4,2
Paal 4	-4	-

Gronddruk		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	33,8	13,9
Paal 2	37,4	24,5
Paal 3	42,3	44,5
Paal 4	68,7	-
+2,0 NAP		
Paal 1	15,7	10,4
Paal 2	26,8	22,3
Paal 3	33,1	41,8
Paal 4	53,2	-
+ 1,8 NAP		
Paal 1	12,3	9,7
Paal 2	24,1	21,8
Paal 3	30,4	41
Paal 4	48,7	-

Mobiele belasting		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	75,7	26,3
Paal 2	26	21,4
Paal 3	11,8	30,7
Paal 4	23,2	-
+2,0 NAP		
Paal 1	43,2	22
Paal 2	19,6	20,6
Paal 3	13,6	30,6
Paal 4	24,1	-
+ 1,8 NAP		
Paal 1	35,6	15,2
Paal 2	18,2	15,1
Paal 3	14	24,1
Paal 4	24,4	-

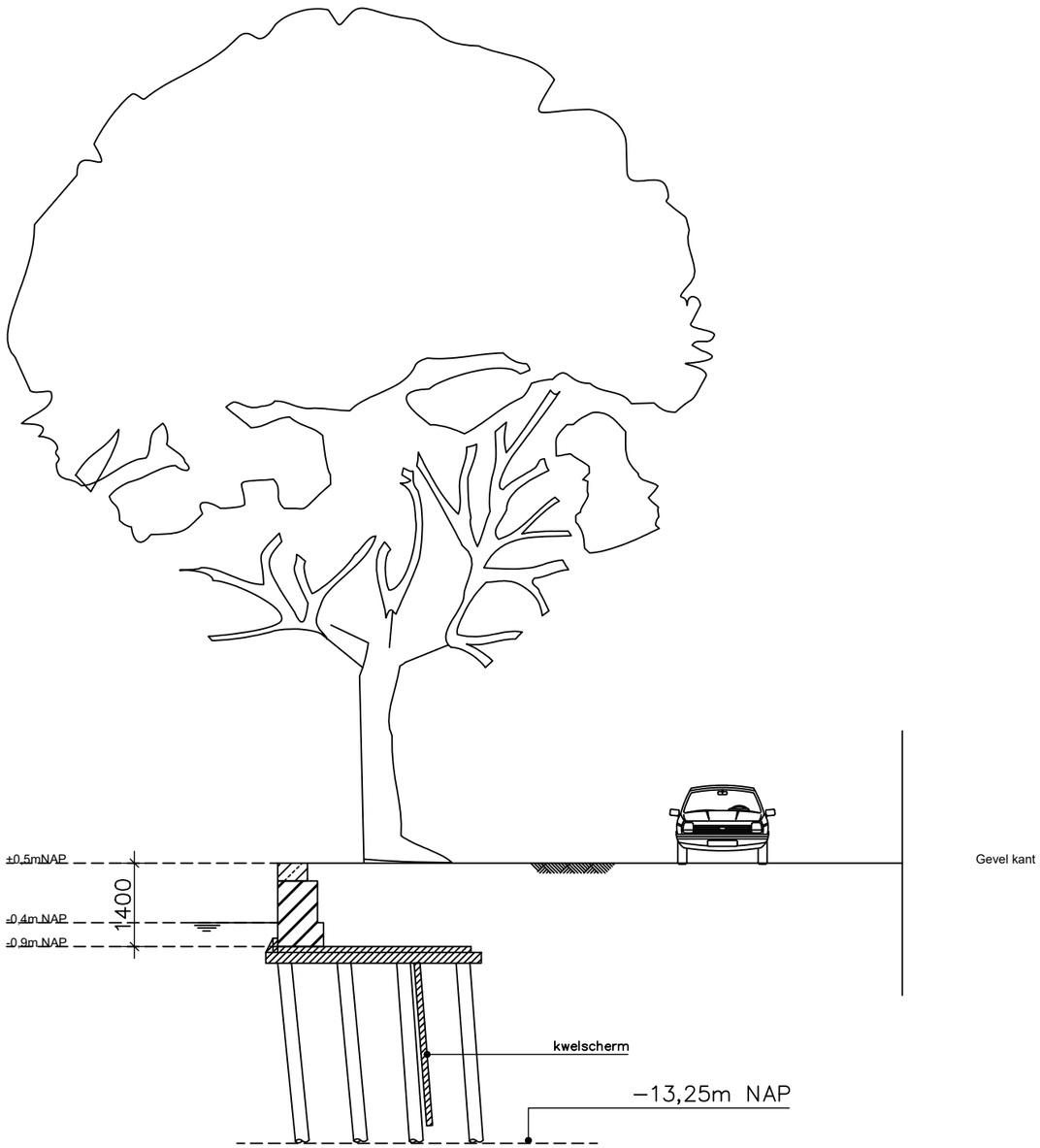
Gemetseld muurtje		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	23,8	12,6
Paal 2	11,4	5
Paal 3	0,6	-1
Paal 4	-1,3	-
+2,0 NAP		
Paal 1	17,7	11,6
Paal 2	8,2	4,6
Paal 3	0,1	0,1
Paal 4	-1	-
+ 1,8 NAP		
Paal 1	16,2	11,4
Paal 2	7,8	4,5
Paal 3	0,4	-0,9
Paal 4	-0,9	-

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

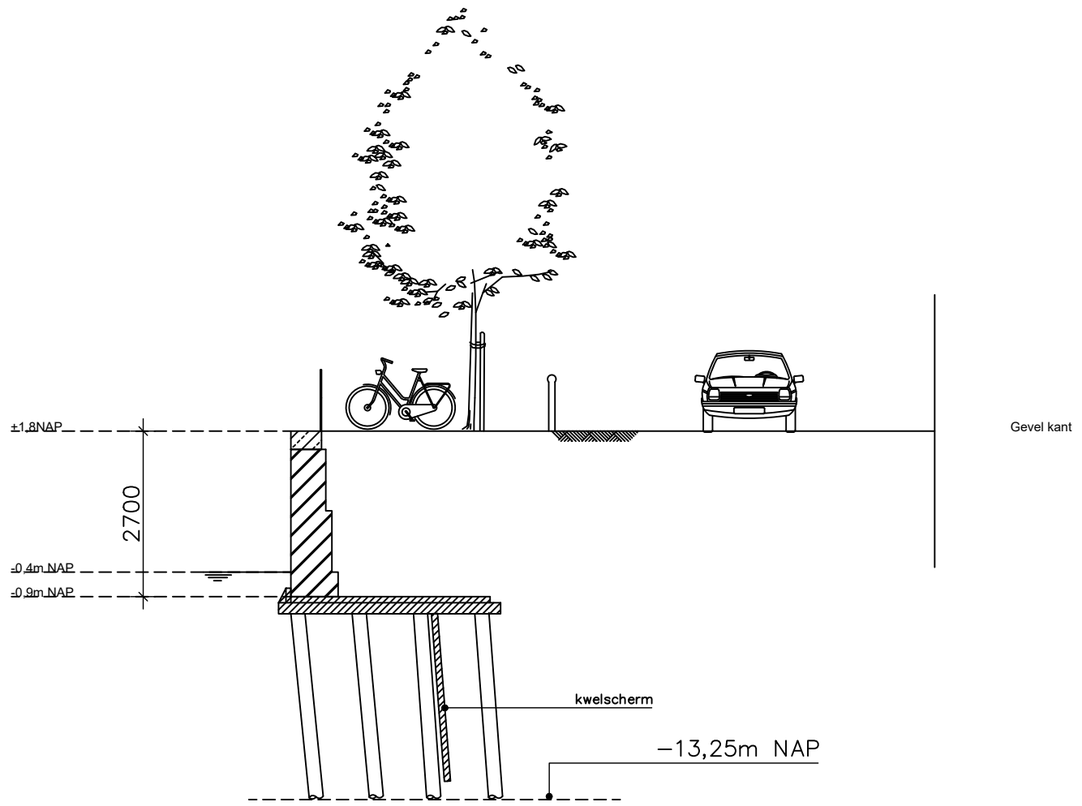
Versie 1
16 maart 2020

Bijlage 3 - Tekeningen

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Dwarsdoorsnede B



Dwarsdoorsnede A

Gemeente Amsterdam

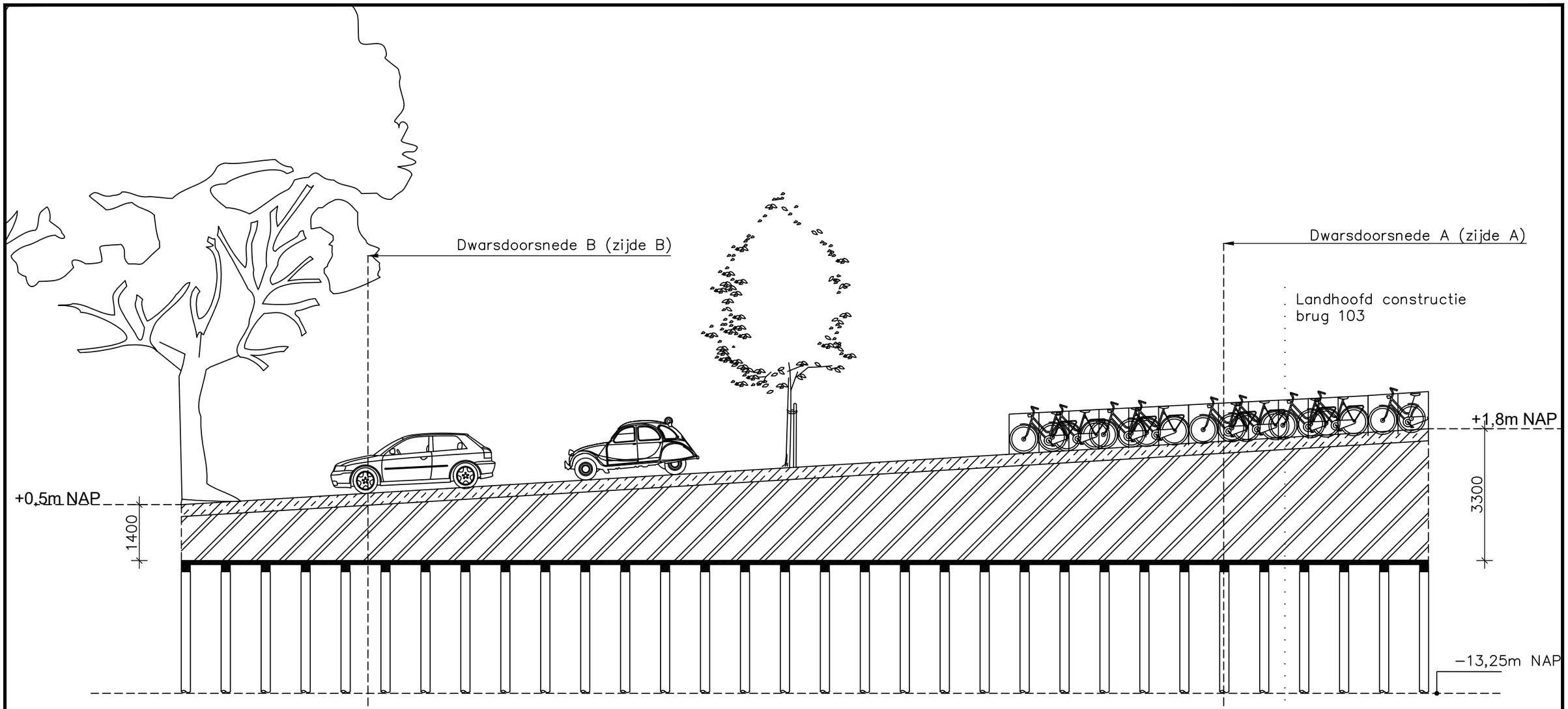
Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: 1:100	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3−4−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 2,3	Bladnummer: 2	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\PRG0701.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



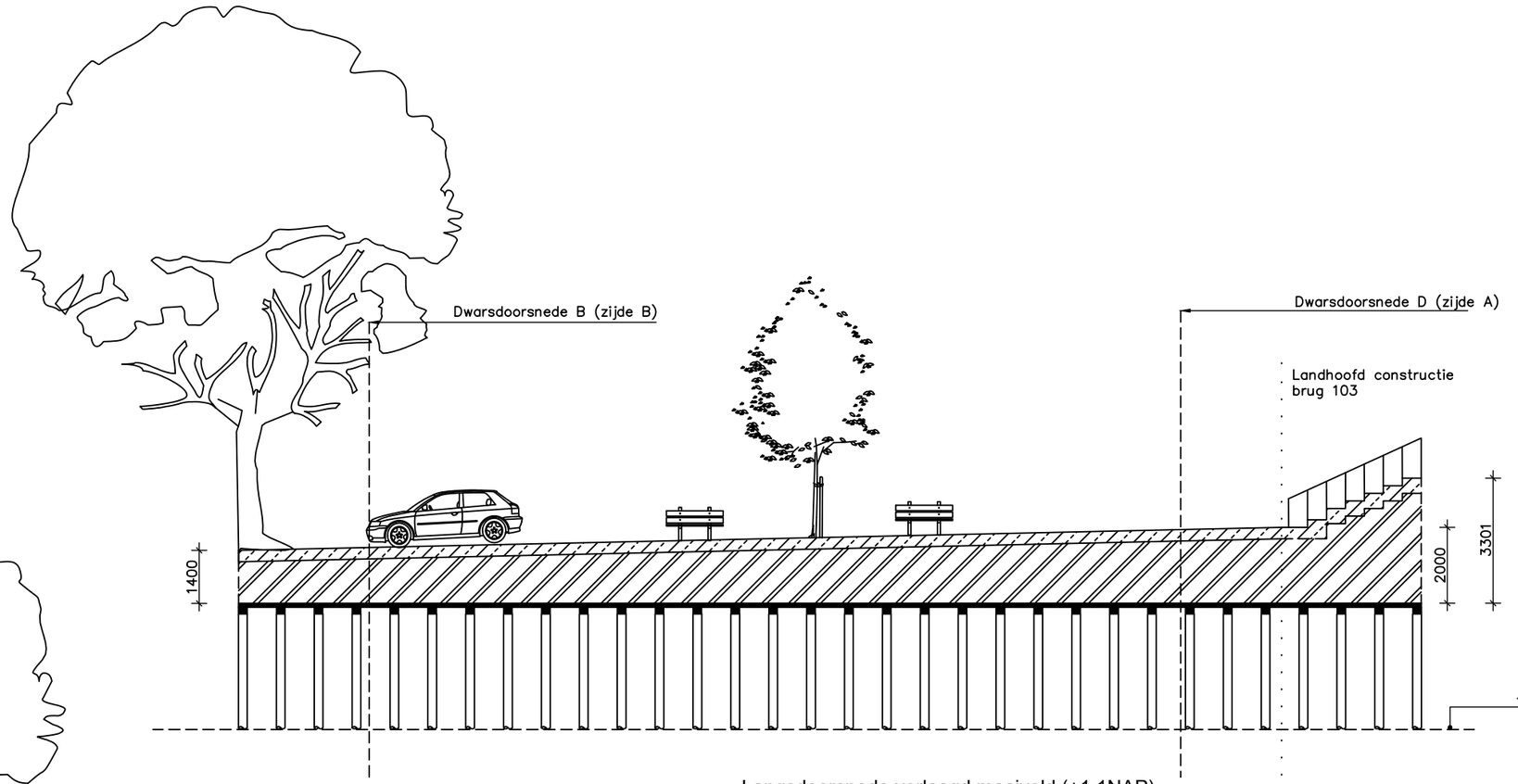
Langsdoorsnede huidige situatie

Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau
Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

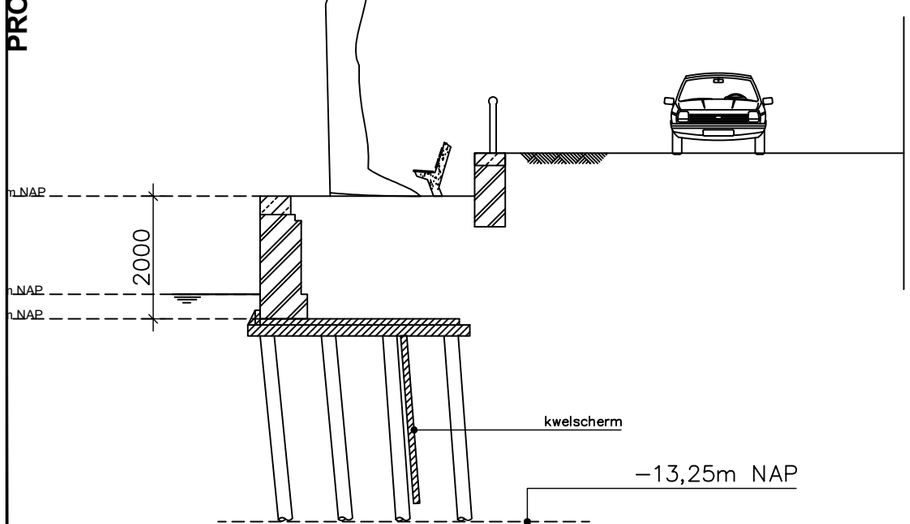
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: 1:100	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3−4−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 1	Bladnummer: 1	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\PRG0701.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Langsdoorsnede verlaagd maaiveld (+1,1NAP)
Schaal: 1:150



Dwarsdoorsnede D
Schaal: 1:100

Gemeente Amsterdam

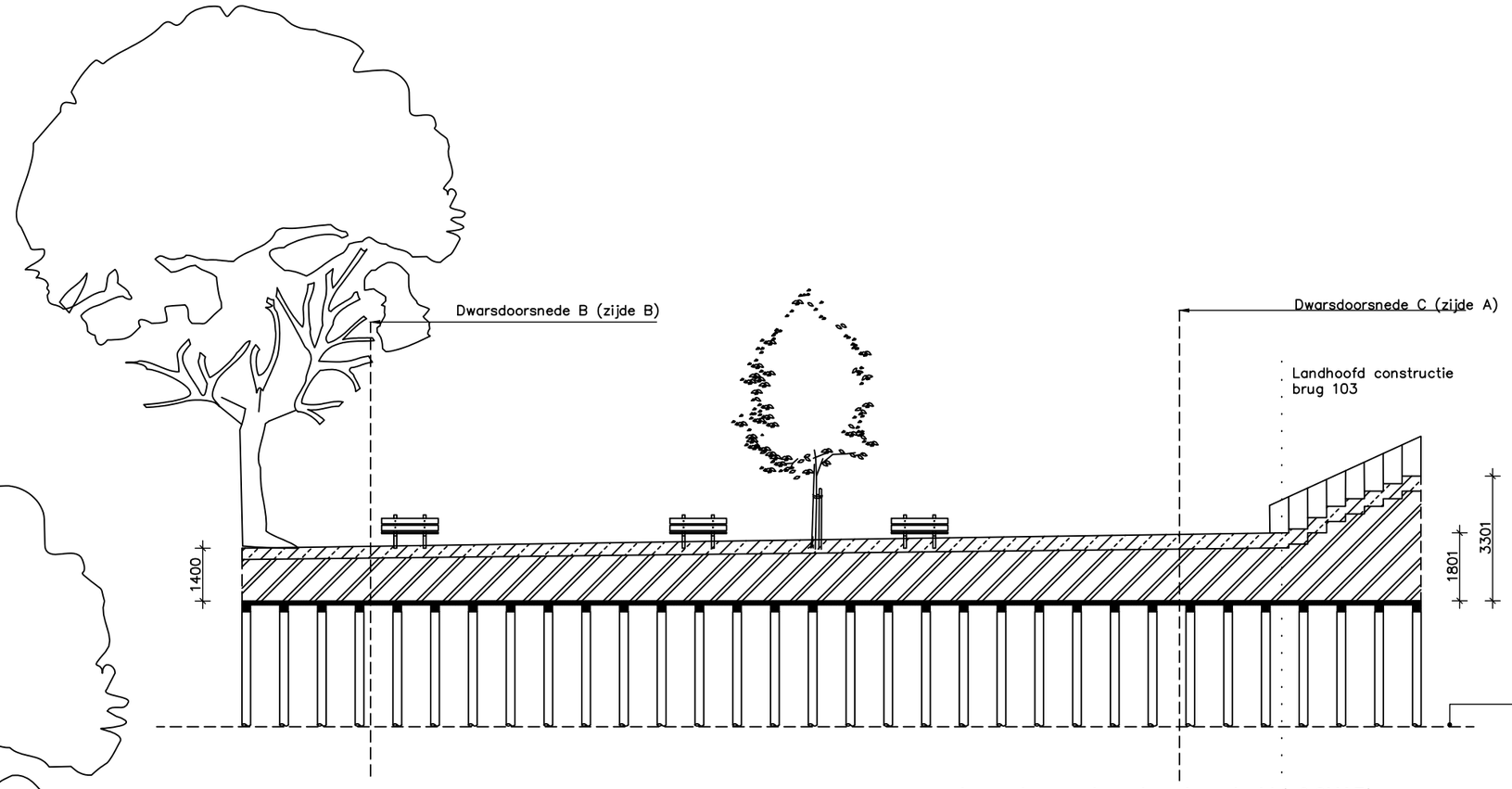
Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

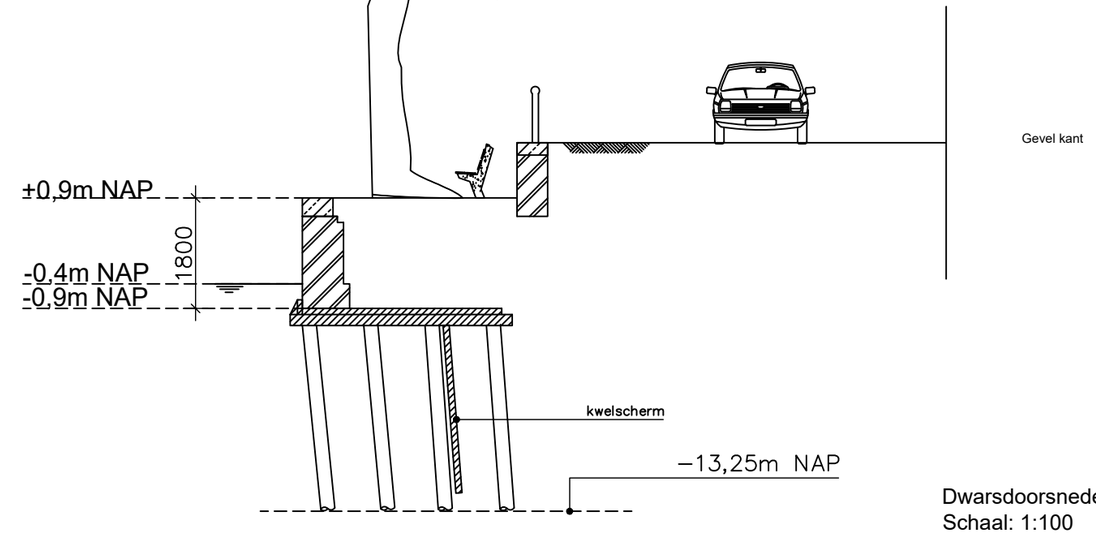
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: –	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3−4−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 4,5	Bladnummer: 3	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\PRG0701.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Langsdoorsnede verlaagd maaiveld (+0,9NAP)
Schaal: 1:150



Dwarsdoorsnede C
Schaal: 1:100

Gemeente Amsterdam

Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal:	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3-4-2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 6,7	Bladnummer: 4	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum:	23-04-2020
Bestandsnaam:	C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\PRG0701.dwg			

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Bijlage 3 - Adviesrapport SIG0803-01

Maaiveldverlaging Leidsekade

Field lab

Maaiveldverlaging Leidsekade (SIG0803-01)

Auteur(s)
Yonne Jaeger
y.jaeger@amsterdam.nl

Opdrachtgever
Gemeente Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Contactpersoon
Matthijs Griffioen
matthijs.griffioen@amsterdam.nl
Ingenieursbureau

Verklarende woordenlijst

Kade	Gehele oeverstrook
Kademuur	(Gemetselde) muur die het water van de oever scheidt
Rak	Stuk kade tussen twee bruggen
Degraderen	Proces waarbij materiaaleigenschappen er op achteruit gaan
Deformeren	Vervormen van huidige constructie
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren
Tochten	Serie van 30 slagen op een heipaal. Eén tocht is 250mm

Computer programmatuur

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekeningen	2019

Samenvatting

De vraag naar levensduur verlengende maatregelen voor de constructie van kademuren is ontstaan uit de grote hoeveelheid kademuren die constructief niet meer voldoen aan de wet- en regelgeving in de binnenstad van Amsterdam. Eén eventuele levensduur verlengende maatregel is het verlagen van het maaiveld. Naar aanleiding van een korte locatie analyse en het in kaart brengen van de technische staat, is de Leidsekade gekozen als locatie voor het testen van een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel.

Er zijn een aantal uitgangspunten opgesteld voor een maaiveldverlaging op SIG0803-01. Deze uitgangspunten hebben onder andere te maken met de gesitueerde bomen. Het effect van een maaiveldverlaging zal een reductie van de verticale paalbelastingen opleveren, deze reductie kan oplopen tot 30%. Echter is de verwachting dat het reduceren van de verticale paalbelasting een negatief effect zal hebben op het horizontaal bezwijken van de kademuurconstructie.

Op basis van de resultaten en de verwachtingen is er een voorlopig negatief advies gegeven voor het testen van een maaiveldverlaging als levensduurverlengende maatregel op de Leidsekade (SIG0803-01).

Inhoud

Computer programmatuur 2

Samenvatting 3

1 Inleiding 6
1.1 Probleemstelling 6
1.2 Aanleiding 7
1.3 Opdrachtformulering 8

2 Locatie Leidsekade (SIG0803-01) 9
2.1 Technische staat 9
2.2 Huidige situatie 10
2.3 Beeldweergave 11

3 Tekeningen 12
3.1 Archieftekeningen 12
3.2 Ontwerp maaiveldverlaging 13

4 Modellering 14
4.1 Beschrijving constructie 14
4.2 Belastingen (belastinggevallen/-combinaties) 14
4.3 Resultaten modellering 16

5 Monitoring 17

6 Verwachting na maaiveldverlaging 18
6.1 Bezwijkmechanismen 18
6.2 Levensduur 18

7 Conclusies en advies 19
7.1 Conclusie 19
7.2 Advies 19

8 Draagvlak 20

Bronvermelding 21

Bijlage(n)

Bijlage 1 - Kaarten binnenstad Amsterdam
Bijlage 2 - Berekeningsrapport
Bijlage 3 - Tekeningen

1 Inleiding

In dit adviesrapport zal er een advies gegeven worden over de mogelijkheid tot het verlagen van het maaiveld op de Leidsekade (SIG0803-01). Er is een ontwerp en een SCIA-Engineer model gemaakt voor de maaiveldverlaging. Het doel van de maaiveldverlaging is het verlengen van de levensduur van de kademuur constructie; het behouden van de functies en de acute bezwijkmechanismen voorkomen.

1.1 Probleemstelling

Veel kademuren in de binnenstad van Amsterdam zijn oud en verzwakt (constructief onveilig) door de toenemende belastingen en bacteriële aantasting en zouden vervangen moeten worden. Door een tekort aan gegevens van de kademuren (ontbreken van archieftekeningen bijvoorbeeld) is het ingewikkeld om de technische staat van de kademuren te bepalen. Gemeente Amsterdam heeft het Programma Bruggen en Kademuren opgezet om de kademuren en bruggen in Amsterdam te beoordelen en de binnenstad leefbaar en bereikbaar te houden. Inmiddels worden er beheers- en noodmaatregelen genomen om veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid van de historische binnenstad te kunnen blijven garanderen. Een aantal beheersmaatregelen die genomen worden zijn het opheffen van parkeervakken, kappen van bomen of het afsluiten van de rijbaan. Bij een noodmaatregel wordt een noodconstructie bedoelt, in Figuur 1 is een voorbeeld van een noodconstructie (in de vorm van een damwand met zandaanvulling) weergeven.



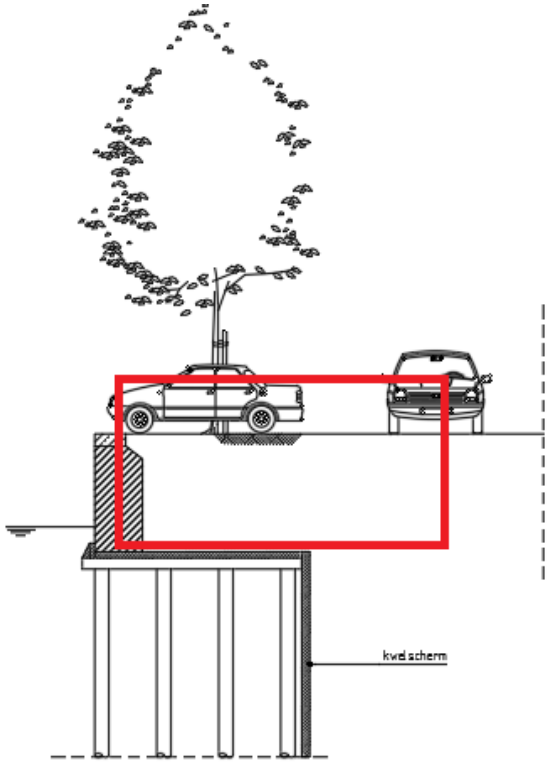
Figuur 1 - Noodconstructie Oudezijds Voorburgwal (OVW0601)

Inmiddels zijn de bruggen en kademuren van Amsterdam verdeeld in drie categorieën: groen, oranje en rood [Notitie indeling areaal kademuren, 1]. Categorie groen wordt 'Niet direct verdacht, veiligheid nog niet aangetoond' (ook wel categorie C) genoemd. Dit houdt in dat de kademuur jonger dan 50 jaar is en geen visuele constructieve schades bevat. Categorie Oranje wordt 'verdacht' (ook wel categorie B) genoemd, dit zijn rakken ouder dan 50 jaar. Categorie Rood wordt 'Ernstig verdacht' (ook wel categorie A). In deze categorie zijn de constructieve schades zichtbaar. Bij rakken die in deze categorie vallen worden er directe (beheers)maatregelen genomen (afzetten straat, afzetten parkeervakken, noodconstructie plaatsen).

1.2 Aanleiding

De opgave om de constructief onveilige kademuren te vervangen maakt de binnenstad van Amsterdam onbereikbaar (en niet leefbaar voor de inwoners). Hierdoor is het wenselijk om de vervanging van rakken tot een minimum te beperken en de vervanging van een aantal rakken zo lang mogelijk uit te stellen, om de bereikbaarheid en leefbaarheid van de historische binnenstad te kunnen blijven garanderen). De aanleiding van deze field lab is de vraag, gesteld vanuit Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam (Annemarij Kooistra, directielid Programma Bruggen en Kademuren), naar duurzame levensduur verlengende maatregelen. Het kader van de vraag is begrenst tussen aanpassingen op het maaiveld gebied en de ondergrond (boven de fundering), zie Figuur 2. Gezien de urgentie van het thema (het bereikbaar en leefbaar houden van de historische binnenstad van Amsterdam) is het van belang de vraag naar levensduur verlengende maatregelen op te pakken en verschillende ideeën in een pilot te testen.

Jan Willem van de Kuilen heeft in een presentatie aan het ingenieursbureau aangegeven dat er een logaritmisch verband bestaat tussen het ontlasten van houten paalfunderingen en het verlengen van de levensduur van deze houten funderingspalen. Dit concept is de aanleiding voor het nadenken over mogelijkheden voor een vermindering van de belasting op de kademuurconstructie. De meest aannemelijke mogelijkheid voor het verminderen van de paalbelasting ligt bij de rustende belasting, in dit geval het grondpakket. Door het ontgraven van het maaiveld is de verwachting dat de kademuurconstructie verticaal ontlast wordt. Deze aanname is de aanleiding voor het onderzoek naar een maaiveldverlaging.

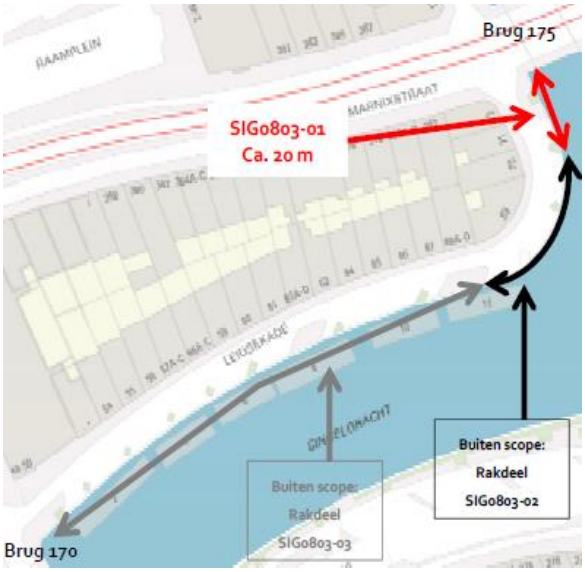


Figuur 2 – Onderzoek kader levensduur verlengende maatregelen

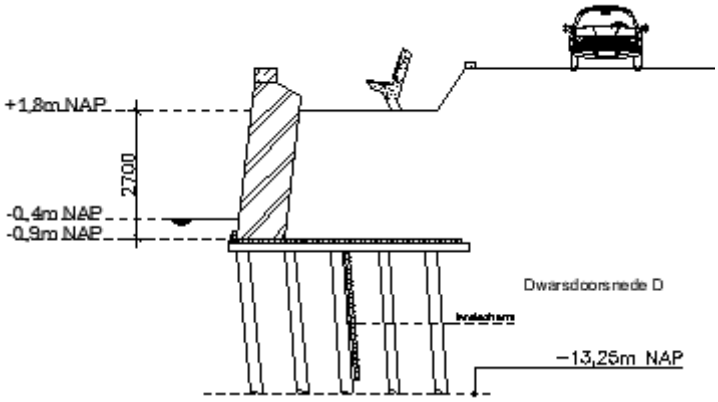
1.3 Opdrachtformulering

Field lab is het in de praktijk toepassen en toetsen van oplossingen of technieken, in samenwerking met gemeente, marktpartijen en kenniscentra. Deze oplossingen of technieken zijn experimenten waarbij data wordt verzameld en vanuit de data kunnen er conclusies getrokken worden over het wel of niet opschalen van de oplossingen of technieken.

De verlaging van het maaiveld op de Leidsekade (SIG0803-01) zal plaatsvinden op 20 meter langs de kademuur en begint vanaf brug 175, zie Figuur 3. Op het verlaagde stuk maaiveld komt een groenstrook en de bomen kunnen gehandhaafd worden (afhankelijk van het precieze aantal verlaagde centimeters). Deze groenstrook heeft recreatieve doeleinde (flaneren langs de gracht bijvoorbeeld) en zal een aangename invloed hebben op de belevenis van de desbetreffende straat. De overgang van de autoweg in het verlaagde maaiveld wordt overbrugd door een talud. In Figuur 4 is een schets weergeven van het nieuwe straatbeeld. In de volgende hoofdstukken wordt de huidige staat en het ontwerp van de maaiveldverlaging nader beschreven.



Figuur 3 - Locatie SIG0803-01



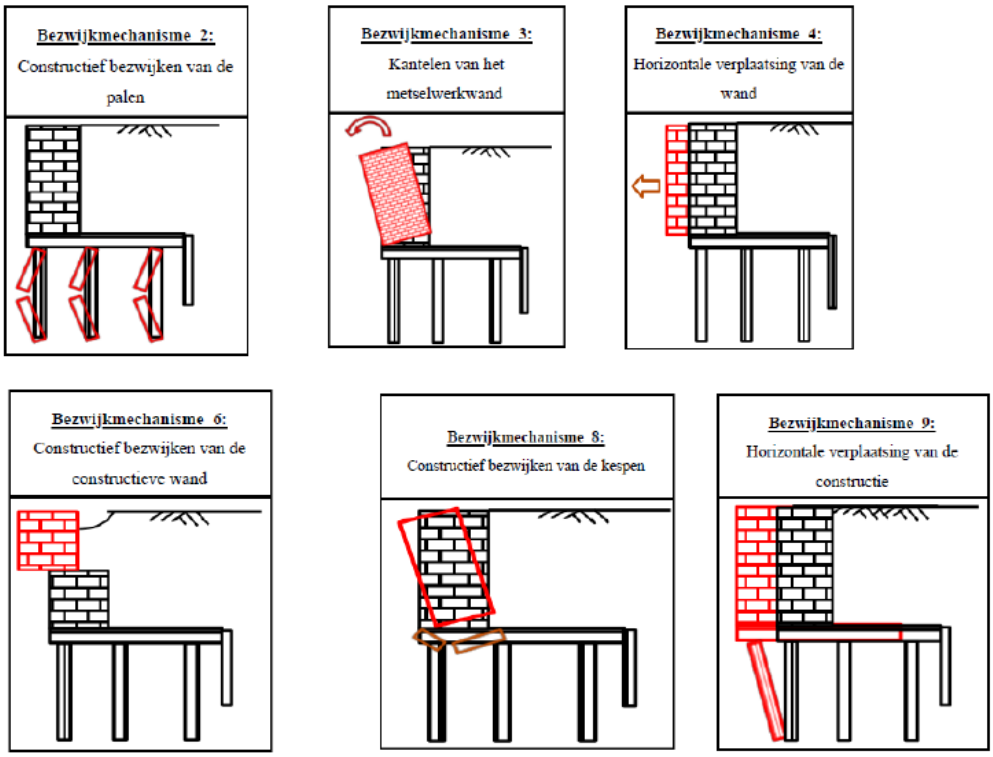
Figuur 4 - Nieuwe doorsnede Leidsekade

2 Locatie Leidsekade (SIG0803-01)

2.1 Technische staat

Het technisch advies (zie Bijlage 1) is opgesteld door het team Advies en Veiligheid (onder leiding van Rinske Schooneveld). Het rak is gecategoriseerd in het risicoprofiel A; het rak is 'ernstig verdacht', constructieve schade (deformatie en degradatie) is zichtbaar (scheuren in het metselwerk bijvoorbeeld). De vermoedelijke bezwijkmechanismen, geconstateerd door verschillende inspecties, zijn weergeven in Figuur 5.

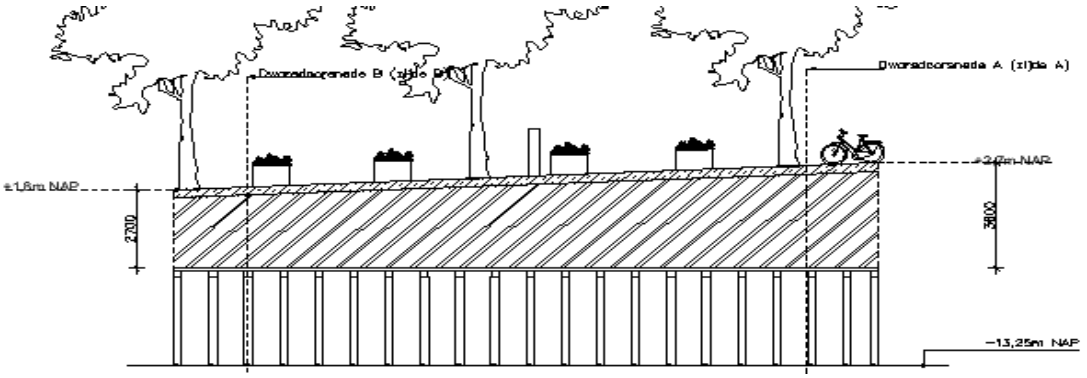
Uit het technisch advies is geconcludeerd dat de stabiliteit van SIG0803-01 (zie Figuur 3) niet langer gegarandeerd kan worden. Het advies is gegeven om z.s.m. het rak te vervangen en tot die tijd beheersmaatregelen te treffen. Het volledige technisch advies is weergeven in Bijlage 1.



Figuur 5 - Vermoedelijke bezwijkmechanismen SIG0803-01

2.2 Huidige situatie

Op het betreffende rak (SIG0803-01) is er geen zichtbare deformatie van de kademuurconstructie aanwezig (gezien het gemetselde muurtje, de rechtstand van de lantaarnpaal en geen waarneembare helling ten plaatse van het deksteen). Scheuren in het metselwerk zijn duidelijk zichtbaar, echter zit er nog geen ruimte tussen de scheuren. Ten plaatste van SIG0803-01 zijn parkeervakken afgezet door middel van planten bakken, er is nog wel een elektrische laadpaal aanwezig. Het rak is een eenrichtingsverkeer en er rijden regelmatig auto's overheen. Ook fietsers en voetgangers zijn veel aanwezig. In Hoofdstuk 2.3 is een uitgebreide beeldweergave van SIG0803-01 (Leidsekade) weergeven. In Figuur 6 in de langsdoorsnede van het rak in de huidige situatie weergeven.



Figuur 6 - langsdoorsnede SIG0802-01

2.2.1 Bomen

Het maaiveld van het betreffende rak ligt relatief hoog ten opzichte van NAP. Aan de zijde van brug 175 ligt het maaiveld op +2,7m NAP en aan het einde van dit rak deel ligt het maaiveld op +1,8m NAP. De hoogte van dit maaiveld is gunstig voor de worteling van de aanwezige bomen, dit maakt het mogelijk dat de wortels van de boom diep in de grond kunnen groeien. Tijdens het locatiebezoek is geconstateerd dat de bestrating niet of nauwelijks wordt opgedrukt door de boomwortels. De onderlinge afstand tussen de bomen is ongeveer 12 meter. De situatie tekeningen in Figuur 6 geeft de verwachte situatie weer van de bomen bij een kademuurvernieuwing (opgesteld vanuit programma Bruggen en Kademuren). Oranje zijn de bomen die verplant gaan worden en rood zijn de bomen die gekapt worden.



Figuur 4 – Situatietekening met beoordeling bomen, scopegrens in rood

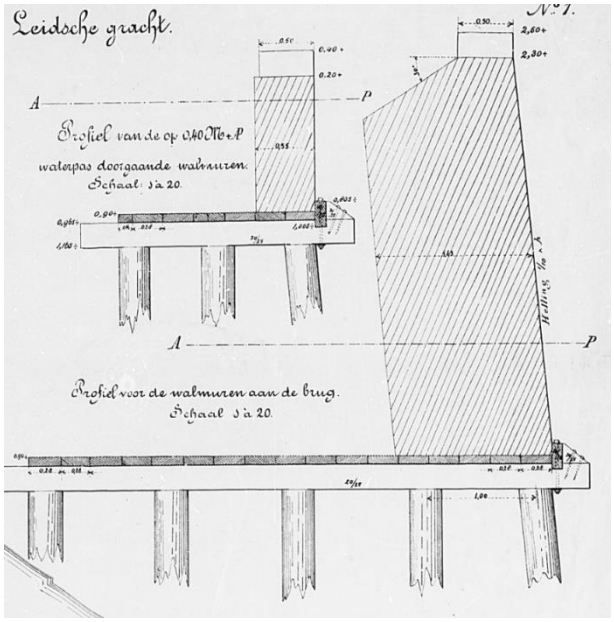
2.3 Beeldweergave



3 Tekeningen

3.1 Archieftekeningen

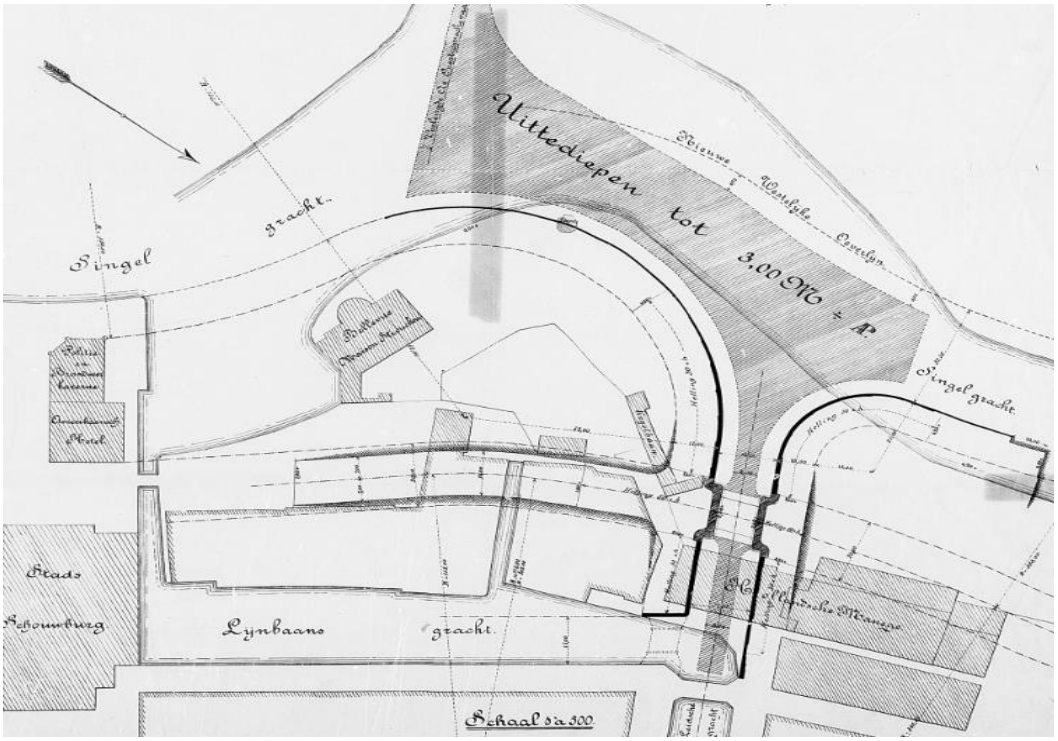
Vanuit het technisch advies (tevens uit het archief) is de doorsnede in Figuur 7 en de situatie in Figuur 8 gevonden.



Figuur 5 – Doorsnede SIG0803-01

In de doorsnede is te zien hoe de constructie in elkaar zit. Het maaiveld ligt op + 2,60 NAP en de vloer is gefundeerd op vijf houten palen met een h.o.h van 1 meter. In Figuur 7 is ook te zien dat het gemetselde muurtje scheef staat met een hoek van 1/10*h. De tekeningen in Bijlage 3 zijn gebaseerd op de archief tekeningen, en het technisch advies opgesteld door Team Advies en Veiligheid.

In Figuur 8 is de situatie weergeven, SIG0803 is de rechter bocht. Deze situatie geeft onder andere de radius van de bocht weer en deheidhelling in de bocht weergeven.



Figuur 6 - Situatie tekening SIG0803

3.2 Ontwerp maaiveldverlaging

In Bijlage 3 zijn (langs- en dwars-) doorsnedes weergeven van de Leidsekade (het gemodeleerde deel). Ook zijn er in deze bijlage tekningen (langs- en dwarsdoorsnedes) weergeven van de nieuwe situaties (met een verlaging van 40cm en 90cm).

3.2.1 Beschrijving maaiveld afwerking en uitgangspunten

De verlaging van het maaiveld start aan het begin van de straat (aan de zijde van burg 175, zie Figuur 3). De verlaging bedraagt minstens 40cm en kan oplopen tot een verlaging van 90cm. De verlaging aan de start van het rak (zijde van brug 175) en zal afgewerkt worden met een trap. De rijbaan en het verlaagde stuk rak zal gescheiden worden door een talud.



Figuur 9 - Trap voor ingang pand Herengracht

Een trap zal het verschil in maaiveld hoogtes overbruggen, de trap is in dezelfde stijl als de trappen voor de gevels van grachtenpanden in de historische binnenstad van Amsterdam. (zie Figuur 9). In de huidige situatie is een lantaarnpaal aanwezig die verplaats moet worden wanneer het maaiveld verlaagd word. De elektrische oplaad paal wordt verwijderd. De scheiding tussen de rijbaan en het verlaagde stuk rak heeft de vorm van een talud (zie Bijlage 3 voor langs- en dwarsdoorsnedes). Deze talud wordt afgewerkt door een metselwerk. De groenstrook zal een klein pad bevatten voor wandelaars. Op de groenstrook wordt er maximaal 1 bankje geplaatst, hier zit een maximum aan door de zwervers problematiek in de betreffende buurt.

De huidige gesitueerde bomen op het rak zijn beoordeeld op kappen of verplanten (zie Figuur 6 in Hoofdstuk 2.2.1 Bomen). Bij de verlaging van het maaiveld hoeft alleen boom 343649 verplant te worden, de andere bomen kunnen blijven staan.

4 Modellering

Het model is gebaseerd op een leidraad van kademuren [3], NEN- normen, aanbevelingen en de TAK [5]. Het berekeningsrapport is in Bijlage 2 weergeven, dit rapport beschrijft het model, belastingcombinaties, belastinggevallen en de berekeningsmethodiek nader.

4.1 Beschrijving constructie

De modellering is gebaseerd op een stuk kademuur van de Prinsengracht (PRG0701). De gemetselde kademuur is gemodelleerd als een belasting voor een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid (onderbouwing is gegeven in het berekeningsrapport). Het betreffende rak wordt aan de oostzijde wordt zijde- A genoemd en de westzijde wordt zijde-B genoemd (zie Figuur 10).

Het model is opgebouwd uit de volgende elementen conform Leidraad [Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren),3]:

- Houten vloer (aanname kwaliteit C24 (EN338) 100mm dik)
    - Deel A: 4,75 meter breed
    - Deel B: 4,2 meter breed
- Kespen (aanname kwaliteit C24 (EN338) b x h 220x180)
    - Steken 20cm uit aan de waterzijde van de kade en hebben dezelfde lengte als de vloer.
- Houten funderingspalen (aanname kwaliteit C24 (EN338) diameter van 230 mm)
    - Er zijn 5 funderingspalen aanwezig over de breedte van de vloer met een h.o.h. van 1 meter
    - Paalpunt niveau -13,25m NAP (gefundeerd op de 1^{e} zandlaag, met maximaal twee tochten)
    - Bedding van de funderingspalen zijn gemodelleerd door middel van horizontale en verticale veren (zie Figuur 3, de blauwe stroken langs de funderingspalen).

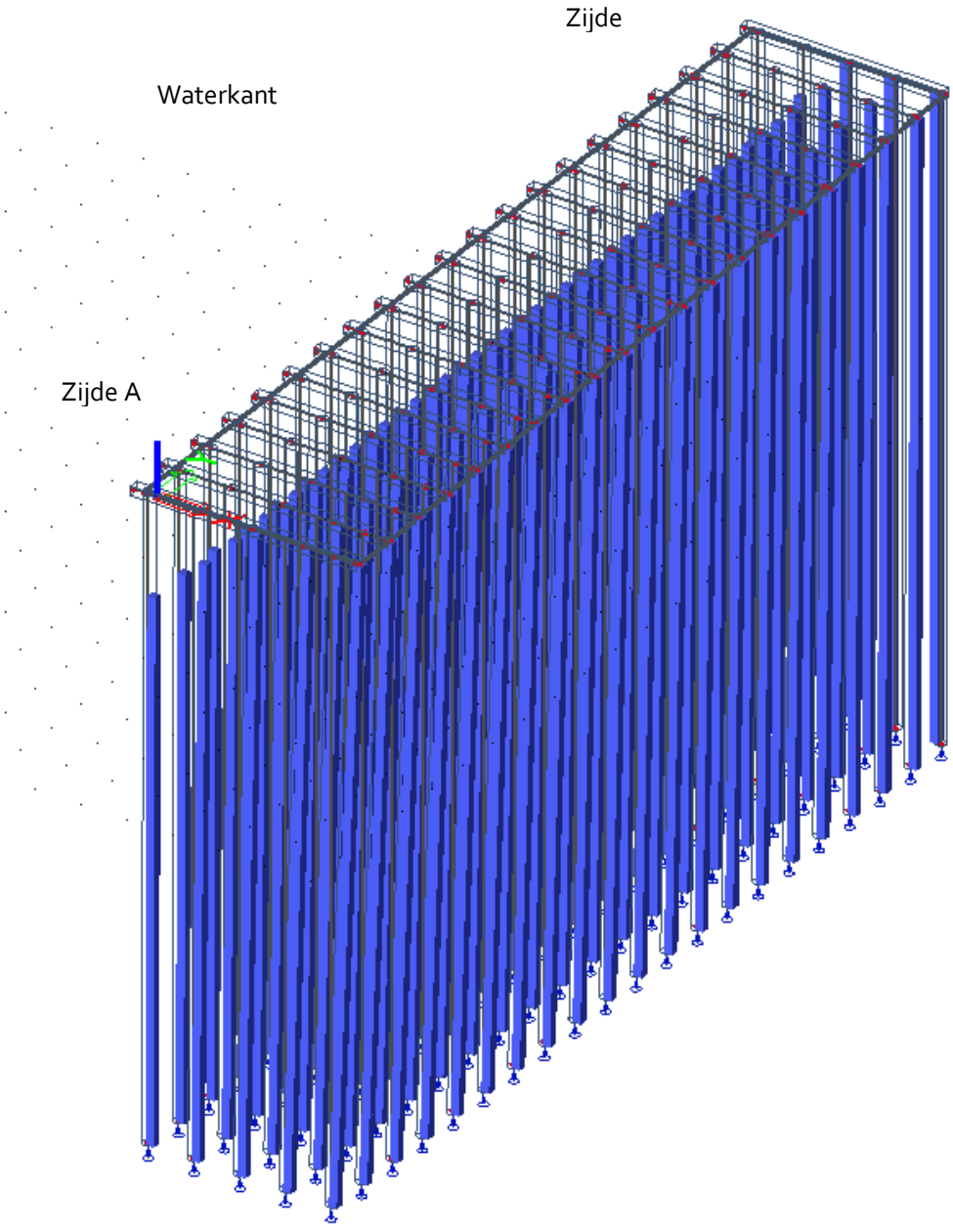
De lengte van het gemodelleerde rak is 20 meter. Een weergave van de gemodelleerde constructie is weergeven in Figuur 12.

4.2 Belastingen (belastinggevallen/-combinaties)

In Bijlage 2 is het berekeningsrapport toegevoegd, hierin staan alle belastinggevallen/-combinaties en de berekeningsmethodiek beschreven.



Figuur 10 - Weergave gemodelleerde stuk rak



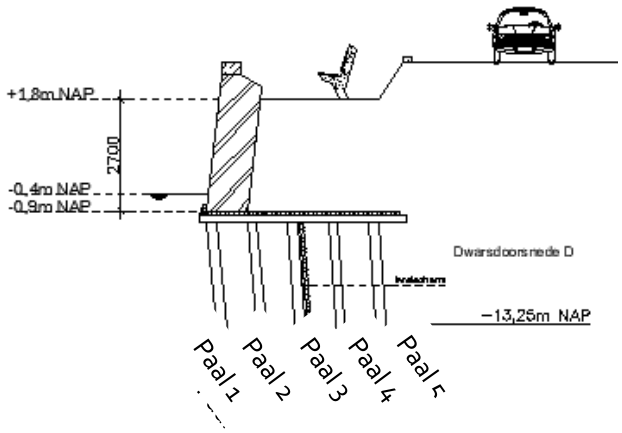
Figuur 12 - SCIA Engineer model SIG0803-01

4.3 Resultaten modellering

In de onderstaande tabel zijn de belastingen op de funderingspalen te zien (paal 1 is de funderingspaal dichts bij de gracht en paal 4 dichts bij de gevel). In het berekeningsrapport zijn de resultaten per belastinggeval gegeven (Bijlage 2). In het afstudeerrapport (Hoofdstuk 6.3 Discussie resultaten maaiveldverlaging) wordt de betrouwbaarheid van de modellering en de resultaten ter discussie gesteld.

Resultaten SIG0803-01 (kN)

	Belasting combinatie 6.10a		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)	Belasting vermindering (%) Zijde A
Initieel			
Paal 1	156	114,3	
Paal 2	117,7	92	
Paal 3	109,9	86	
Paal 4	107,6	83,6	
Paal 5	58,6	47,2	
+2,0 NAP			
Paal 1	133,1	110,43	15%
Paal 2	110,3	91,1	7%
Paal 3	102,7	84,8	6%
Paal 4	99,1	82,3	8%
Paal 5	53,7	46,4	10%
+ 1,8 NAP			
Paal 1	110	106,5	29%
Paal 2	101,7	89,7	14%
Paal 3	93,5	83,3	15%
Paal 4	88,4	80,7	18%
Paal 5	47,9	45,5	20%



Figuur 13 - Nummering paalfundering

5 Monitoring

Tijdens het verlagen moet al het weggehaalde gewicht gewogen worden, met deze data kan er een betere voorspelling voor de levensduur gemaakt worden en kunnen de toekomstige metingen beter gemotiveerd worden. Ook moet er tijdens de maaiveldverlaging gelet worden op de posities van de machines, deze moeten zich bevinden op de rijbaan.

Als het maaiveld verlaagd is zal het rak gemonitord worden, het wordt gemonitord in het x-,y-,z-vlak. Het x-,y-vlak wordt gemonitord met behulp van tachymetrie en het z-vlak wordt gemonitord met behulp van waterspanning. De meetbouten zijn om de 8-10 meter in de kademuur gezet. De kademuur zal met een frequentie van één keer in de maand in het x-,y-,z-vlak gemeten worden, tijdens het verlagen van het maaiveld en minstens in de periode één jaar na de verlaging. Wanneer deformatie zichtbaar is worden de maatregel die gegeven zijn in het Technisch Advies (opgesteld door Team Advies en Veiligheid) aangehouden.

De bomen zullen ook gemonitord worden, die worden gemonitord op hun sterkte wanneer het maaiveld verlaagd is. Een trekproeven aan de boom, boom 343650 (zie Figuur 5), wordt gedaan wanneer de boom gekapt wordt.

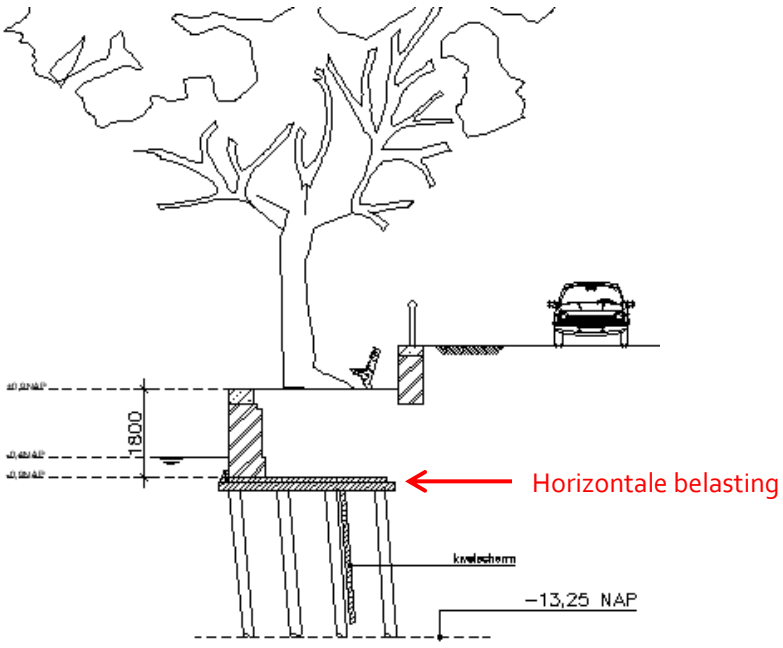
6 Verwachting na maaiveldverlaging

6.1 Bezwijkmechanismen

De bezwijkmechanismen van het betreffende rak zijn weergeven in Hoofdstuk 2.2 Technische staat. Door middel van het maaiveld verlagen wordt de verticale belasting op de funderingspalen verlaagd en worden dus de bezwijkmechanismen 2 en 8 verholpen. De horizontale belasting op het gemetselde muurtje neemt af en het gemetselde muurtje blijft in zijn huidige staat. Dit betekent dat de bezwijkmechanismen 3,4 en 6 worden ook verholpen met het verlagen van het maaiveld. Echter is er een geringe reductie van de horizontale belasting op de kademuurconstructie (zie Figuur 14), dus bezwijkmechanismen 9 zal niet verholpen worden.

6.2 Levensduur

De verwachting is dat deze beheersmaatregel (het verlagen van het maaiveld) de levensduur niet zal verlengen, sterker nog; de verwachting is dat deze beheersmaatregel de levensduur zal verkorten. De vermoedelijke horizontale bezwijkmechanismen worden niet verholpen en de verwachting is dat de afname van de verticale belasting op de kademuurconstructie, de horizontale bezwijken van de gehele kademuurconstructie zal bevorderen.



Figuur 14 - Aangrijppunt horizontale belasting

7 Conclusies en advies

7.1 Conclusie

Naar aanleiding van de verwachte resultaten na de maaiveldverlaging wordt er een voorlopig negatief advies gegeven voor het verlagen van het maaiveld van de Leidsekade (SIG0803-01).

7.2 Advies

Voor een maaiveldverlaging op de Leidsekade dient er nader onderzoek gedaan te worden naar een constructie met een kerende functie langs de rijweg. Deze kerende constructie zal voor een groot deel de horizontale belastingen moeten afdragen naar de ondergrond (en dus de horizontale belasting op de kadeconstructie reduceren).

Het technisch advies, zie Bijlage 1, stelt de nodige beheersmaatregelen om de veiligheid van de Prinsengracht wederom te waarborgen.

8 Draagvlak

Een verlaging van het maaiveld creëert veel kansen voor de gemeente Amsterdam. Het is een relatief simpele levensduurverlengende oplossing voor kritieke rakken in de binnenstad van Amsterdam. Met het verlagen van het maaiveld kan de functie van het rak kan behouden blijven en vervanging van de kademuurconstructie wordt uitgesteld. Het uitstellen van vervanging is belangrijk voor de bereikbaarheid en leefbaarheid van de binnenstad van Amsterdam.

Door middel van een groenstrook aan te brengen op het verlaagde maaiveld wordt er een stuk rak terug gegeven aan de Amsterdammer. Deze groenstrook zal ingevuld worden met bankjes, er wordt een mogelijkheid gecreëerd om te flaneren langs het water. Kortom een maaiveldverlaging bevorderd de belevenis van de straat en werkt mee aan een groener Amsterdam.

Deze field lab zal zich aansluiten bij verschillende kenniscentra, de kenniscentra zullen beoordelen of de field lab kan bijdragen aan het beantwoorden van eventueel nieuwe onderzoeksvragen. Buiten de verschillende vraagstukken over houten funderingspalen, zullen er ook nieuwe ecologische vraagstukken interessant worden. De toegevoegde groenstrook langs de kademuur neemt een aantal risico's met zich mee, vooral t.b.v. de bomen. Het is bijvoorbeeld ook ingewikkeld om de groenstrook één hoogte te geven (het vermijden van hobbels in de groenstrook is erg ingewikkeld), dit risico levert een nieuw vraagstuk aan de afdeling Natuur incl. Bouwen.

Bronvermelding

1. Rinske van Schooneveld, (13 juli 2019). Notitie indeling areaal kademuren
2. Nienke Lanting, (juli 2019). Gemeente Amsterdam – Bruggen en kademuren
https://amsterdam.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=97e3bb322b97469e8e81090d28e7a5f
3. Jan Willem Dusseldorp, (16 november 2016). Leidraad van kademuren
4. Lester Neijzing (3 december 2018). Kademuur Marnixkade – Constructieve beoordeling kademuur
5. TAB-team (19 december 2019). Toetsingskader Amsterdamse Bruggen.
6. Waternet (21 januari 2020). Peilbuizen Waternet V1.0.
https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=365ce03b38c54081a2394205c0ee53c0
7. Malcolm Badu (24 augustus 2019). Technisch advies kademuur Singelgracht

Gemeente Amsterdam
Field lab
Yonne Jaeger

Versie 1
17 april 2020

Bijlage(n)

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

Versie 1
17 april 2020

Bijlage 1 - Technisch advies SIG0803-01

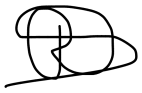
Gemeente Amsterdam

Bezoekadres
Weesperstraat 430
1018 DN Amsterdam

Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon 14 020
amsterdam.nl/ingenieursbureau

SIG0803-01
Technisch advies kademuur Singelgracht

Aan	Bas Wouwenaar (Assetmanagement VOR)
	Martijn Meulblok (Voorportaal)
Opgesteld door	Malcolm Badu (Advies Veiligheid)
Gecontroleerd door	Rudi van Rooijen (Advies Veiligheid)
Kenmerk	SIG0803-01-TA-2019-D
Status	Definitief
Datum	24 augustus 2019

Vrijgave IB:
Rinske van Schooneveld 
Datum: 30-09-2019

Samenvatting

In dit document wordt advies gegeven over de technische staat van de kademuur SIG0803. Het rak is ca. 20 m lang en gelegen aan de Singelgracht.
Het doel van dit document is tweeledig. Allereerst om de resultaten van het duikonderzoek dat is uitgevoerd door Baars-CIPRO te analyseren. Daarna wordt op basis van de resultaten en andere beschikbare onderzoeken een volledig advies gegeven over de technische staat van het rak.

De uitgevoerde onderzoeken hebben aangetoond dat de kademuur in zeer slechte staat verkeert. Er zijn verticale scheuren waargenomen en de houten fundering is aangetast (gespleten kespen en paalkoppen). Daarnaast zijn diverse bezwijkmechanisme waargenomen, namelijk overschrijden verticaal paal(druk)draagvermogen, overschrijden van algemene stabiliteit, constructief bezwijken palen, dan wel afbreken/splijten van de kespen en bezwijken metselwerk door verplaatsing fundering.
Geconcludeerd wordt dat de stabiliteit van de kademuur SIG0803-01 niet langer is gegarandeerd en de kade dus niet meer veilig functioneert, uitgaande van de huidige reguliere belastingen. Er wordt het volgende geadviseerd:

- De kademuur maandelijks te monitoren (inclusief de aangrenzende delen SIG0803-02 en SIG0803-03.
- De parkeervakken per direct af te sluiten.

Indien uit monitoring gegevens blijkt dat de kade aan het deformeren is wordt geadviseerd:

- Maximale gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5kN/m2 tot en met de gevel, alleen toegankelijk voor fietsers-/ voetgangersverkeer en incidenteel nood- en hulpdiensten.

De verwachting is dat bovenstaande last beperkende maatregelen een positief effect zal hebben op het gedrag van de kade. Indien uit de monitoring blijkt dat de kade blijft vervormen, is het advies alsnog over te gaan op een tijdelijke noodconstructie. Een andere mogelijkheid is om direct over te gaan op een noodconstructie als het toepassen van last beperkende maatregelen niet wenselijk is. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Damwand aangevuld met zand
- Damwand met stempel

Voor de noodconstructie wordt geadviseerd deze te realiseren ter plaatse van SIG0803-01 en SIG0803-02

Inhoudsopgave

1. Inleiding 4
2. Uitgangspunten en basisinformatie 5
2.1 Aanleiding 5
2.2 Scope en locatie 6
2.3 Doornsnede kademuur 7
2.4 Gebruik van de kademuur 7
2.5 Bureaustudie en uitgevoerde onderzoeken 8
2.6 Signalen en bezwijkmechanismen 10
3. Conclusie technische staat en advies IB 11
3.1 Conclusie technische staat 11
3.2 Advies 11
Bijlage(n)

1. Inleiding

Het programma Bruggen en Kademuren is verantwoordelijk voor de grootschalige aanpak van de problematiek rondom bruggen en kademuren. De realiteit is dat van een groot aantal bruggen en kademuren niet bekend is in welke staat ze verkeren en welke belasting ze nog aan kunnen. Er is hiervoor nog te weinig technische informatie beschikbaar. Een van de doelen binnen het programma is het waarborgen van de veiligheid en functionaliteit van de bruggen en kademuren. Prioriteit is hierbij het verkleinen van de risico's op incidenten en het beperken van de gevolgen. Om hierop te kunnen anticiperen wordt vanuit het team Advies en Veiligheid onder andere onderzoek gedaan naar de technische staat van de kademuren in Amsterdam.

Dit rapport is opgesteld met als het doel om technisch advies uit te brengen over het rak SIG0803-01. Het advies is tweeledig. Allereerst wordt op basis van de onderzoekgegevens beoordeeld wat de technische staat is van de kademuur. Vervolgens wordt advies uitgebracht of de constructie veilig functioneert uitgaande van het huidige gebruik.
Indien uit het onderzoek blijkt dat de stabiliteit van de kade niet kan worden gegarandeerd wordt in het tweede deel van dit advies voorstellen gedaan voor beheersmaatregelen. Het advies is gericht op het verkleinen van risico's op calamiteiten (door adequate en snelle beheersmaatregelen) en het beperken van gevolgen bij calamiteiten.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In het eerste deel is het technisch advies uiteen gezet. Hierin wordt eerst uitgelegd waarom het technisch advies wordt opgesteld en wat het doel is. Daarna wordt door middel van beschikbare informatie nader ingegaan op het rak. Het waargenomen schadebeeld kan een indicatie zijn van bepaalde bezwijkmechanismen. Het advies wordt afgerond met een conclusie waarin de technische staat van de kademuur omschreven wordt.
Het tweede deel omschrijft welke beheersmaatregelen geadviseerd worden. Op basis van de geïdentificeerde bezwijkmechanismen worden beheersmaatregelen voorgesteld voor het specifieke rak.

2. Uitgangspunten en basisinformatie

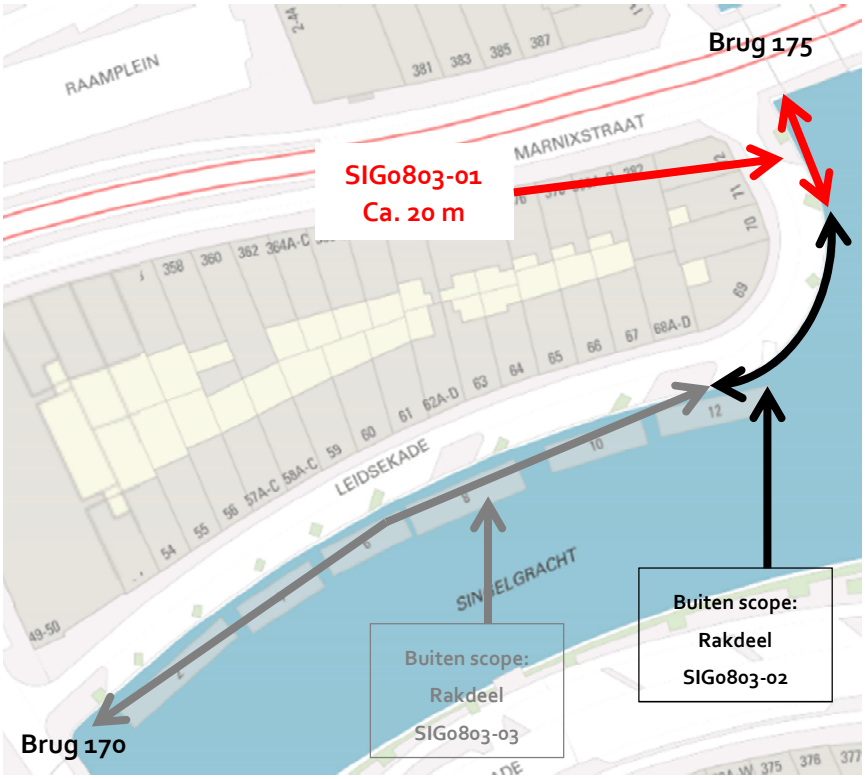
2.1 Aanleiding

Begin 2019 zijn 80 rakken door de assetmanager aangeduid als kritische rakken. Op basis van een visuele inspectie is vastgesteld dat deze rakken spoedig tot een calamiteit kunnen leiden. Om op korte termijn inzicht te krijgen in de toestand onder water zijn duikinspecties uitgevoerd.

Baars-CIPRO is gevraagd ca. 80 kademuren in Amsterdam te inspecteren en te beoordelen. Dit rak is onderdeel van deze scope. Het doel is om allereest de resultaten van het duikonderzoek te analyseren. Vervolgens wordt aan de hand van de resultaten en andere beschikbare informatie, advies gegeven over de technisch staat van de kademuur, uitgaande van de huidige reguliere belastingen

2.2 Scope en locatie

De kademuur van het rak SIG0803-01 is 20 m lang en gelegen aan de Singelgracht. De kade ligt ter hoogte van huisnummers 70 t/m 72 en bevindt zich tussen het rak SIG0803-02 en brug 175. In de onderstaande figuur is een overzicht te vinden van het rak. Het rak bestaat uit 1 constructie type.



Figuur 1: Locatie rak SIG0803-01



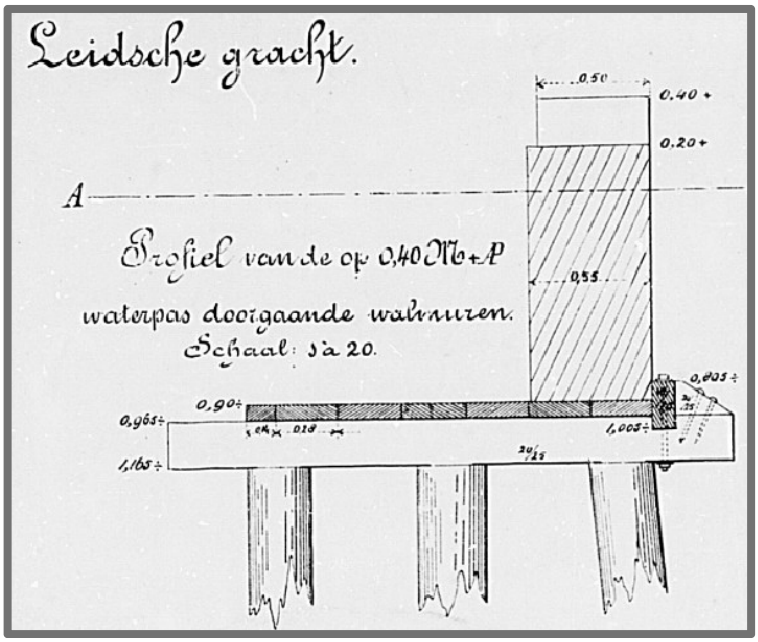
Figuur 2: Overzichtsfoto rak SIg0803-01 vanaf de singelgracht (bron: Google maps)

Tabel 1: Overzicht rak

Identificatie rak	
Raknummer	SIG0803-01
Aangelegen water	Singelgracht
Gelegen tussen de bruggen	Brug 175 en SIG0803-02
Aangelegen straat	Leidsekade 70 t/m 72
Totale lengte rak	20 m
Bouwjaar	1881
Constructie type	Gemetselde gewichtsmuur op houten palen
Afstand tot belending	Ca. 10 m

2.3 Doorsnede kademuur

In figuur 3 is een doorsnede te vinden van het rak (bron: archieftekeningen).



Figuur 3: Doorsnede rak Sigo803-01

2.4 Gebruik van de kademuur

Regulier gebruik van de kademuur (indeling: parkeren, rijbaan, stoep en gebouwen)

- Geen woonboten aanwezig. Ter plaatse van het aangrenzend rak (SIG0803-02) zijn wel woonboten aanwezig;
- Bomen aanwezig.

2.5 Bureaustudie en uitgevoerde onderzoeken

In het onderstaand overzicht zijn de onderzoeken uiteengezet die geraadpleegd zijn bij het opstellen van dit advies:

1. Bureaustudie – inventarisatie informatie
2. AnteaGroup – Instandhoudingsinspectie en conditie meting (toegevoegd in bijlage 1)
3. Baars-Cipro – Rapport duikonderzoek (toegevoegd in bijlage 2)
4. KLIC – melding (toegevoegd in bijlage 3)
5. Advies veiligheid – Schouw (toegevoegd in bijlage 4)

Onderstaand wordt een samenvatting gegeven van constateringen van de verschillende onderzoeken.

Ad 1. Bureaustudie - Inventarisatie Informatie
Uit de eerste inventarisatie in is gebleken dat SIG0803-01 onderdeel is van het rak SIG0803. Het rak SIG0803 is opgedeeld in SIG0803-01, SIG0803-02, SIG0803-03 (zie figuur 1). Er is uit onderzoek gebleken dat de kademuur (SIG0803-01, SIG0803-02 en deel van SIG080-03-03) dateert uit 1881. Het gaat hierbij om een gemetselde gewichtsmuur op houten palen (met kesp, watersloof en houten vloer). Bouwjaar en constructietype van het resterende deel (deel van SIG0803-03) is onbekend. Informatie met betrekking tot de andere rakdelen zijn in deze analyse meegenomen omdat vanuit integraal oogpunt zinvoller is om een rak van brug tot brug te beschouwen.

Ad 2. Instandhoudingsinspectie en conditie meting AnteaGroup 2015
In 2017 is door AnteaGroup een inspectie uitgevoerd aan de kade SIG0803. Hierbij is de hele kade geïnspecteerd, inclusief alle rakdelen. Er is gebleken dat het rak in matige staat verkeert. Ter plaatse van het rak sig0803-01 Er zijn constructieve scheuren (over de gehele hoogte van de wand) waargenomen. Daarnaast is op deze locatie te zien dat de kademuur naar voren komt.

Ad 3. Funderingsonderzoek Baars-Cipro
In 2018 en 2019 is door Baars-CIPRO duikinspectie uitgevoerd aan het rak SIG0803-01 (20 m) om te achterhalen wat de situatie is onder de waterlijn. Dit resulteerde in de volgende bevindingen:

2018

- Het rak SIG0803-01 bestaat uit metselwerk dat gefundeerd is op een houten paalfundering.
- Metselwerk wand is door het bezwijken van de onderdelen naar voren gekomen. Horizontale verplaatsing van de wand is onderin groter dan bovenin. De waargenomen verticale scheur is meer dan 1 meter diep en is op vloerniveau 65 mm breed. Ter plaatse van de fundering is te zien dat de houten kespen zijn aangetast en gespleten. De verjonging van de palen is sterk vervormd en draagt niet meer. Verder is de schuifbalk omhoog geduwd en kan hierdoor geen horizontale krachten meer vanuit de muur overbrengen naar de vloer.

Op basis van ervaring wordt ingeschat dat zich op deze locatie binnen nu en 5 jaar (afhankelijk van verkeersintensiteit) grotere verzakkingen dan wel bezwijken gaat voordoen. Er wordt gesteld dat versterking van de kademuur noodzakelijk is.

2019

- Dezelfde constructietype, als hierboven is omschreven (2018), is waargenomen.
- De algehele staat van het rak SIG0803-01 is op basis van de inspectie zeer slecht. De voorste palenrij staan negatief schoor. Tevens is aan het einde van het rak een scheur in het metselwerk waargenomen. Circa 80% van de kespen zijn gespleten, afgebroken of verkeren in slechte staat. De kade is aan het deformeren, hierdoor wordt de watersloof van zijn plaats gedrukt.
- De volgende bezwijkmechanismen zijn aangetroffen: overschrijden verticaal paal(druk)draagvermogen, overschrijden van algemene stabiliteit, constructief bezwijken palen, dan wel afbreken/splijten van de kespen en bezwijken metselwerk door verplaatsing fundering.
- De volgende schades zijn in een eindstadium aangetroffen: gespleten kespen en weggedrukte watersloof. De gespleten paalkoppen zijn incidenteel in een gevorderd stadium aangetroffen.

Er wordt geadviseerd belasting verhogende activiteiten op maaiveld te voorkomen en tijdelijk noodvoorzieningen te plaatsen.

Ad 4. K&L

In dit advies wordt inzicht gegeven in de aanwezigheid van kabels en leidingen achter de kade. Indien sprake is van deformatie van de kade kan de aanwezigheid van K&L (bijv. gasleidingen of waterleidingen) invloed hebben op de faalkans van de constructie. Ook de gevolgschade kan toenemen. Hieronder zijn de belanngrijkste bevinden uiteengezet:

- Liander Gas ligt met een lage druk leiding onder het voetpad op ca. 11,00m van de kademuur. Ter hoogte van SIg0803-03 liggen een drietal oversteken t.b.v. de woonbootaansluitingen
- Waternet Afvalwater ligt onder de rijweg vanaf nr.72 tot 49 en gaat daar de Nieuwe Passeerderstraat in en ligt tussen nrs.55-72 op ca. 5,50m vanaf de kademuur en tot nr.49 op 8,50m vanaf de kademuur. Ter hoogte van nr.51 is een overstortput geplaatst tegen de kademuur.
- KPN ligt vanuit de Koekjesbrug met 2 kabels/buizen op ca. 0,50m uit de kademuur vandaan en steekt over naar nr.49. Onder het voetpad voor nrs. 49-67 liggen 4 tot max. 13 kabels op ca. 12,80m vanaf de kademuur. Ter hoogte van nr.67 ligt een oversteek met 8 kabels naar een boring onder de Singelgracht door richting Nassaukade. De boring is ter plaatse van SIG0803-02 en 03

Ter plaatse van brug 175 liggen diverse kabels en leidingen dicht bij de kademuur. Afhankelijk van het ontgraving profiel zullen deze weinig invloed hebben op eventuele werkzaamheden aan de kademuur. Ter plaatse van het rak Sig0803-02 en 03 liggen de kabels en leidingen grotendeels binnen de invloedsfeer van de kade.

Ad 5. Schouw

In september 2019 is door het team Advies Veiligheid een visuele inspectie uitgevoerd op locatie. Hieruit is gebleken dat het rak (SIG0803-01) in slechte staat verkeert. Er is in het midden van het rak over de gehele hoogte een verticale scheur waargenomen. Het vermoeden bestaat dat deze scheur het kantelpunt is voor de horizontale verplaatsing (aflandig) van het rak SIG0803-01 (deels) en SIG0803-02. Dit is ter plaatse van de bocht waar de remkrachten van het verkeer het hoogst zijn. Het resterende deel van het rak (SIG0803-03) vertoond geen visuele bijzonderheden. Er wordt geadviseerd de kade per direct te monitoren en de parkeervakken ter plaatse van SIG0803-01 en SIG0803-02 af te sluiten. Met betrekking tot vernieuwing wordt voorlopig geadviseerd alleen SIG0803-01 en SIG0803-02 te vervangen.

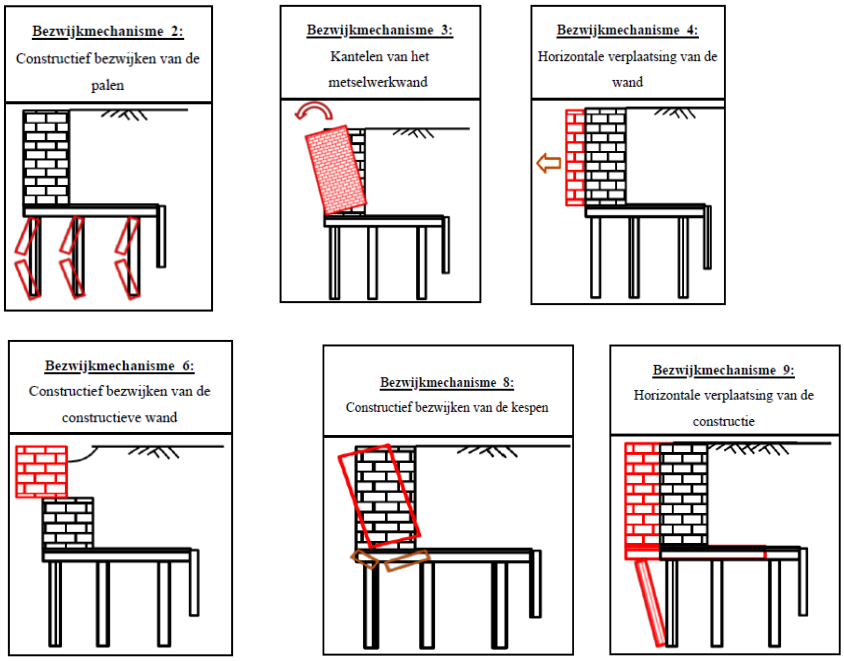
2.6 Signalen en bezwijkmechanismen

In deze paragraaf worden de signalen en bezwijkmechanismen behandeld. De signalen worden geïdentificeerd aan de hand van de onderzoeken die in paragraaf 2.3 zijn omschreven. Vervolgens wordt aan de hand hiervan mogelijke bewzijkmechanismen genoemd.

Tabel 2: Signalen schadebeelden

Signalen
Boven de waterlijn
Scheuren in het metselwerk
Zetting constructie
Horizontale verplaatsing (gevolg: gebogen constructie in de langsrichting)
Onder de waterlijn
Scheefstand palen
Kespen gespleten
Pen gat verbinding niet sluitend
Aangetaste funderingspalen
Aangetast of ontbrekende schuifhout/watersloof

Het schadebeeld doet vermoeden dat er sprake kan zijn van de volgende bezwijkmechanismen:



Gemeente Amsterdam

3. Conclusie technische staat en advies IB

Dit hoofdstuk bevat de conclusies en adviezen vanuit het team Advies veiligheid. De conclusies zijn gericht op het beantwoorden van de vraag die in hoofdstuk 1 beschreven staat. Eerst worden de onderzoeksresultaten vanuit het team Advies veiligheid geïnterpreteerd. Vervolgens wordt advies gegeven over de technische staat van de kademuur en eventuele beheersmaatregelen.

3.1 Conclusie technische staat

De uitgevoerde onderzoeken hebben aangetoond dat de kademuur in zeer slechte staat verkeert. Er zijn diverse bezwijkmechanismen waargenomen. Tevens zijn een aantal schadebeelden in een gevorderd stadium aangetroffen (gespleten kespen en paalkoppen) . Geconcludeerd wordt dat de stabiliteit van de kademuur SIG0803-01 niet langer is gegarandeerd en de kade dus niet meer veilig functioneert, uitgaande van de huidige reguliere belastingen.

3.2 Advies

Op basis van de waargenomen schadebeelden en bezwijkmechanismen wordt het volgende geadviseerd voor het rak.

1. **Vernieuwen**

Uit het oogpunt van efficiëntie wordt geadviseerd het rak zo spoedig mogelijk vervangen. Het huidige risicoprofiel **A** blijft ongewijzigd. De rakken SIG0803-02 en SIG0803-03 dienen hierbij ook beschouwd te worden omdat het vervangen van rakdeel SIG0803-01 invloed kan hebben op de constructieve veiligheid van het aangrenzende rak. Daarnaast is gezien de vermoedelijke leeftijd zinvol om de andere rakdelen te vernieuwen.

2. **Onderzoek**

Geen nader onderzoek nodig voor het rak SIG0803-01. Echter dienen er beheersmaatregelen toegepast te worden tot op het moment van vervanging. De overige rakken (SIG0803-02 en SIG0803-03) dienen nader onderzocht te worden.

Bewaken

De kademuur wordt momenteel gemonitord, continueer de maandelijkse monitoring .

Beperken

De volgende beheersmaatregelen dienen toegepast te worden om de kade veilig te laten functioneren, zolang de vervanging nog niet wordt gerealiseerd:

- De parkeervakken afsluiten.

Indien uit monitoring gegevens blijkt dat de kade aan het deformeren is wordt geadviseerd:

- Maximale gelijkmatig verdeelde belasting van 2,5kN/m2 tot en met de gevel, alleen toegankelijk voor fietsers-/ voetgangersverkeer en incidenteel nood- en hulpdiensten;

Versterken

De verwachting is dat bovenstaande last beperkende maatregelen een positief effect zal hebben op het gedrag van de kade. Indien uit de monitoring blijkt dat de kade blijft vervormen, is het advies alsnog over te gaan op een tijdelijke noodconstructie. Een andere mogelijkheid is om direct over te gaan op een noodconstructie als het toepassen van last beperkende maatregelen niet wenselijk is. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Damwand aangevuld met zand
- Damwand met stempel

Voor de noodconstructie wordt geadviseerd deze te realiseren ter plaatse van SIG0803-01 en SIG0803-02

Bijlage(n)

Bijlage 1 – AnteaGroup – Instandhoudingsinspectie en conditie meting
Bijlage 2 – Baars-Cipro – Rapport duikonderzoek
Bijlage 3 – KLIC – melding
Bijlage 4 – Advies veiligheid – Schouw

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

Versie 1
17 april 2020

Bijlage 2 - Berekeningsrapport

Gemeente Amsterdam

Definitief
Versie 1
2 april 2020

Kademuur SIG0803-01 – Maaiveldverlaging

Berekeningsrapport

Auteur(s)
Yonne Jaeger
y.jaeger@amsterdam.nl

Opdrachtgever
Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam
AOG: Annemarij Kooistra

Contactpersoon
Matthijs Griffioen
matthijs.griffioen@amsterdam.nl

Inhoud

1 Inleiding **3**
1.1 Projectomschrijving 3

2 Basisinformatie en uitgangspunten **4**
2.1 Algemene basisinformatie 4
2.2 Ontwerpuitgangspunten 4
2.3 Normen en richtlijnen 5
2.4 Computerprogrammatuur 6
2.5 Materialen 6
2.6 Bodemopbouw en waterstand 6

3 Beschrijving constructie en modellering **8**
3.1 Algemeen 8
3.2 Indeling maaiveld 8
3.3 Gemetseld muurtje 8
3.4 Gemodelleerde constructie 9

4 Belastinggevallen en –combinaties **11**
4.1 Belasting factoren conform eurocode 11
4.2 Belastinggevallen 11
4.3 Belastingcombinaties 17

5 Berekeningsmethodiek **18**
5.1 Belastingcombinatie Initieel 19
5.2 Belastingcombinatie +2,3m NAP 22
5.3 Belastingcombinatie +1,8m NAP 25

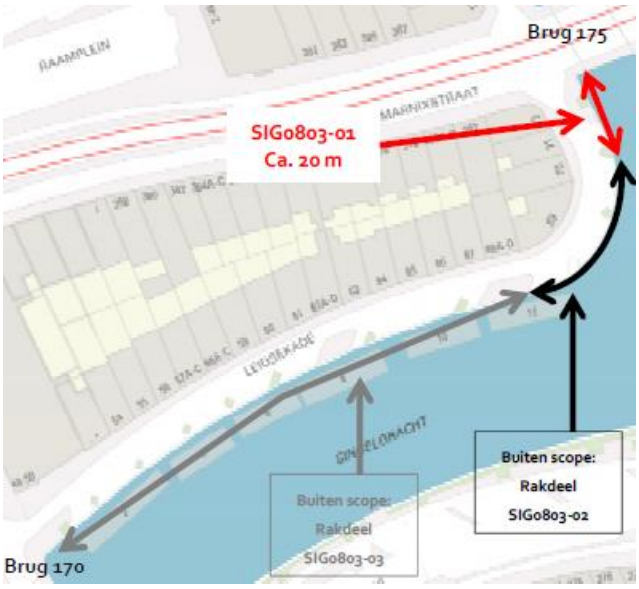
6 Resultaten **28**
6.1 Resultaten per belastingcombinatie 28
6.2 Resultaten per belastinggeval 35

1 Inleiding

In dit rapport zijn de berekeningen van voor het SCIA-model van de Leidsekade (SIG0803-01) weergeven. Dit berekeningsrapport is een Bijlage van het adviesrapport over de verlaging van het maaiveld van de Leidsekade (SIG0803-01), opgesteld door Yonne Jaeger.

1.1 Projectomschrijving

De verlaging van het maaiveld op de Leidsekade (SIG0803-01) zal plaatsvinden op 20 meter langs de kademuur en begint vanaf brug 175, zie Figuur 1. Op het verlaagde stuk maaiveld komt een groenstrook en de bomen kunnen gehandhaafd worden (afhankelijk van het precieze aantal verlaagde centimeters). Deze groenstrook heeft recreatieve doeleinde (flaneren langs de gracht bijvoorbeeld) en zal een aangename invloed hebben op de belevenis van de desbetreffende straat. De overgang van de autoweg in het verlaagde maaiveld wordt overbrugd door een talud. In het adviesrapport is de opdracht nader beschreven.



Figuur 1 - Locatie SIG0803-01

2 Basisinformatie en uitgangspunten

2.1 Algemene basisinformatie

De volgende informatie is geraadpleegd voor het verkrijgen van representatieve resultaten

1) Technisch Advies SIG0803-01
2) Toetsingskader Amsterdamse kademuren (TAK)
3) Leidraad beoordeling constructieve veiligheid
4) NEN8700 serie– beoordelen bestaande bouwconstructies
5) CUR186 – Binnenstedelijke kademuren

2.2 Ontwerpuitgangspunten

2.2.1 Bouwjaar

Het bouwjaar van de kadeconstructie is 1881.

2.2.2 Technische staat

De technische staat van het rak is beschreven in het Technisch Advies, opgesteld door het team Advies en Veiligheid. Dit rapport in bijgevoegd als Bijlage 1 van het adviesrapport.

2.2.3 Gevolgklassen

Tabel 1 - definitie gevolgklasse

Gevolgklasse	Omschrijving
CC1	Geringe gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of kleine of verwaarloosbare economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC2	Middelmatige gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.
CC3	Grote gevolgen ten aanzien van het verlies van mensenlevens, en/of zeer grote economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

Voor kademuren wordt er uitgegaan van gevolgklasse CC2

2.2.4 Fundamentele belastingcombinaties

of, in plaats hiervan voor STR en GEO grenstoestanden, de minst gunstige van de twee volgende formules:

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

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

waarin:

"+" betekent "te combineren met"
Σ betekent "de gecombineerde uitkomst van"
ξ is een reductiefactor voor ongunstige, blijvende belastingen G.

2.3 Normen en richtlijnen

Tabel 2 - normen en richtlijnen

Norm/richtlijn	Titel	Jaar	Revisie
NEN-EN1990 (+NB)	Eurocode 0: Grondslagen van constructief ontwerp.	2011	A1+A2/C2
NEN-EN1991-1-1 (+NB)	Eurocode 1: Belastingen op constructies – Algemene belastingen	2011	C1
NEN-EN1995-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekeningen van houtconstructies	2011	C1/A1
NEN8700	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Grondslagen	2011	-
NEN8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren - Belastingen	2011	-
NEN8707	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur - Geotechnische constructies	2018	-
CUR186	Binnenstedelijke kademuren	2013	1e druk
Leidraad	Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)	2016	1.0
TAK	Toetsingskader Amsterdamse Kademuren	2019	1.0

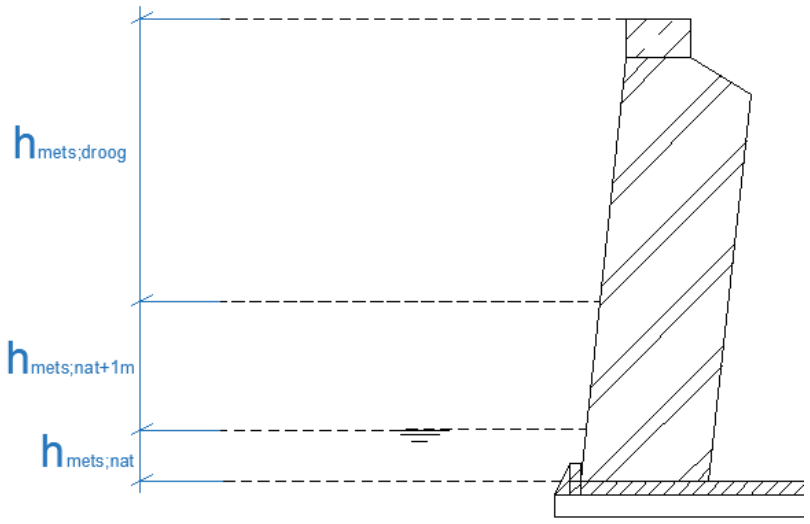
2.4 Computerprogrammatuur

Tabel 3 - computerprogramma's

Programma	Toepassing	Versie
SCIA Engineer	EEM-berekeningen	2017
Microsoft Word	Rapportage	2010
Autocad	Tekeningen	2019

2.5 Materialen

Materiaal (toepassing)	Soortelijk gewicht [kN/m^3] (Y_x)
Hout vloerdelen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Hout kespen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Hout funderingspalen (aanname kwaliteit: C24)	4,12
Natuursteen	24
Klinkers (betonstraatsteen)	23
Metselwerk (vanuit Leidraad, beoordeling constructieve veiligheid (kademuren)) (zie Figuur 2) Onder waterlijn Tot 1 m boven waterlijn Vanaf 1 m boven waterlijn	 23*0,9 (veiligheidsfactor 0,9) 23 20
Water	9,81
Grond Nat Droog	 20 18



Figuur 2 - Hoogtes eigengewicht metselwerk

2.6 Bodemopbouw en waterstand

Waterlijn en grondwaterstand staan op -0,4NAP (Amsterdam is aangesloten op groot waternetwerk, waterstanden worden gereguleerd).

2.6.1 Bedding funderingspalen

Tabel 4[1] - Horizontale bedding funderingspalen (vanuit Leidraad, Beoordeling constructieve veiligheid (kademuren))

Grondlaag	Boven-/onderzijde laag [m NAP]	Dikte laag [m]	$k_{h;rep}$ [kN/m^3]	$k_{h;d}$ [kN/m^3]
Klei en veen	0,0\-4,0	4,0	2000	1480
Wad afzettingen	-4,0\-9,0	5,0	4000	2960
Zandhoudende klei	-9,0\-11,0	2,0	6000	4440
Klei en veel	-11,0\-12,5	1,6	1600	1190
1^e Zandlaag	-12,5\verder	-	36000	26670

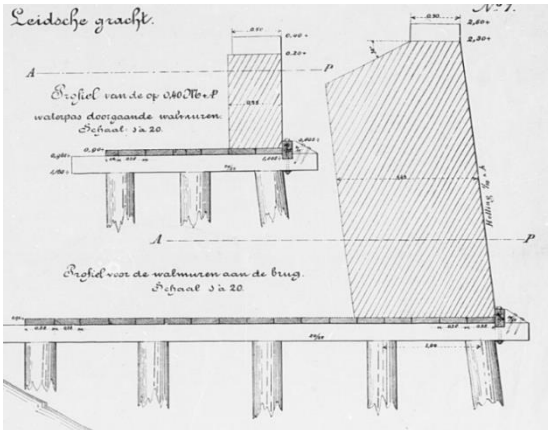
Voor de verticale bedding wordt de waarde 30 MN/m^2 aangehouden conform de TAK, opgesteld door Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam.

[1] Opgesteld volgens het Amsterdams profiel

3 Beschrijving constructie en modellering

3.1 Algemeen

De doorsnede van de kadeconstructie van de Leidsekade (SIG0803-01) is weergeven in Figuur 3.In het adviesrapport maaiveldverlaging zijn er meerdere archieftekeningen weergeven. Het gemetselde muurtje begint op -0,9NAP, echter kan de dikte van het muurtje variëren (zie Hoofdstuk 3.4 Gemodelleerde constructie).

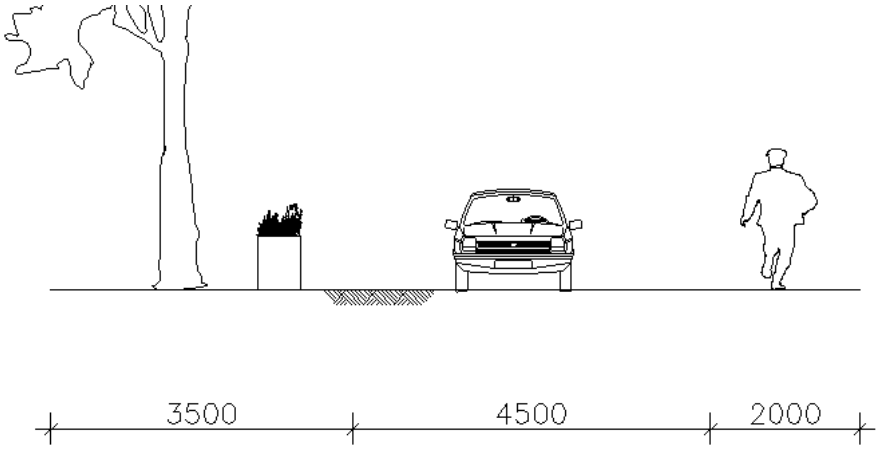


Figuur 3 – Principe doorsnede Leidsekade

3.2 Indeling maaiveld

Combinatie		Verlaging (cm)	Maaiveld hoogte t.o.v. NAP
Initieel:	Zijde A	-	+2,7
	Zijde B	-	+1,8
Verlaging 1:	Zijde A	40	+2,3
	Zijde B	-	+1,8
Verlaging 2:	Zijde A	90	+1,8
	Zijde B	-	+1,8

Achter de kademuurconstructie is een rijbaan aanwezig, de voertuigen komen aan op de oostzijde van het rak (brug 175) en het is een éénrichtingsverkeer weg. De parkeervakken langs de kade zijn afgesloten, er zijn alleen een aantal fietsen aanwezig. Op het rak zijn drie bomen aanwezig, echter vallen deze buiten de modellering (worden gekapt/verplant of zit buiten het gemodelleerde stuk rak). In Figuur 4 is de indeling van de straat weergeven.



Figuur 4 – Indeling straat SIG0803-01

3.3 Gemetseld muurtje

In werkelijkheid zit het gemetselde muurtje niet vast aan de constructievloer en schuift hij van de vloer af. Wanneer het bezwijkmechanismen aangeeft dat het muurtje kantelt, komt hij los van de vloer (zie Figuur 5) . Het muurtje als een permanente belasting gemodelleerd (om gunstige trekkrachten, ten gevolge van het moment in het muurtje). Om de praktijk zo goed mogelijk te benaderen is het moment in het gemetselde muurtje berekend en ontbonden in een verticale lijnlast op de voorste palenrij (zie hiervoor Hoofdstuk 5, Berekeningsmethodiek).



Figuur 5 - Kantelen gemetseld muurtje

3.4 Gemodelleerde constructie

De modellering is gebaseerd op een stuk kademuur van de Leidsekade (SIG0803-01). De gemetselde kademuur is gemodelleerd als een belasting voor een betrouwbaardere weergave van de werkelijkheid. Het betreffende rak wordt aan de oostzijde wordt zijde A genoemd en de westzijde wordt zijde B genoemd (zie Figuur 5). De lengte van het model is 20 meter. Het model is opgebouwd uit de volgende elementen conform Leidraad [Leidraad beoordeling constructieve veiligheid (kademuren),3]:

Houten vloer (aanname kwaliteit C24 (EN338) 100mm dik)
- Zijde A: 4,75 meter
- Zijde B: 4,2 meter

Kespen (aanname kwaliteit C24 (EN338) b x h 220x180)
- Steken 20cm uit aan de waterzijde

Houten funderingspalen (aanname kwaliteit C24 (EN338) diameter van 230 mm)
- Aantal palen hang af van de lengte van de vloer en hebben een h.o.h van 1 meter
- Paalpunt niveau -13,25m NAP[2]
- Bedding van de funderingspalen zijn gemodelleerd door middel van horizontale en verticale veren (zie Figuur 6, de blauwe stroken langs de funderingspalen).

Tabel hieronder geeft de aannames van de dimensies van de kademuurconstructie weer (tabel is opgesteld door Gemeente Amsterdam).

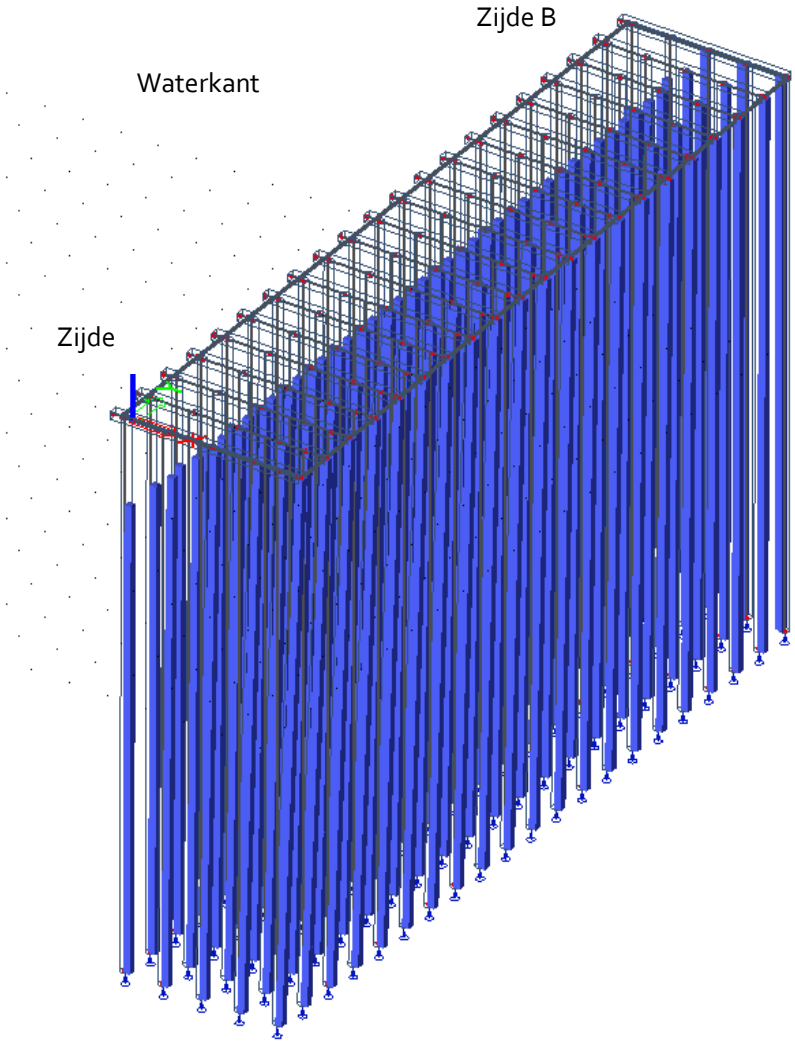
Walmuur (metselwerk)				Fundering (houtwerk)				
Bovenkant	Onderkant	Hoogte	Dikte wand	Lengte vloer	Aantal palen	h.o.h. palen	h.o.h. draagbalk	diameter palen
[m...NAP]	[m...NAP]	[m]	[m]	[m]	[stuks]	[m]	[m]	[mm]
+ 0,40	-0,90	1,30	0,55	2,50	3,00	1,00	1,00	230
+ 0,70	-0,90	1,60	0,66	2,75	3,00	1,00	1,00	230
+ 1,00	-0,90	1,90	0,77	3,25	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,30	-0,90	2,20	0,88	3,50	4,00	1,00	1,00	230
+ 1,70	-0,90	2,60	0,99	4,00	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,00	-0,90	2,90	1,10	4,30	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,30	-0,90	3,20	1,21	4,75	5,00	1,00	1,00	230
+ 2,60	-0,90	3,50	1,45	4,75	5,00	1,00	1,00	230

(Maatafwijkingen onder voorbehoudt).

[2]De aanname is dat de houten palen gefundeerd op de 1e zandlaag met maximaal twee tochten



Figuur 6 - Weergave gemodelleerde stuk rak



Figuur 7 - SCIA Engineer model SIG0803-01

4 Belastinggevallen en –combinaties

4.1 Belasting factoren

Tabel 5 - Belastingfactoren ten behoeve van verbouwniveau[3] CC2

Vergelijking CC2	Permanente belasting	Veranderlijke belasting
6.10a	1,25	1,2
6.10b	1,2	1,1
SLS	1,0	1,0

4.2 Belastinggevallen

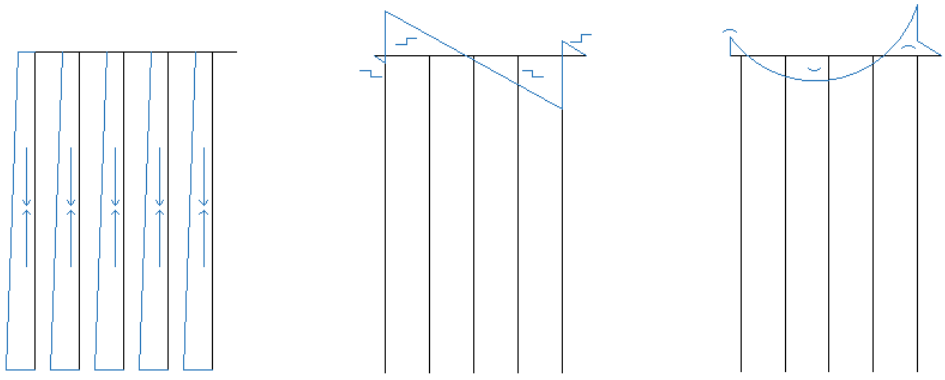
De belastinggevallen zijn genummerd zoals er genummerd is in SCIA-Engineer. De berekeningen voor de belastingen zijn weergeven in Hoofdstuk 5 Berekeningsmethodiek.

4.2.1 Permanente belastingen

Belastinggeval 1: Eigengewicht

Zie Hoofdstuk 2.5 Materialen en Hoofdstuk 3.4 gemodelleerde constructie.

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*

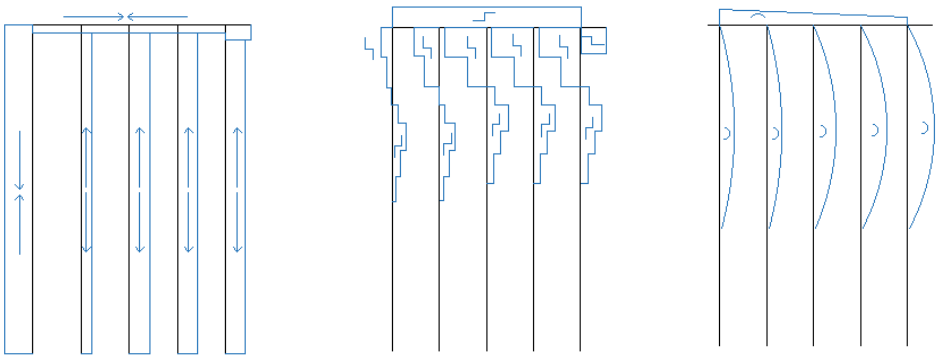


[3] Het doel van de maaiveldverlaging is de functie van de kade behouden en acute bezwijkmechanismen te voorkomen, daarom is er gekozen voor verbouwniveau.

Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen		
Verticaal	-7,2	-7,2
Bestrating		
Verticaal	-2,3	-2,3
Horizontaal	-1,15	-1,15
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	4,91	4,91

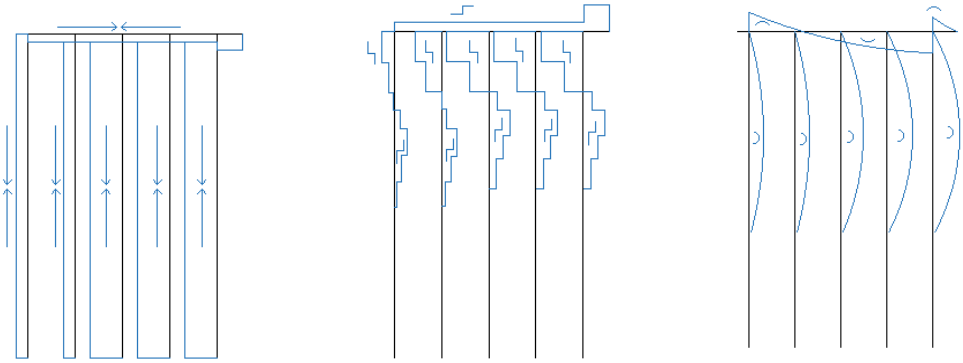
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 3: Gronddruk

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	55,8	39,6
Horizontaal	< 27,5	< 19,6
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

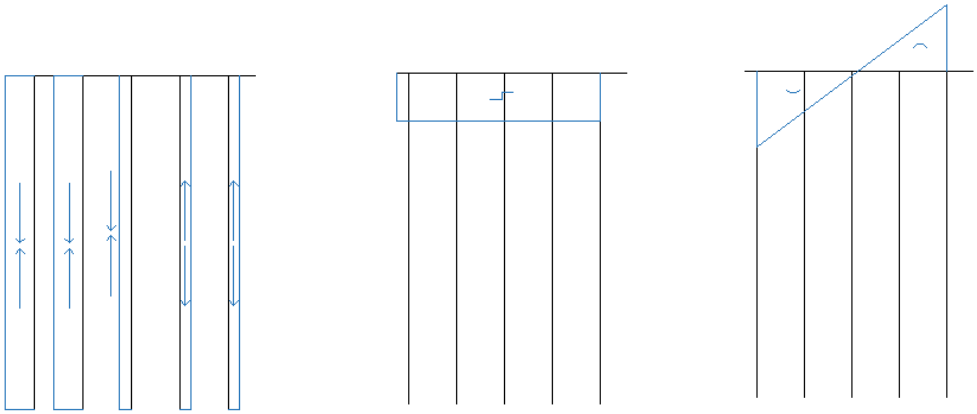
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gemetseld muurtje (-0,9NAP tot -0,4NAP)	10,35	10,35
Gemetseld muurtje (-0,4NAP tot +0,6NAP)	23	23
Gemetseld muurtje (+0,6NAP tot bovenkant)	36	18

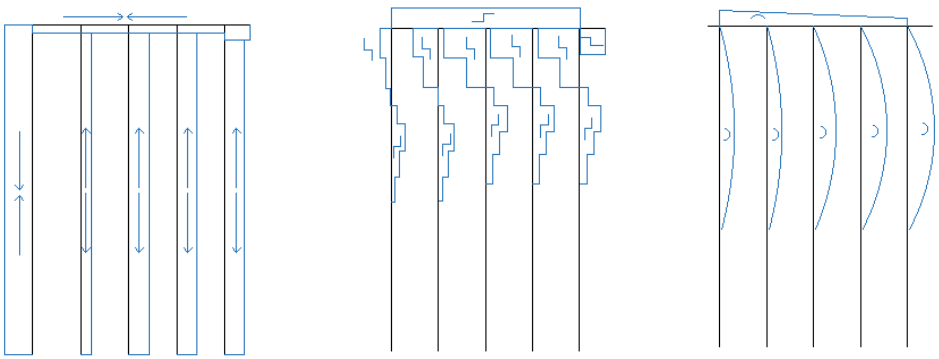
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 6: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk (+2,3m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen Verticaal	 -7,2	 -7,2
Bestrating Verticaal Horizontaal	 -2,3 -1,15	 -2,3 -1,15
Opwaartse waterdruk Verticaal	 4,91	 4,91

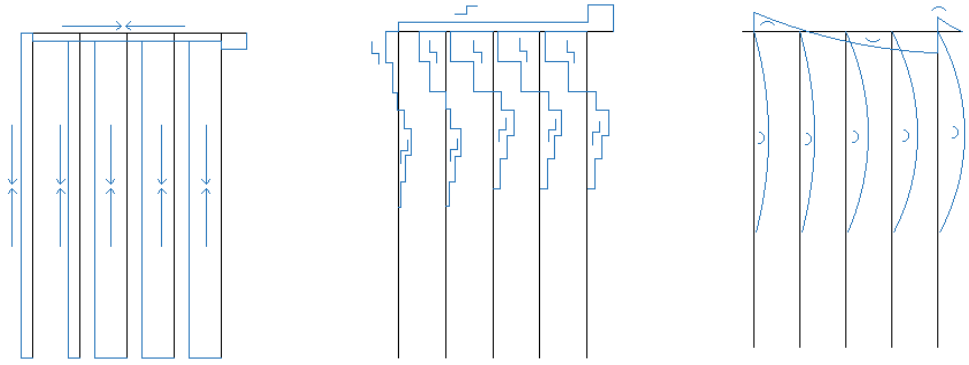
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 7: Gronddruk (+2,3m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	48,6	39,6
Horizontaal	< 24,3	< 19,6
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

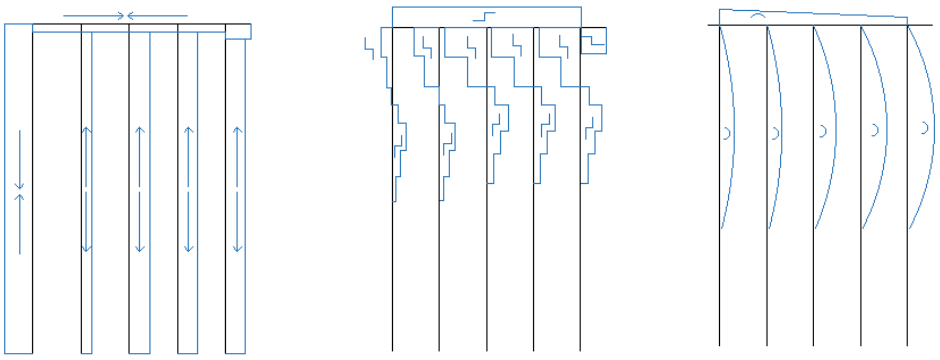
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 9: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk (+1,8m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Deksteen		
Verticaal	-7,2	-7,2
Bestrating		
Verticaal	-2,3	-2,3
Horizontaal	-1,15	-1,15
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	4,91	4,91

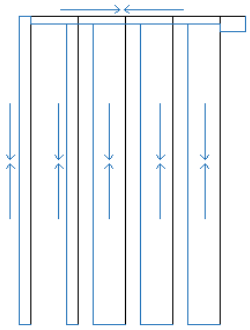
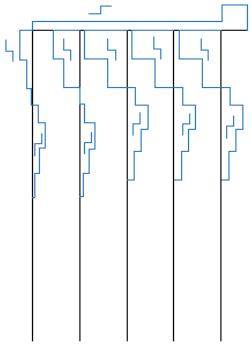
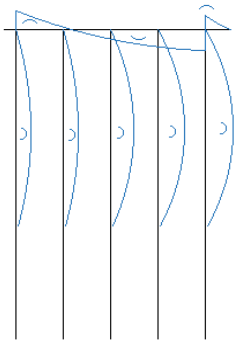
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 10: Gronddruk (+1,8m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Gronddruk droog		
Verticaal	39,6	39,6
Horizontaal	< 19,6	< 19,6
Gronddruk nat		
Verticaal	10	10
Horizontaal	< 5	< 5

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*

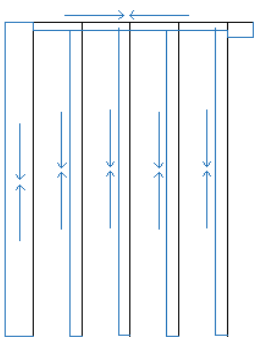
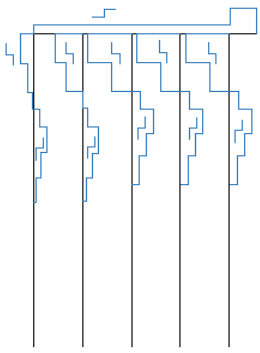
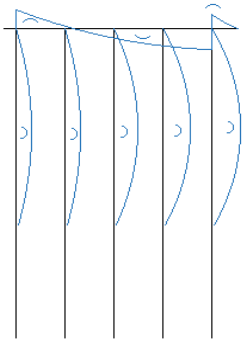




4.2.2 Veranderlijke belasting

Belastinggeval 4: Mobiele belasting

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	15	15
Horizontaal	7,5	7,5
Mensenmassa (niet maatgevend)		
Verticaal	5	5
Horizontaal	2,5	2,5

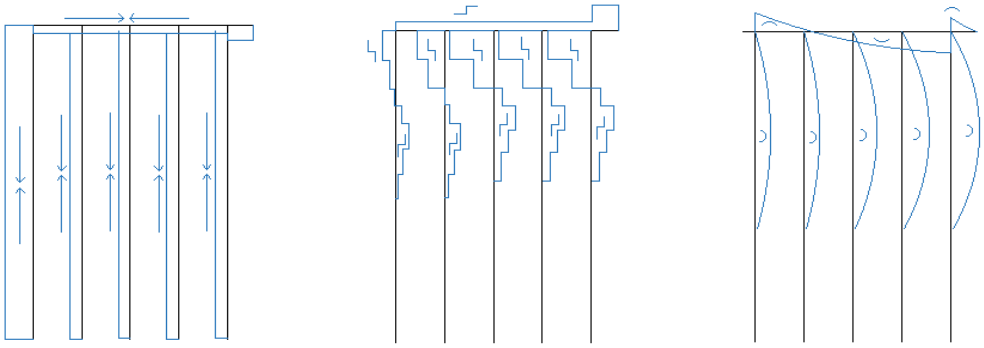
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*

Belastinggeval 8: Mobiele belasting (+2,3m NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	15	15
Horizontaal	7,5	7,5
Mensenmassa (niet maatgevend)		
Verticaal	5	5
Horizontaal	2,5	2,5

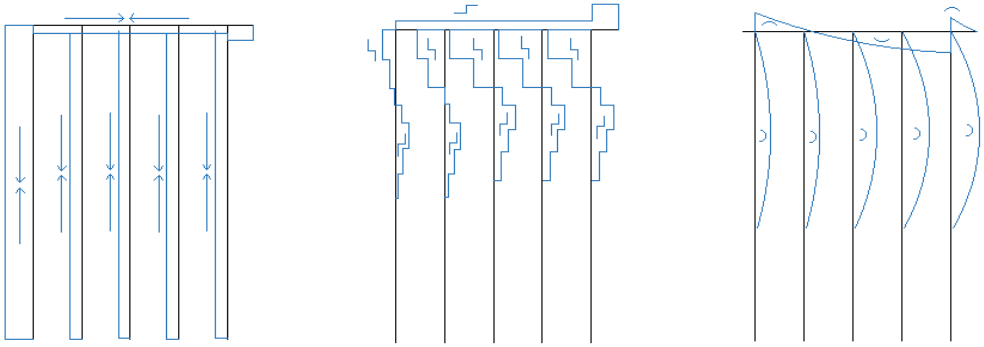
Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



Belastinggeval 12: Mobiele belasting (+1,1NAP)

Belasting ten gevolge van	Oppervlaktelast Zijde A (kN/m²)	Oppervlaktelast Zijde B (kN/m²)
Rijdend verkeer		
Verticaal	15	15
Horizontaal	7,5	7,5
Mensenmassa (niet maatgevend)		
Verticaal	5	5
Horizontaal	2,5	2,5

Normaallijn *Dwarskrachtlijn* *Momentlijn*



4.3 Belastingcombinaties

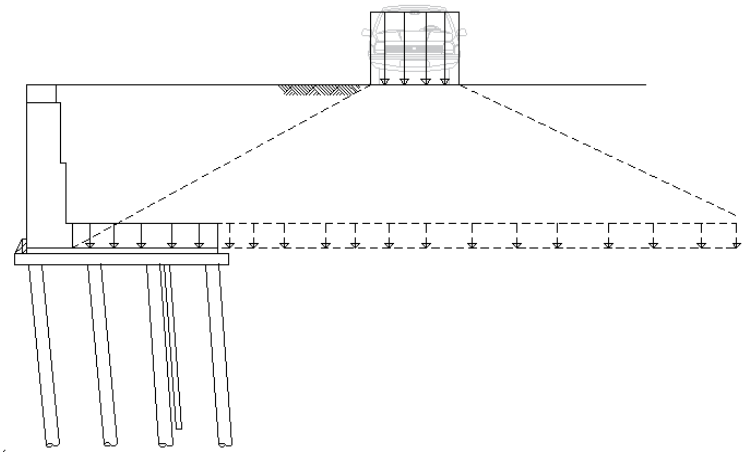
Combinatie 6.10a	Belastinggevallen
Initieel	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 2: Maaiveld Afwerking en opwaartse waterdruk Belastinggeval 3: Gronddruk Belastinggeval 4: Mobiele belasting Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje
+2,3m NAP	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 6: Maaiveld Afwerking en opwaartse waterdruk +2,3m NAP Belastinggeval 7: Gronddruk +2,3m NAP Belastinggeval 8: Mobiele belasting +2,3m NAP Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje
+1,8m NAP	Belastinggeval 1: Eigengewicht Belastinggeval 9: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +1,8m NAP Belastinggeval 10: Gronddruk +1,8m NAP Belastinggeval 11: Mobiele belasting +1,8m NAP Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje

5 Berekeningsmethodiek

Gronddruk coëfficiënt[4] (passieve gronddruk):	$\lambda_n = 0,5$
As-last (conform CUR186):	$F_{1;wiel;k} = 150kN$
Afstand tussen wielen:	$A_{auto} = 2x2m^2$
Veiligheidsfactor (CC2, conform NEN8700):	$Y_Q = 1,25$
Correctiefactor (20 000 vrachtwagens per jaar per rijstrook, CUR186)	$\alpha_q = 0,8$

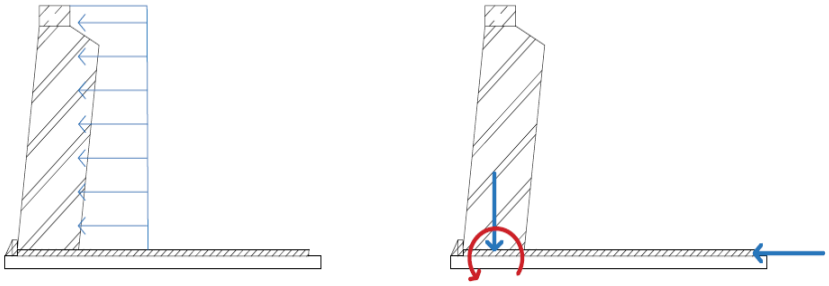
De horizontale belasting zijn ontbonden in een horizontale en verticale last op de voorste palen rij (zie Hoofdstuk 3.3 Gemetseld muurtje).

In Figuur 8 is de werking van de verticale verkeersbelasting op de kadeconstructie weergeven.



Figuur 8 – Spreiding verticale verkeersbelasting

In Figuur 9 is de krachten ontbinding[5] van de horizontale belastingen op het gemetselde muurtje weergeven.



Figuur 9 - Ontbinding van horizontale krachten op gemetselde muur

[4] Tijdens dit onderzoek wordt er vooral gekeken naar de sterkte van de funderingspalen en niet de stabiliteit. In het hoofdstuk 'Discussie modellering en resultaten' in het adviesrapport is er voornamelijk gekeken naar de interne krachten.

[5] Het moment staat in het rood aangegeven in Figuur 9 Dit moment is ontbonden in een verticale kracht op de eerste palen rij (zie Hoofdstuk 3.3 Gemetseld muurtje).

5.1 Belastingcombinatie Initieel

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie Initieel:

Zijde A (+2,7m NAP)	$h_{muurtje}$ = 360cm
	$d_{muurtje}$ = 145cm
Zijde B (+1,8m NAP)	$h_{muurtje}$ = 270cm
	$d_{muurtje}$ = 100cm

Belastinggeval 2: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk

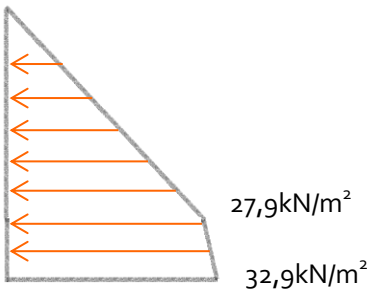
Dimensies (belastinggeval 2):
d_{bestr} = 10cm
$d_{deksteen}$ = 30cm
$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm
l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$

Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -4,1kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -5,1kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -3,1kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,3kN/m
Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m²
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m²

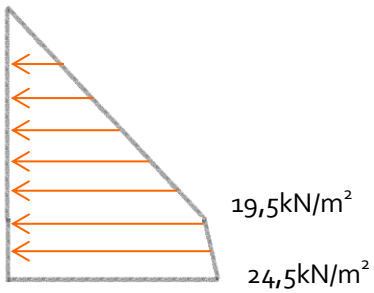
Belastinggeval 3: Gronddruk

Dimensies (belastinggeval 3): $h_{gr;nat}$ = 50cm
l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$
Zijde A $h_{gr;droog}$ = 310cm
Zijde B $h_{gr;droog}$ = 220cm

Zijde A:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -65,8kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -55,8kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10kN/m²
Horizontaal (Figuur 10)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -27,9kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;tot}$ = -58,4kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * Q_{hr;droog}$	A_{droog} = -43,2kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -15,2kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -48,3kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -49,6kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -39,6kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10kN/m²
Horizontaal (Figuur 11)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -19,8kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr}$ = -32,9kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	A_{droog} = -21,8kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -11,2kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -29,6kN/m



Figuur 10 - Horizontale gronddruk zijde A
+2,7m NAP



Figuur 11- Horizontale gronddruk zijde B
+1,8m NAP

Belastinggeval 4: Mobiele Belasting

Dimensies (belastinggeval 4) b_{straat} = 1000cm
l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/h_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15,0kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	q_{hor} = -27,0kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -33,5kN/m

Zijde B:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/l_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15,0kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	q_{hor} = -20,3kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -27,3kN/m

Belastinggeval 5: Gemetseld muurtje

Dimensies (belastinggeval 5)

Zijde A
$h_{mets;nat}$ = 50cm
$h_{mets;+1m;nat}$ = 100cm
$h_{mets;droog}$ = 180 cm

Zijde B
$h_{mets;nat}$ = 50cm
$h_{mets;+1m;nat}$ = 100cm
$h_{mets;droog}$ = 90 cm

Metselwerk

Zijde A:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk}$ = -69,4kN/m^2
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	Q_{nat} = -10,4kN/m^2
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat}$ = -23,0kN/m^2
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	Q_{droog} = -36,0kN/m^2

Zijde B:

Verticaal	$Q_{metselwerk} = Q_{nat}+Q_{+1m;nat}+Q_{droog}$	$Q_{metselwerk}$ = -51,4kN/m^2
	$Q_{nat} = Y_{mets;nat}*h_{mets;nat}$	Q_{nat} = -10,4kN/m^2
	$Q_{+1m;nat} = Y_{mets;+1m;nat}*h_{mets;+1m;nat}$	$Q_{+1m;nat}$ = -23,0kN/m^2
	$Q_{droog} = Y_{mets;droog}*h_{mets;droog}$	Q_{droog} = -18,0kN/m^2

5.2 Belastingcombinatie +2,3m NAP

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie +2,3m NAP:

Zijde A (+2,3m NAP)	$h_{muurtje;effectief}$ = 320cm
	$d_{muurtje}$ = 145cm
Zijde B (+1,8m NAP)	$h_{muurtje}$ = 270cm
	$d_{muurtje}$ = 100cm

Belastinggeval 6: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +2,3m NAP

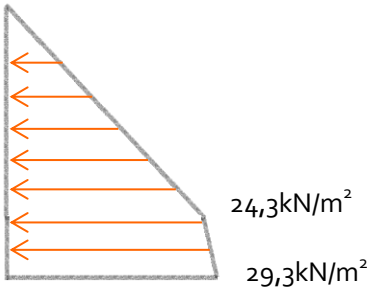
Dimensies (belastinggeval 6)	d_{bestr} = 10cm
	$d_{deksteen}$ = 30cm
	$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm
	l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$

Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje;effectief}$	q_{hor} = -3,7kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -4,1kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -3,1kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,3kN/m
Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m²
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m²

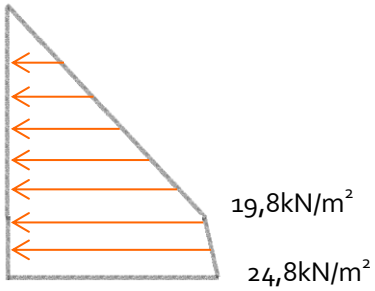
Belastinggeval 7: Gronddruk +2,3m NAP

Dimensies (belastinggeval 7) $h_{gr;nat}$ = 50cm
l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$
Zijde A $h_{gr;droog}$ = 270cm
Zijde B $h_{gr;droog}$ = 220cm

Zijde A:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -58,6kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -48,6kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10,0kN/m²
Horizontaal (Figuur 12)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -24,3kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;tot}$ = -46,2kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * Q_{hr;droog}$	A_{droog} = -32,8kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -13,4kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr;gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -33,6kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -49,6kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -39,6kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10kN/m²
Horizontaal (Figuur 13)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -19,8kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr}$ = -32,9kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	A_{droog} = -21,8kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -11,2kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -29,6kN/m



Figuur 12 - Horizontale gronddruk zijde A, +2,3m NAP



Figuur 13 - Horizontale gronddruk zijde B, +1,8m NAP

Belastinggeval 8: Mobiele Belasting +2,3m NAP

Dimensies (belastinggeval 8) b_{straat} = 1000cm
$l_{arm} = 0,5*h_{muurtje}$

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje;effectief}$	q_{hor} = -24,0kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -26,5kN/m

Zijde B:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4*F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15,0kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert}*\lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor}*h_{muurtje}$	q_{hor} = -20,3kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor}*l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -27,3kN/m

5.3 Belastingcombinatie +1,8m NAP

Doorsnedes van de verschillende combinaties, zijde A en zijde B, zijn weergeven in Bijlage 3 van het advies rapport.

Dimensies belastingcombinatie +1,8m NAP:

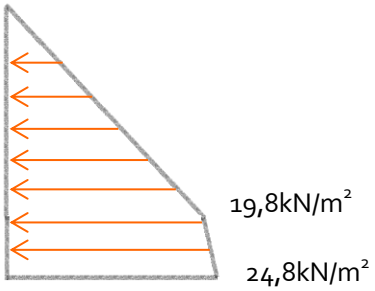
Zijde A (+1,8m NAP)	$h_{muurtje;effectief}$ = 270cm
	$d_{muurtje}$ = 145cm
Zijde B (+1,8m NAP)	$h_{muurtje}$ = 270cm
	$d_{muurtje}$ = 100cm

Belastinggeval 9: Maaiveld afwerking en opwaartse waterdruk +1,8m NAP

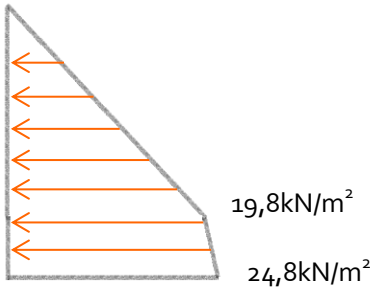
Dimensies (belastinggeval 9)	d_{bestr} = 10cm	
	$d_{deksteen}$ = 30cm	
	$h_{(constructie)onderwater}$ = 50cm	
	l_{arm} = 0,5* $h_{muurtje}$	
Bestrating		
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje;effectief}$	q_{hor} = -3,1kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -1,6kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{bestr} = d_{bestr} * Y_{bestr}$	$Q_{bestr;vert}$ = -2,3kN/m²
Horizontaal	$Q_{bestr;hor} = Q_{bestr;vert} * \lambda_n$	$Q_{bestr;hor}$ = -1,2kN/m²
Horizontaal	$q_{hor;bestr} = Q_{bestr;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -3,1kN/m
Verticaal	$q_{vert;bestr} = (q_{hor;bestr} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -2,3kN/m
Deksteen		
Verticaal	$Q_{deksteen} = d_{deksteen} * Y_{deksteen}$	$Q_{deksteen}$ = -7,2kN/m²
Opwaartse waterdruk		
Verticaal	$Q_{water} = Y_{water} * h_{(constructie)onderwater}$	Q_{water} = +4,9kN/m²

Belastinggeval 10: Gronddruk +1,8m NAP

Dimensies (belastinggeval 10)	$h_{gr;nat}$ = 50cm	
	l_{arm} = 0,33* $h_{muurtje}$	
Zijde A	$h_{gr;droog}$ = 220cm	
Zijde B	$h_{gr;droog}$ = 220cm	
Zijde A:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -49,6kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -39,6kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10kN/m²
Horizontaal (Figuur 14)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -19,8kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr}$ = -32,9kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	A_{droog} = -21,8kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -11,2kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -20,4kN/m
Zijde B:		
Verticaal	$Q_{vert;tot} = Q_{gr,droog} + Q_{gr,nat}$	$Q_{vert;tot}$ = -49,6kN/m²
	$Q_{vert,droog} = h_{gr;droog} * Y_{gr;droog}$	$Q_{gr,droog}$ = -39,6kN/m²
	$Q_{vert;nat} = h_{gr;nat} * Y_{gr;nat}$	$Q_{gr;nat}$ = -10kN/m²
Horizontaal (Figuur 15)	$Q_{hr;droog} = Q_{vr,droog} * \lambda_n$	$Q_{hr;droog}$ = -19,8kN/m²
	$Q_{hr;nat} = Q_{vr,nat} * \lambda_n$	$Q_{hr;nat}$ = -5,0kN/m²
Horizontaal	$q_{hr;gr} = A_{droog} + A_{nat}$	$q_{hr;gr}$ = -32,9kN/m
	$A_{droog} = 0,5 * h_{gr;droog} * q_{hr;droog}$	A_{droog} = -21,8kN/m
	$A_{nat} = 0,5 * h_{gr;nat} * Q_{hr;na} + h_{gr;nat} * Q_{hr;droog}$	A_{nat} = -11,2kN/m
Verticaal	$q_{vert;gr} = (q_{hr,gr} * l_{arm}) / d_{muurtje}$	$q_{vert;gr}$ = -29,6kN/m



Figuur 14 - Horizontale gronddruk zijde A, +1,8m NAP



Figuur 15 - Horizontale gronddruk zijde B, +1,8m NAP

Belastinggeval 8: Mobiele Belasting +1,8m NAP

Dimensies (belastinggeval 8) b_{straat} = 1000cm
$l_{arm} = 0{,}5 * h_{muurtje}$

Verkeersbelasting (belastingmodel 1, CUR186)

Zijde A:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4 * F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15,0kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert} * \lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor} * h_{muurtje;effectief}$	q_{hor} = -20,3kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -18,9kN/m

Zijde B:

Verticaal	$Q_{mob;vert} = ((4 * F_{1;wiel;k})/A_{auto})/b_{straat}$	$Q_{mob;vert}$ = -15,0kN/m^2
Horizontaal	$Q_{mob;hor} = Q_{mob;vert} * \lambda_n$	$Q_{mob;hor}$ = -7,5kN/m^2
Horizontaal	$q_{hor} = Q_{mob;hor} * h_{muurtje}$	q_{hor} = -20,3kN/m
Verticaal	$q_{vert} = (q_{hor} * l_{arm})/d_{muurtje}$	q_{vert} = -27,3kN/m

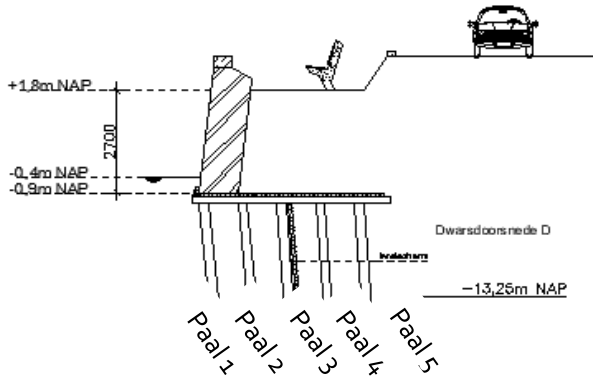
6 Resultaten

Conclusies en adviezen naar aanleiding van de resultaten worden gegeven in het adviesrapport. De resultaten in de volgende hoofdstukken zijn gelezen uit de verticale reactiekrachten onder in de funderingspalen van het SCIA Engineer model. De resultaten worden bediscussieerd in Hoofdstuk 6.3 van het rapport over het afstudeerproject.

6.1 Resultaten per belastingcombinatie

De resultaten zijn weergeven in de vorm van de (verticale) reactiekrachten onder in de funderingspalen. Uit deze resultaten kan geconcludeerd worden dat de verticale ontlasting, door middel van een maaiveldverlaging, kan oplopen tot 30 procent.

Belasting combinatie 6.10a		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	143,9	114,4
Paal 2	105,1	90,7
Paal 3	92,8	83
Paal 4	91,1	83
Paal 5	108	53,9
+2,3m NAP		
Paal 1	122,7	110,3
Paal 2	98,1	88,3
Paal 3	87,2	81,5
Paal 4	84,7	81,6
Paal 5	99,3	53
+ 1,8 NAP		
Paal 1	101,4	106,5
Paal 2	90,3	89,7
Paal 3	80	83,3
Paal 4	76	80,7
Paal 5	88,5	45,5

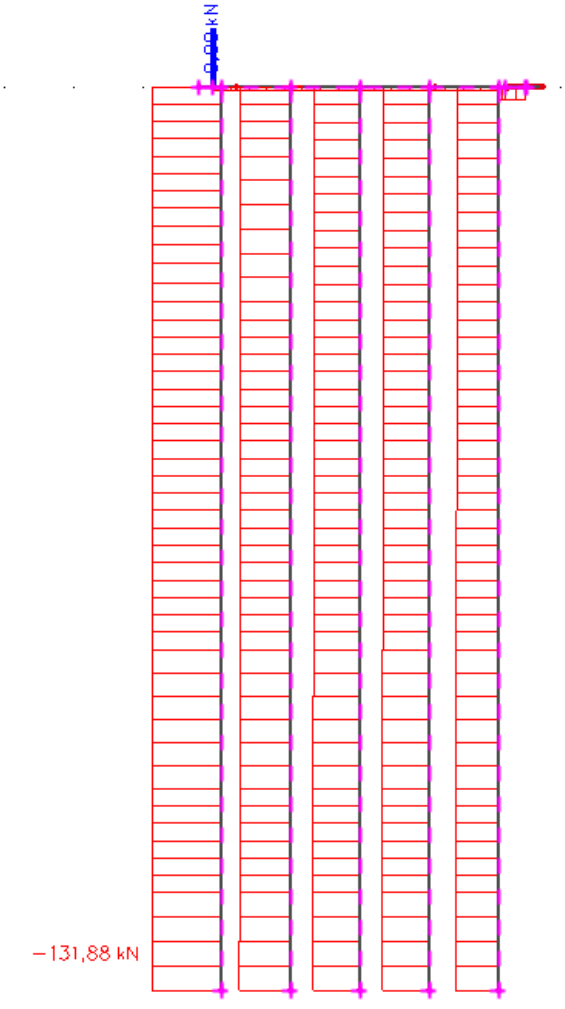


Figuur 16 - Nummering paalfundering

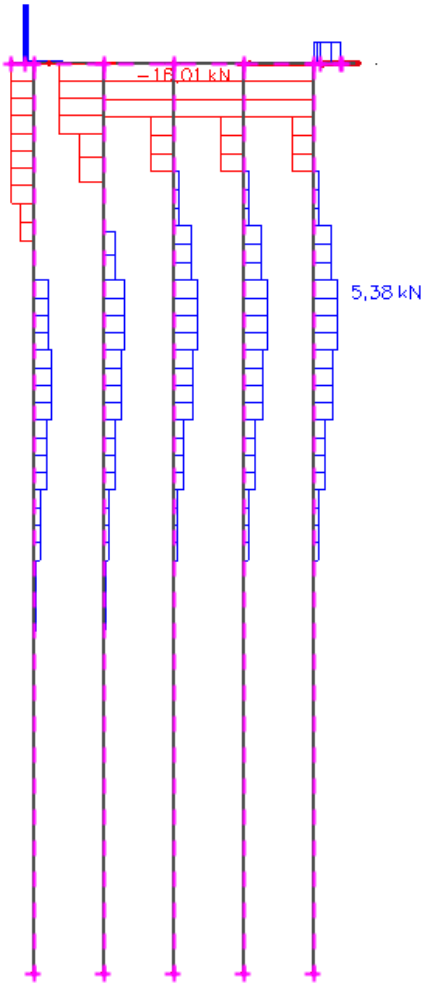
6.1.1 Krachtenlijnen en verplaatsing (in het midden van het rak)

In de onderstaande figuren zijn de totale krachtenlijnen en de verplaatsing van de kademuurconstructie vanuit het SCIA-Engineer model weergeven.

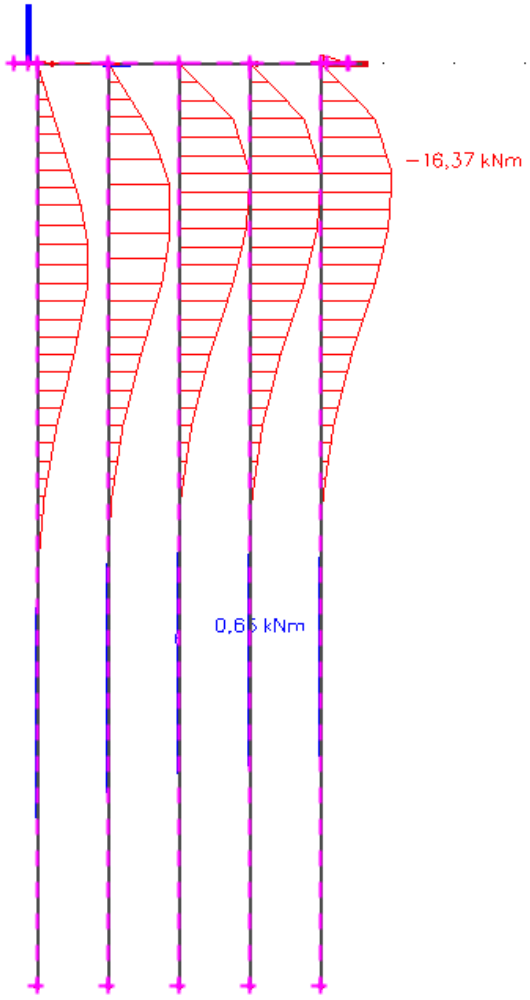
Combinatie Initieel 6.10a



Figuur 17 - Normaallijn (+2,7m NAP)

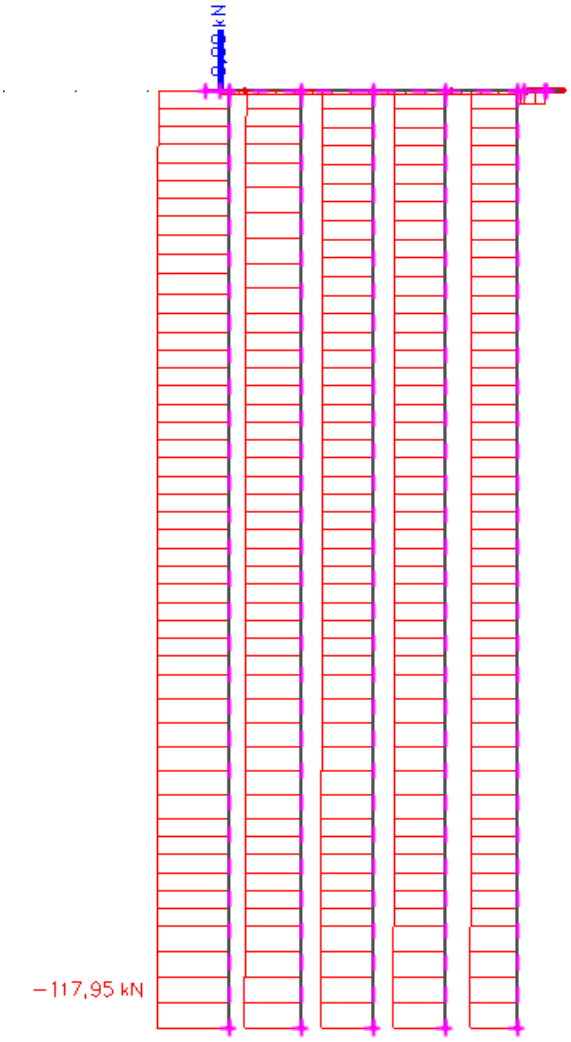


Figuur 18 - Dwarskrachtenlijn (+2,7m NAP)

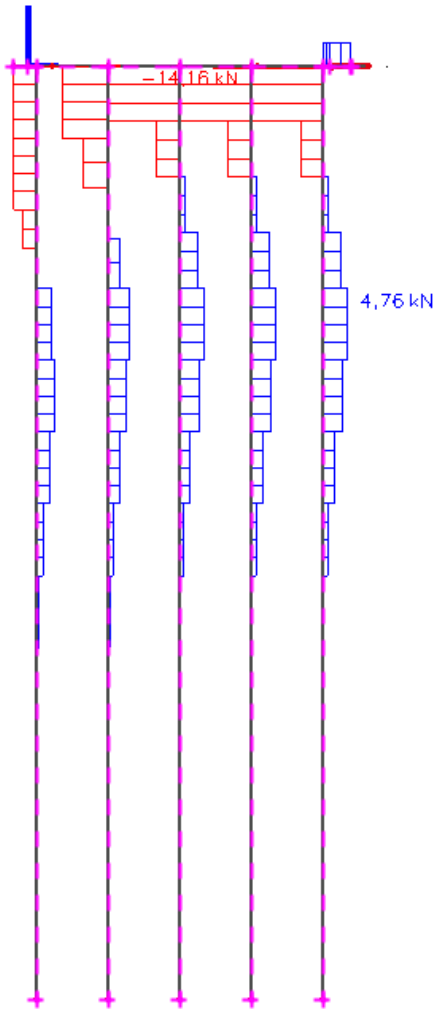


Figuur 19 - Momentenlijn (+2,7m NAP)

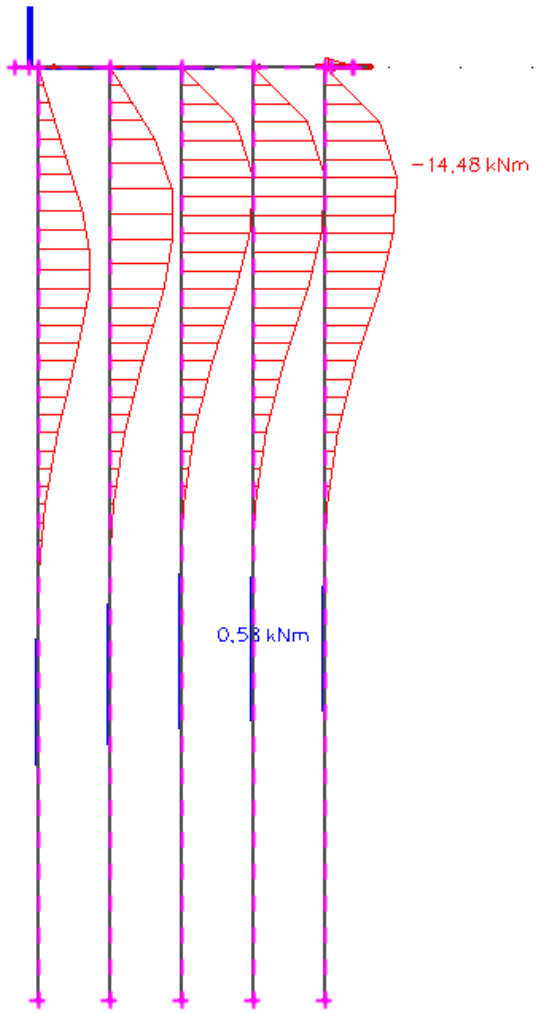
Combinatie +2,3m NAP 6.10a



Figuur 20 - Normaallijn (+2,3m NAP)

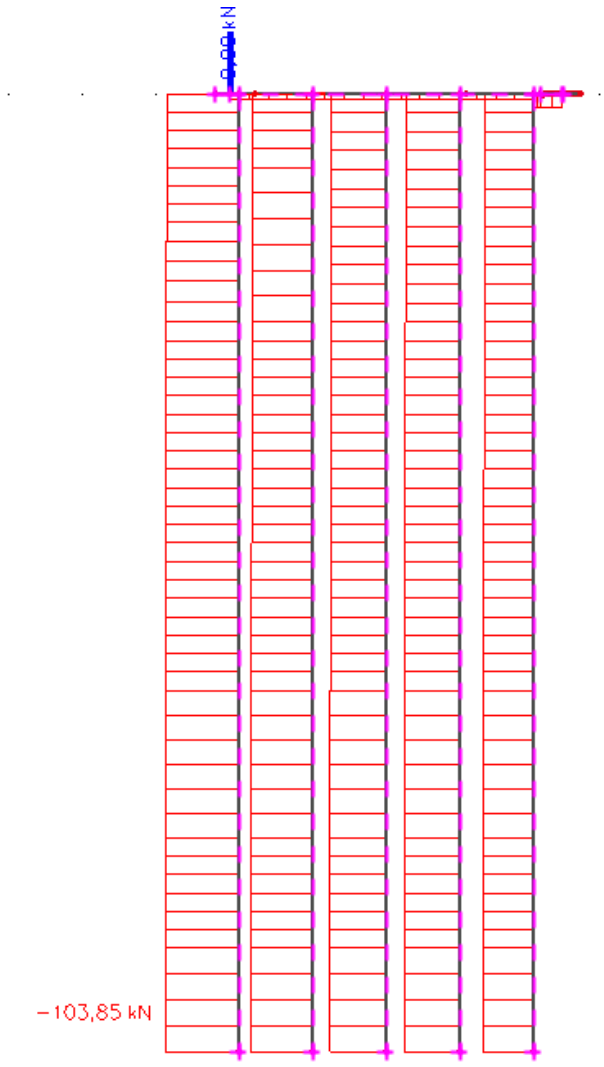


Figuur 21 - Dwarskrachtenlijn (+2,3m NAP)

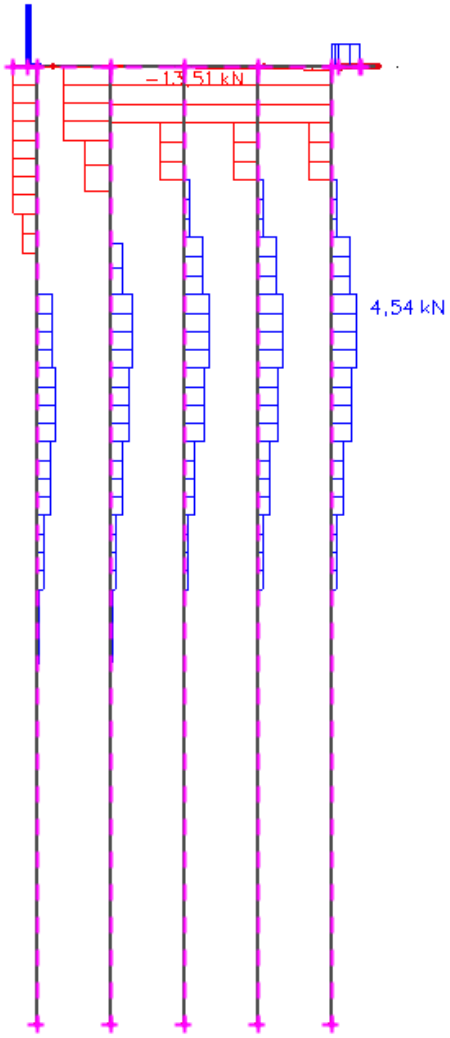


Figuur 22 - Momentenlijn (+2,3m NAP)

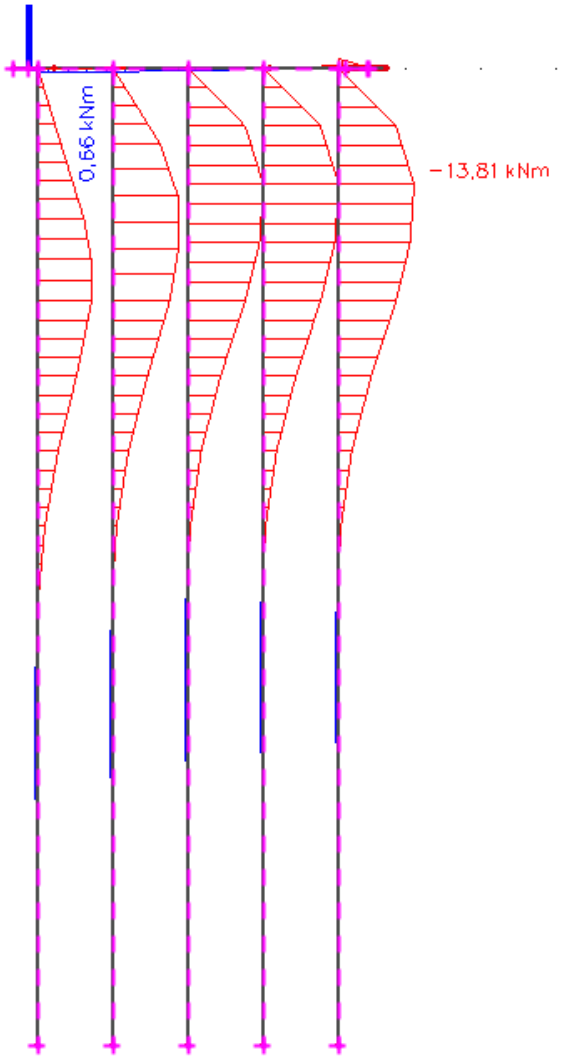
Combinatie +1,8m NAP 6.10a



Figuur 23 - Normaallijn (+1,8m NAP)



Figuur 24 - Dwarskrachtenlijn (+1,8m NAP)



Figuur 25 - Momentenlijn (+1,8m NAP)

6.2 Resultaten per belastinggeval

Om de invloeden van een maaiveldverlaging op de verschillende belastinggevallen in kaart te brengen worden de resultaten per belasting geval ook weergeven. De resultaten zijn weergeven in de vorm van de (verticale) reactiekrachten onder in de funderingspalen.

Eigengewicht		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	2,6	2,7
Paal 2	2,8	2,7
Paal 3	2,8	2,7
Paal 4	2,8	2,9
Paal5	2,9	2,7
+2,3m NAP		
Paal 1	2,6	2,7
Paal 2	2,8	2,7
Paal 3	2,8	2,7
Paal 4	2,8	2,9
Paal 5	2,9	2,7
+ 1,8 NAP		
Paal 1	2,6	2,7
Paal 2	2,8	2,7
Paal 3	2,8	2,7
Paal 4	2,8	2,9
Paal 5	2,9	2,7

Maaiveld afwerking		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	4,6	3
Paal 2	-1,1	-1,6
Paal 3	-2,9	-3
Paal 4	-2,8	-2,6
Paal 5	-2,9	-1,7
+2,0 NAP		
Paal 1	3,8	2,8
Paal 2	-1,3	-1,7
Paal 3	-2,9	-3
Paal 4	-2,7	-2,7
Paal 5	-2,9	-1,7
+ 1,8 NAP		
Paal 1	2,1	2,7
Paal 2	-1,7	-1,9
Paal 3	-2,8	-3
Paal 4	-2,7	-2,7
Paal 5	-2,9	-1,7

Gronddruk		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	37,6	28,9
Paal 2	30,7	34,3
Paal 3	52,7	51,9
Paal 4	61,5	52,9
Paal 5	71,5	33,2
+2,3m NAP		
Paal 1	26,7	26,7
Paal 2	26,2	32,5
Paal 3	47,9	50,3
Paal 4	55,7	51,9
Paal 5	64,6	32,6
+ 1,8 NAP		
Paal 1	17	24,9
Paal 2	21,5	31,4
Paal 3	41,8	49,1
Paal 4	48,6	50,5
Paal 5	55,9	34,7

Mobiele belasting		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	28,6	25,7
Paal 2	11	12,4
Paal 3	11,4	13,8
Paal 4	13,9	15,1
Paal 5	17	9,5
+2,3m NAP		
Paal 1	23,2	24,7
Paal 2	10	12,2
Paal 3	11,7	13,9
Paal 4	14,1	15,1
Paal 5	16,1	9,5
+ 1,8 NAP		
Paal 1	17,3	23,7
Paal 2	8,9	12,1
Paal 3	12	13,9
Paal 4	14,3	15,1
Paal 5	17	9,5

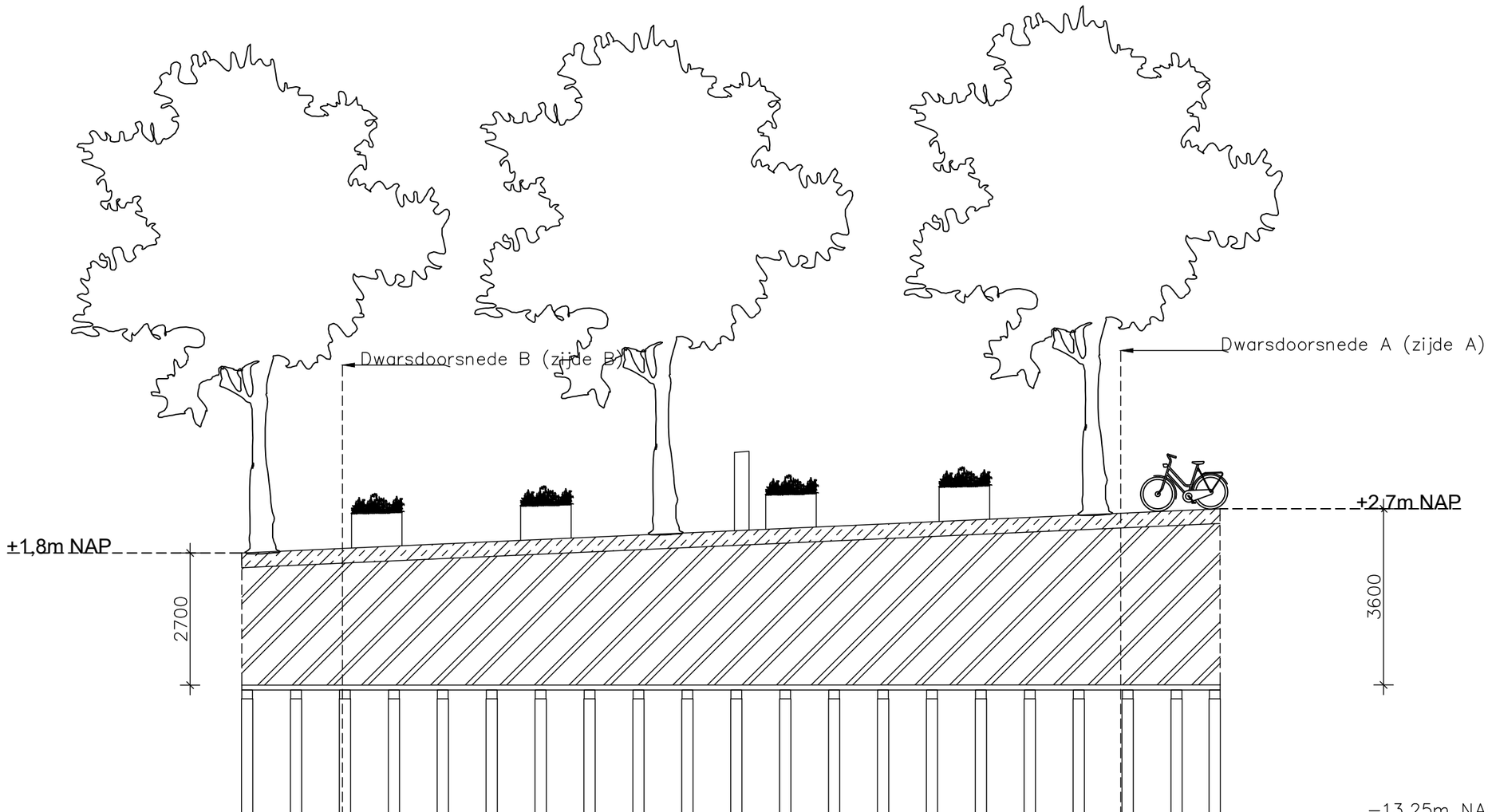
Gemetseld muurtje		
	Zijde A (kN)	Zijde B (kN)
Initieel		
Paal 1	42,8	33,3
Paal 2	41,1	23,15
Paal 3	10,7	3,1
Paal 4	-1,6	-1,4
Paal 5	-1,4	-0,5
+2,0 NAP		
Paal 1	42,8	33,3
Paal 2	41,1	23,15
Paal 3	10,7	3,1
Paal 4	-1,6	-1,4
Paal 5	-1,4	-0,5
+ 1,8 NAP		
Paal 1	42,8	33,3
Paal 2	41,1	23,15
Paal 3	10,7	3,1
Paal 4	-1,6	-1,4
Paal 5	-1,4	-0,5

Gemeente Amsterdam
Field lab Maaiveldverlaging
Yonne Jaeger

Versie 1
17 april 2020

Bijlage 3 - Tekeningen

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Langsdoorsnede huidige situatie

Gemeente Amsterdam

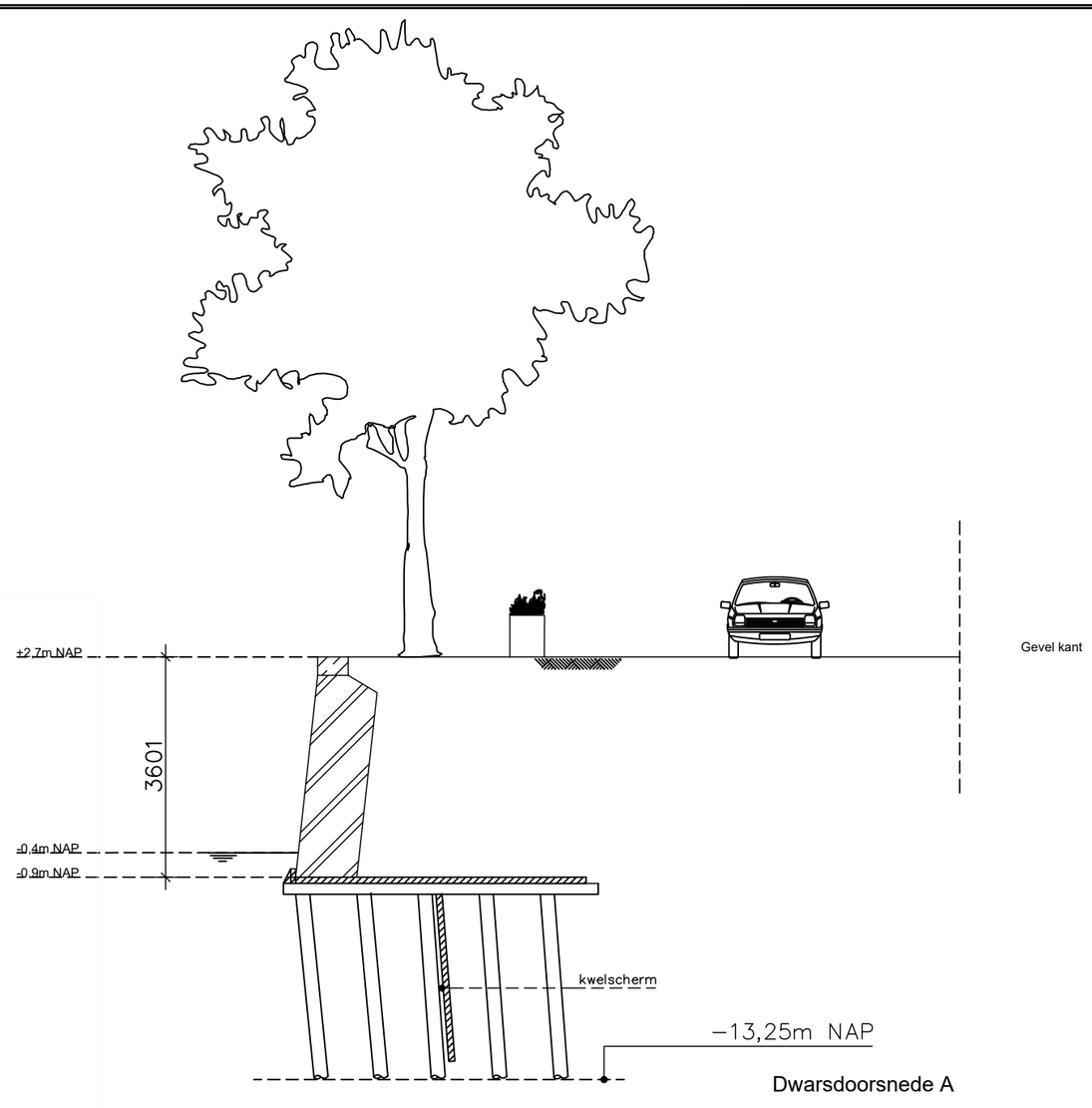
Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

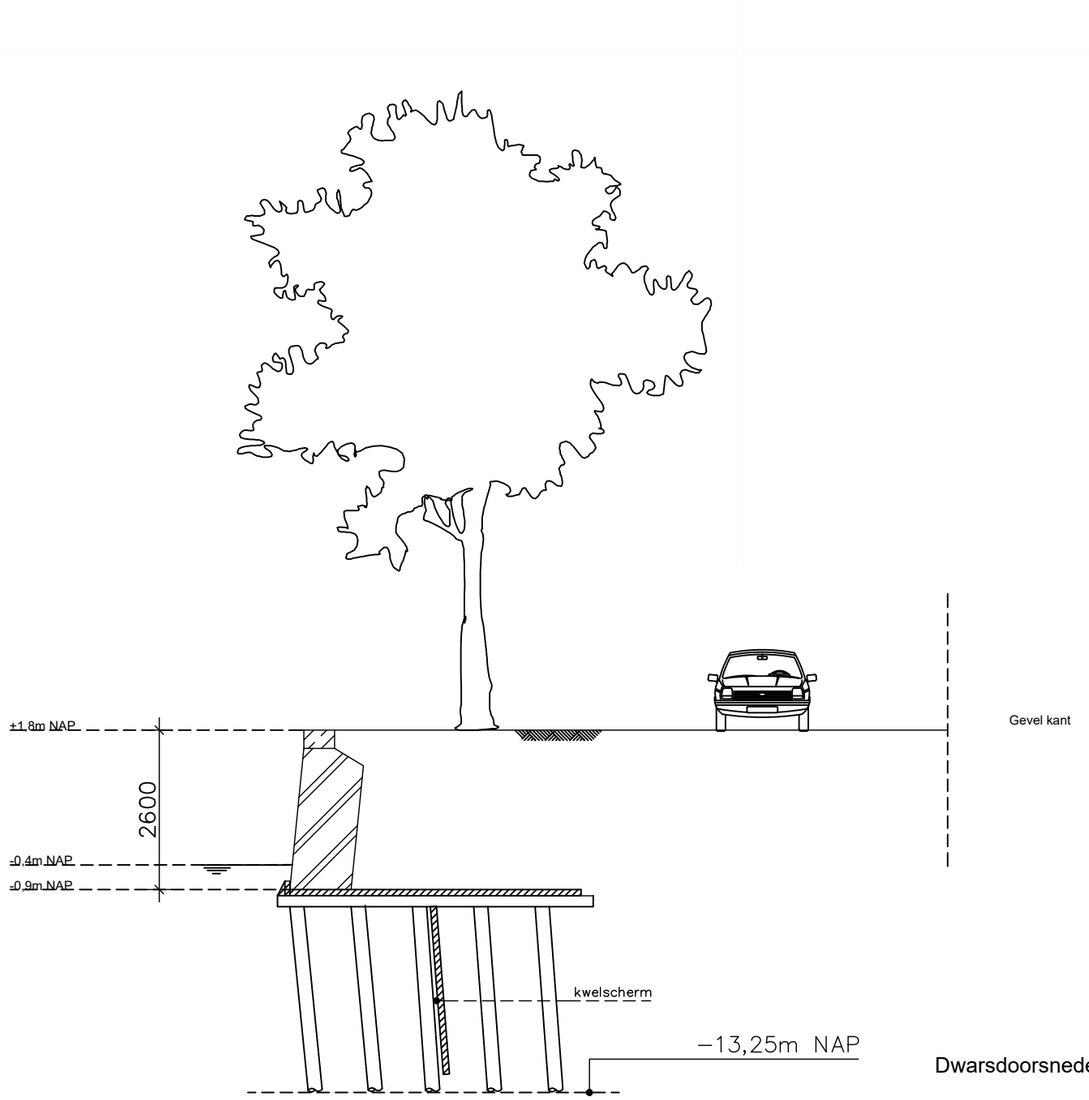
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: 1:100	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 22−2−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 1	Bladnummer: 1	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\SIG0803.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Dwarsdoorsnede A



Dwarsdoorsnede B

Gemeente Amsterdam

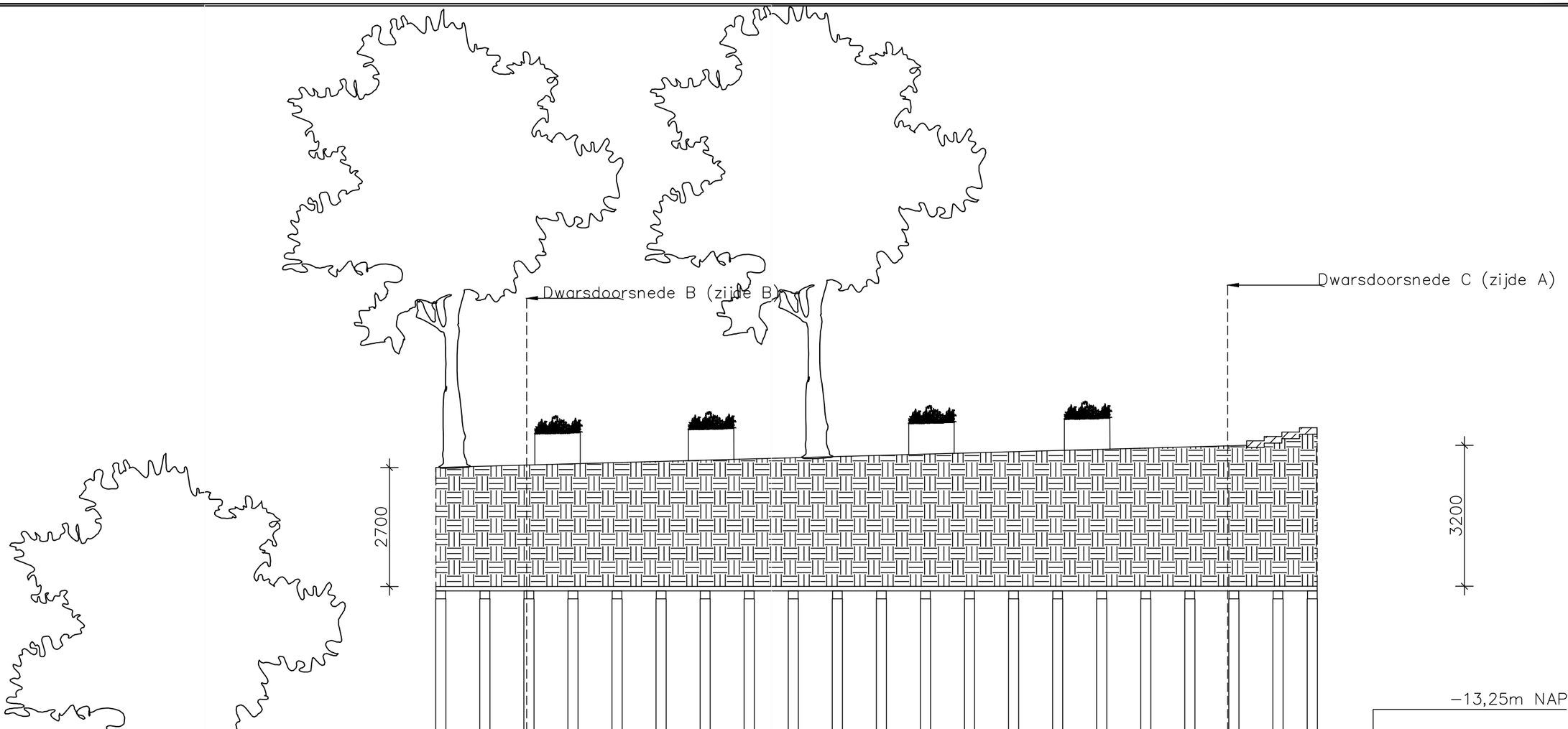
Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

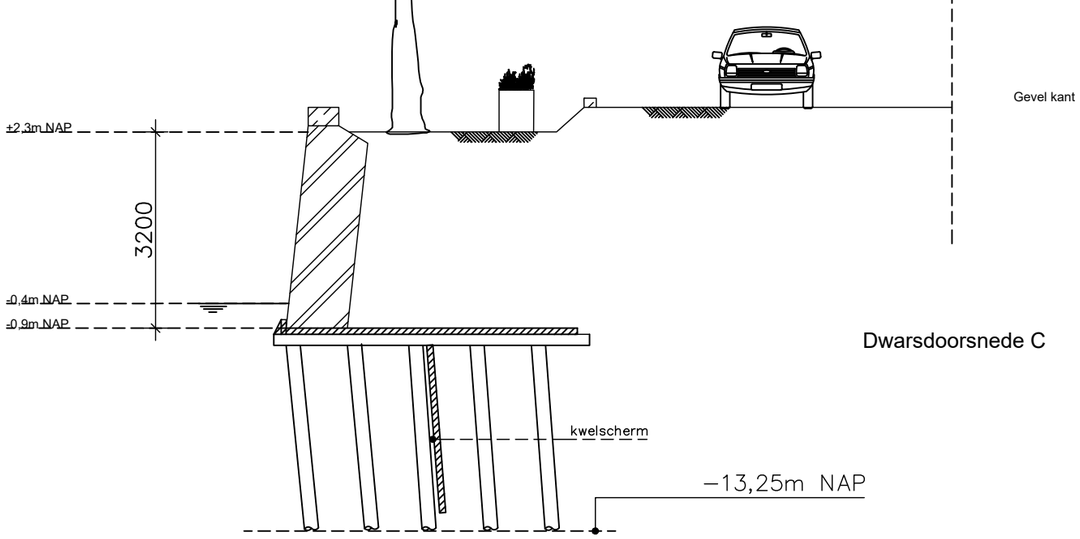
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal:	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 22-2-2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 2,3	Bladnummer: 2	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23-04-2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\PRG0701.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Langsdoorsnede verlaging tot +2,3NAP



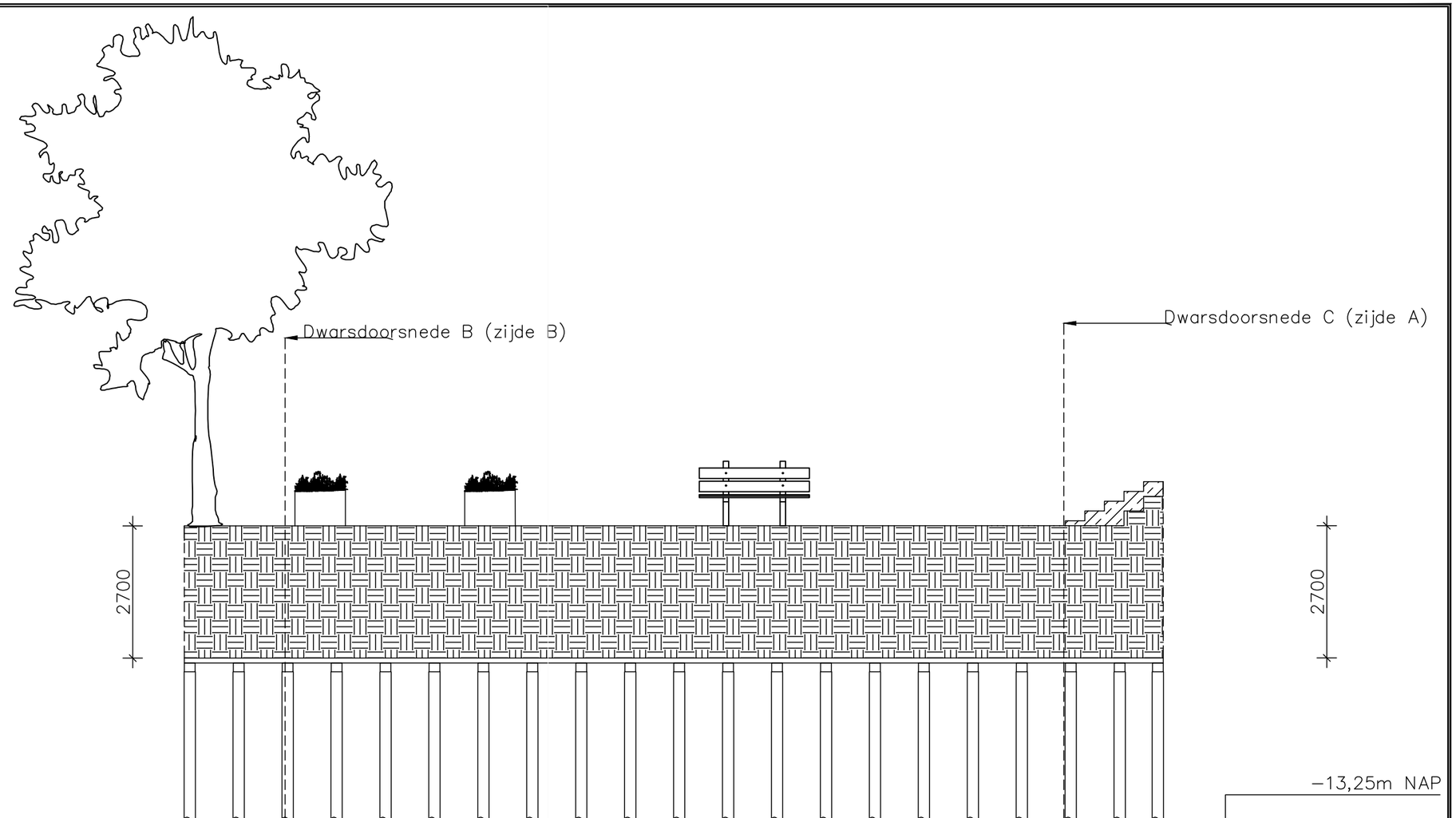
Dwarsdoorsnede C

Gemeente Amsterdam
Ingenieursbureau
Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

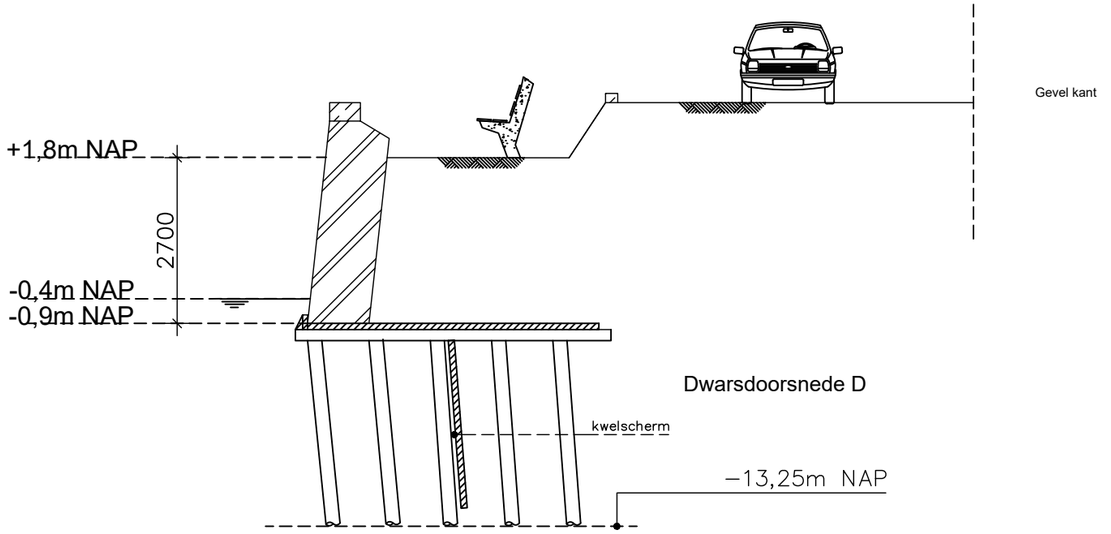
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: 1:100	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3−3−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 4,5	Bladnummer: 3	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\SIG0803.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Langsdoorsnede verlaging tot +1,8NAP



Dwarsdoorsnede D

Gemeente Amsterdam

Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR
Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

Opdrachtgever: Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam				
Project: Field lab				
Onderdeel: Maaiveld verlaging				
Status: Versie 1	Fase: 1	Behoort bij:	Schaal: 1:100	
Opsteller: Yonne Jaeger	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Datum: 3−3−2020	Formaat: A3
Projectnummer:	Tekeningnummer: 6,7	Bladnummer: 4	Aantal bladen: 4	Wijziging:
Auteursrechten voorbehouden		Documentnr:	Plotdatum: 23−04−2020	
Bestandsnaam: C:\Afstudeerproject Yonne Jaeger\SIG0803.dwg				

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Bijlage 4 - Goedkeuringsformulier

Goedkeuringsformulier omtrent plan van aanpak

Door het ondertekenen van dit goedkeuringsformulier gaan de ondertekenden akkoord met het plan van aanpak voor het afstudeerproject. Het plan van aanpakt omtrent het afstudeerproject bij Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam, geschreven door Yonne Jaeger, student Built Environment aan de Hanzehogeschool.

Tevens gaan de ondergetekende akkoord met het opnemen van het afstudeerdossier in de databank van de Hanzehogeschool. Mocht er echter vertrouwelijke informatie toegevoegd worden aan het afstudeerproduct, wordt de opname van het afstudeerdossier in de databank van de Hanzehogeschool heroverwogen.

Opdrachtgever Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam

Annemarij Kooistra

Datum 23-4-2020

Praktijkbegeleider Ingenieursbureau Gemeente Amsterdam

Matthijs Griffioen

Datum 22-4-2020