MEMO Boombunkers / Groeiplaatsen

Lange Gelderse Kade, Dordrecht

Aan	**:**	**De Vries Werkendam**
Van	**:**	**Gebr. Van Kessel**
Datum	**:**	**18-02-2021**
Onderwerp	**:**	**Boombunkers / Groeiplaatsen Lange Gelderse Kade, Dordrecht**

1 Inleiding

Langs de Lange Gelderse Kade te Dordrecht zijn tijdens het project “Reconstructie lange Geldersekade eo” boombunkers gerealiseerd en zijn er na realisatie van het project bomen gepland. Ter plaatse van de gerealiseerde boombunkers ontstaan verzakkingen in de elementenverharding.

Naar aanleiding van deze verzakkingen is er door Kees Lodewijkx van “GeoRisQ” een onafhankelijke geotechnische analyse op deze vervormingen uitgevoerd en vervolgens uitgewerkt in een memo d.d. 18 januari 2021.

Naast de geotechnische analyse van de vervormingen is er door Erwin van Herwijnen van “Tree Ground Solutions” advies opgesteld met betrekking tot de groeiplaatsen van bomen langs de Lange Gelderse Kade, d.d. 17 februari 2021.

Beide memo’s worden in deze memo kort besproken en zijn opgenomen in de bijlage van deze memo.

2 Memo “Geotechnische analyse vervormingen” d.d. 18-01-2021

Mogelijke oorzaken van de verzakkingen worden in hoofdstuk 3 van de notitie beschreven. Samengevat zijn er 3 mogelijke oorzaken:

- Stijfheidsverschillen in de ondergrond;
- Grondbreuk (onvoldoende opsluiting wegfundatie);
- Schade aan constructie Boombunker.

In hoofdstuk 4 van de memo wordt een advies gegeven m.b.t. herstelwerkzaamheden, dit advies is afhankelijk van de onderzoeksvragen welke voorafgaand aan de herstelwerkzaamheden beantwoord moeten worden. Mogelijk herstelwerkzaamheden zijn:

- Toepassen wapening in de wegfundering zodat zettingsverschillen tussen boombunker en omliggende wegfundering verminderd worden;
- Volledig opsluiten wegfundering om grondbreuk te voorkomen;
- Herstellen Boombunker met mogelijk aanvullende werkzaamheden om de druk beter te verdelen.

3 Advies “Groeiplaatsen van de bomen lange Geldersekade Dordrecht” d.d 17-02-2021

In het advies van Erwin van Herwijnen van de firma “Tree Ground Solutions” wordt aangegeven dat het toegepaste systeem van TreeParker op de locatie Lange Gelderse kade niet voldoet aan de huidige gebruiksfunctie. Erwin van Herwijnen beschrijft een tweetal strategieën om de problematiek van verzakkingen (stabiliteit ondergrond) rondom de boombunkers op te lossen, te weten:

- Het huidige systeem (Boombunker TreeParker) aanpassen;
- Het huidige systeem (Boombunker TreeParker) verwijderen en een nieuwe constructie aanleggen die wel functioneert.

Strategie 1: Huidige constructie behouden
Wanneer men de huidige constructie wil behouden moeten de volgende problemen worden opgelost:

- De zijwaartse krachten moeten opgevangen kunnen worden;
- De ondergrond moet stabiel zijn;
- De draagkracht van de bestaande boombunker moet versterkt worden.

Bovenstaande verbeterpunten worden in het advies verder beschreven.

Strategie 2: Huidige systeem verwijderen en andere groeiplaats inrichten
Deze oplossing is geheel anders van het systeem “wortelbunker” zoals in het contract gevraagd is, door de complexiteit van dit project is deze oplossing wel de beste oplossing. Het doel bomen te laten groeien langs de Lange Gelderse kade met daarbij een grote verkeersbelasting. Samengevat de beste oplossing, in het advies wordt deze uitgebreider beschreven:

- Nieuwe groeiplaats tot ca. 1,0 meter onder maaiveld, smaller uitvoeren dan boombunker;
- Toepassen leeflaag van bomengrond tot maximaal 20 cm onder hoogste grondwaterstand;
- Groeiplaats niet aanbrengen onder rabatstrook of rijbaan;
- Toepassen 2^{e} maaiveld systeem middels Permavoid Sandwich Constructie;
- Realiseren “wortelstraat” door groeiplaatsen met elkaar te verbinding middels een lange smalle strook;

Bovenstaande samenvatting is in het bijgevoegde advies verder in detail beschreven, ook is er een stappenplan voor de werkzaamheden opgenomen in het advies.

4 Samenvatting

Zowel civieltechnisch als cultuurtechnisch voldoet de gerealiseerde boombunker niet in de huidige situatie in combinatie met het huidige gebruik. Beide memo’s beschrijven corrigerende maatregelen welke onderstaand kort worden samengevat

Indien de huidige boombunker aangepast wordt zoals beschreven in strategie 1 vanuit het advies van Erwin van Herwijnen worden niet alle geotechnische oorzaken van de verzakkingen uit de memo van Kees Lodewijkx verholpen. Hierdoor blijft het risico op verzakkingen bestaand. Ook blijft de boombunker gehandhaafd zoals deze nu gerealiseerd is, dit wordt in het advies van Erwin van Herwijnen afgeraden.

Het advies in strategie 2 van Erwin van Herwijnen zorgt ervoor dat de geotechnische oorzaken van de verzakkingen verholpen worden waardoor er een goede basis ontstaat voor zowel de elementenverharding als ook voor de groei van de bomen.

Bijlagen

- Geotechnische analyse verzakkingen, Kees Lodewijkx, GeoRisQ, d.d. 18-01-2021
- Advies groeiplaatsen, Erwin van Herwijnen, Tree Groud Solutions, d.d. 17-02-2021

GeoRisQ bv
Tolnasingel 1
2411 PV Bodegraven

+31 (0)6 413 376 05
info@georisqbv.nl
www.georisqbv.nl

KvK 77012100
Btw NL826170845B01
IBAN NL50 RABO 0315 1430 37

Gebr. van Kessel Wegenbouw bv
T.a.v. de heer E.J. Gorissen
Donker Duyvisweg 95
3316 BL Dordrecht

MEMO

Referentienummer: GR0135-MEM-001 v1.0 Datum: 18-01-2021
Project: Lange Geldersekade Dordrecht
Relatienummer: 1009
Betreft: Geotechnische analyse vervormingen

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

In het project: Lange Geldersekade te Dordrecht zijn medio juni 2019, bij de reconstructie van de kade, boombunkers aangebracht voor de bomen die in de verhardingen zijn gepositioneerd. De toegepaste boombunkers zijn hierbij van het type TreeParker van de firma Greenmax B.V. Na de oplevering en het in gebruik nemen van de kade en de achterliggende rijbaan zijn verzakkingen van de verhardingen geconstateerd. Deze verzakingen treden voornamelijk op nabij de boombunkers. Het betreft hierbij het deel van de Lange Geldersekade gesitueerd tussen de Korte Geldersekade en de Houttuinen (zie figuur 1). In bijlage 1 is de situatietekening van de boombunkers opgenomen.

Figuur 1: *Locatie Lange Geldersekade Dordrecht*

De aanleg van de boombunkers en de verhardingen zijn destijds in onderaanneming door Gebr. van Kessel Wegenbouw bv uitgevoerd. Om de mogelijke oorzaken van de verzakkingen in relatie tot de boombunkers te achterhalen heeft Gebr. Kessel aan GeoRisQ B.V. de opdracht gegeven voor het uitvoeren van een geotechnische analyse naar de mogelijke oorzaken van deze verzakkingen. Daarnaast is gevraagd om en indicatief advies te geven over een mogelijk herstel waarbij het risico op verzakkingen in de toekomst wordt voorkomen.

In voorliggende memo zijn vanuit geotechnisch oogpunt en op basis van de beschikbare referentiedocumenten de uitgangspunten en resultaten van deze geotechnische analyse opgenomen. Contractuele aspecten en de vraag wie verantwoordelijk is voor de herstelwerkzaamheden zijn hierbij buiten beschouwing gelaten.

1.2 Probleemstelling

Na de aanleg van de boombunkers en de verhardingen in de Lange Geldersekade in Dordrecht, gelegen tussen de Korte Geldersekade en de Houtuinen, zijn verzakkingen van de verharding opgetreden. Deze verzakkingen zijn voornamelijk zichtbaar in de rabatstrook van de verharding aan de noordzijde (kant van de kade) die evenwijdig aan én gedeeltelijk over de boombunkers zijn aangelegd. Daarnaast worden verzakkingen van de rijbaan, haaks op de boombunkers, waargenomen. Doordat deze verzakkingen overlast veroorzaken aan het wegverkeer en niet meer voldoen aan de eisen die aan de verhardingen worden gesteld, dienen deze te worden hersteld. Om verzakkingen van de rijbaan na het herstel te voorkomen dient de oorzaak of oorzaken van de verzakkingen te worden achterhaald.

1.3 Onderzoeksvragen

Voor de uitwerking van de geotechnische analyse zijn, naast de beschrijving van de situatie van de boombunkers, een korte uitleg van het TreeParker systeem en een kort verslag van de visuele inspectie, de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Wat is het huidige schadebeeld?
2. Welke (geotechnische) schademechanismen worden waargenomen, en wat zijn daarbij de mogelijke oorzaken van de opgetreden verzakkingen van de verharding?
3. Op welke wijze kunnen de verzakkingen worden hersteld waarbij het risico van het optreden van nieuwe verzakingen in de toekomst kunnen worden voorkomen?

1.4 Referentiedocumenten

Door de opdrachtgever zijn onderstaande documenten beschikbaar gesteld voor voorliggende geotechnische analyse:

[1] Rapportage: ‘Geldersekade Dordrecht, rapportage veldwerk en laboratoriumonderzoek’ opgesteld door gemeente Rotterdam onder kenmerk MVJ16137 d.d. 21-11-2016.
[2] Tekening: ‘Gelderse Kade en Houttuinen te Dordrecht, As-Build tekening’ opgesteld door Gebr. van Kessel Wegenbouw bv onder kenmerk 2019-11-21_19423120-RV-01_C3 d.d. 21-11-2019;
[3] Tekening: ‘Reconstructie Geldersekade, Uitvoeringsontwerp – Dwarsprofielen’ opgesteld door Gebr. van Kessel Wegenbouw bv onder kenmerk 18423080-DP-1 status Definitief versie 3 d.d. 19-03-2019;
[4] Artikel: ‘Drukspreidende en drukontlastende groeiplaatsconstructies’ opgesteld door Boomzorg ;
[5] TreeParker installatie handleiding NL
[6] LENGTE PROFIEL TPV BOOMROOSTERS TBV VERZAKKINGEN;
[7] Tekening: ‘Reconstructie Gelderse Kade, Uitvoeringsontwerp’, opgesteld door Gebr. van Kessel onder kenmerk 18423080-VH-1 d.d. 14-02-2019 Status Definitief versie 2;

[8] Verdichtingsmetingen nucliaire metingen, opgesteld door Gebr. van Kessel;
[9] Rapportage: 'Advies Lange Gelderse Kade, Dordrecht' opgesteld door Aveco de Bondt B.V. onder kenmerk 204209_RAP_Langegeldersekade_definitief 1 d.d. 23-12-2020.

1.5 Uitvoeringsplanning

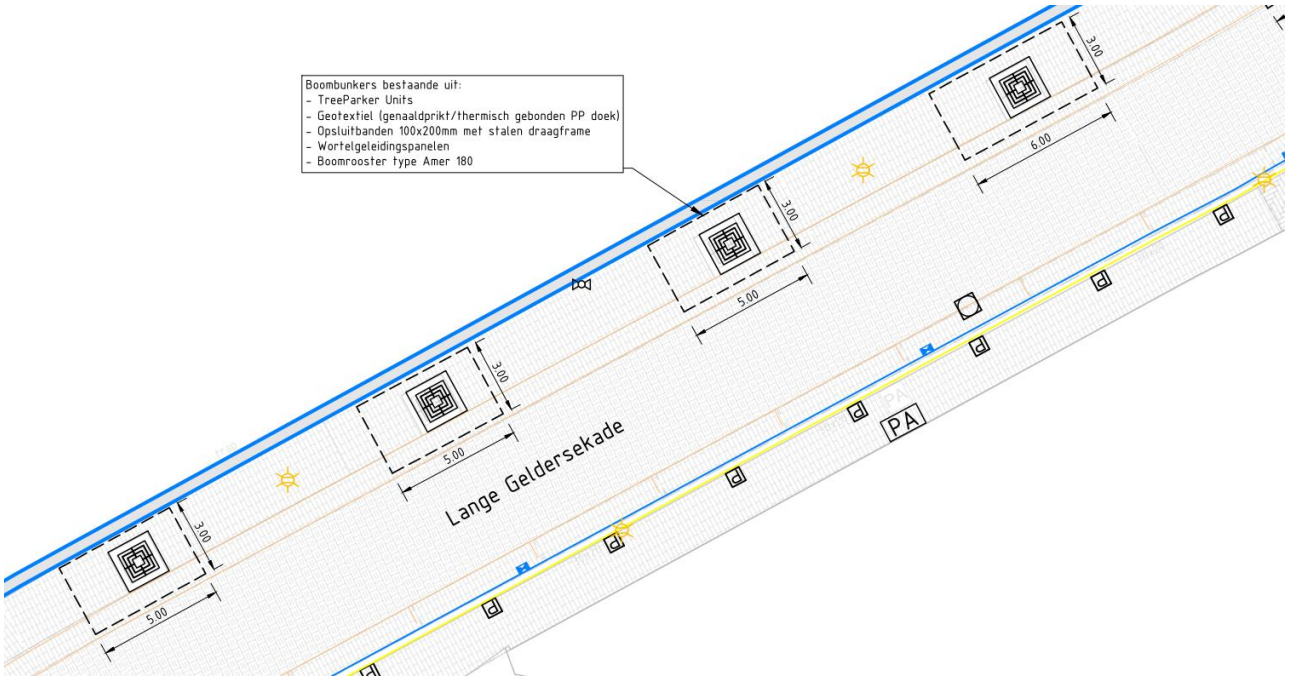
Conform opgave van Gebr. van Kessel hebben de volgende (bouw)activiteiten in de tijd plaatsgevonden:

Juni 2019	Plaatsen boombunkers;
Juli 2019	Tijdelijke openstelling projectlocatie voor evenement Big Rivers festical 2019;
Oktober 2019	Openstelling rijbaan met definitieve inrichting;
Q1 2020	Door derden 1e poging voor het plaatsen van de bomen in de boombunkers (doordat de kluiten van de bomen veel groter waren dan in het ontwerp was voorzien zijn de bomen in de boombunkers niet aangebracht. Onbekend is of en hoe de boombunkers daarna zijn aangevuld en verdicht);
Q2 2020	Door derden 2e poging plaatsen van de bomen in de boombunkers, waarvoor de boomroosters zijn aangepast;
20 mei 2020	1e registratie schademelding van de verharding.

2 GEOTECHNSICHE ANALYSE

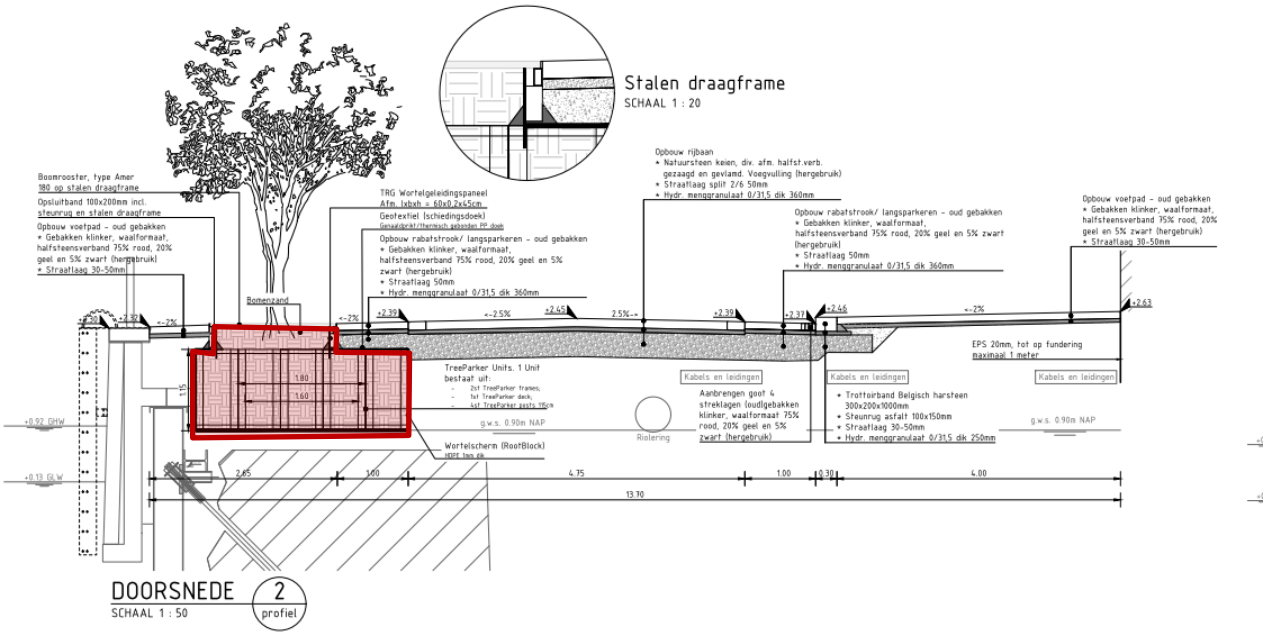
2.1 Situatie boombunkers

In het project Lange Geldersekade zijn boombunkers toegepast achter de nieuwe kadeconstructie. De boombunkers hebben de afmetingen (lxb) 5,0 m x 3,0 m (zie figuur 2).



Figuur 2: *Situatie afmetingen en positie boombunkers*

Conform figuur 2 en Doorsneden 2 van tekening [3] (zie figuur 3) zijn de boombunkers gedeeltelijk tot onder de rabatstrook aangebracht.

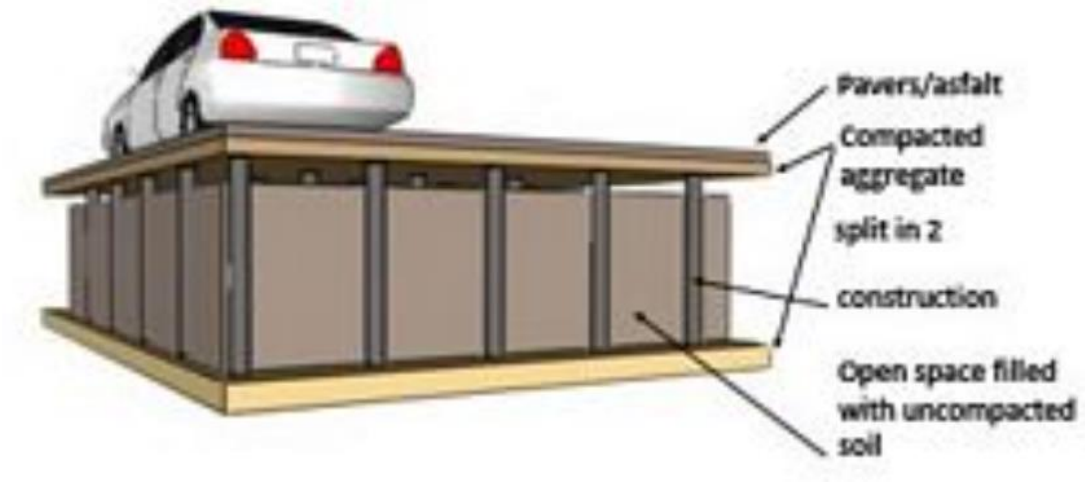


Figuur 3: *Principe Doorsnede profiel 2 [3]*

Opgemerkt wordt dat op de rabatstrook aan de zuidzijde (kant van de kerk) op dit moment niet meer geparkeerd mag worden, dit in tegenstelling tot het oorspronkelijke ontwerp. Na de ingebruikstelling van de reconstructie en de geconstateerde verzakkingen, heeft de gemeente besloten het langsparkeren op te heffen om het doorgaande verkeer meer ruimte te geven en daarbij te voorkomen dat het verkeer te veel over de rabatstroken rijdt.

2.2 Principe boombunkers (type TreeParker)

Boombunkers zijn zelfdragende met een 'inpandige' of 'overspannen' ruimte ten behoeve van het realiseren van een afgeschermde wortelruimte. Binnen een wortelbunker heeft de drukbelasting van het maaiveld geen invloed (meer) op de in de wortelbunker afgeschermde doorwortelbare ruimte. Daardoor zijn er geen wortelgroeibeperkingen meer (geen civiele belastingseisen). Binnen in de boombunkers kunnen rijke bomengrondmengsels met een optimale (losse) bodemstructuur worden toegepast.

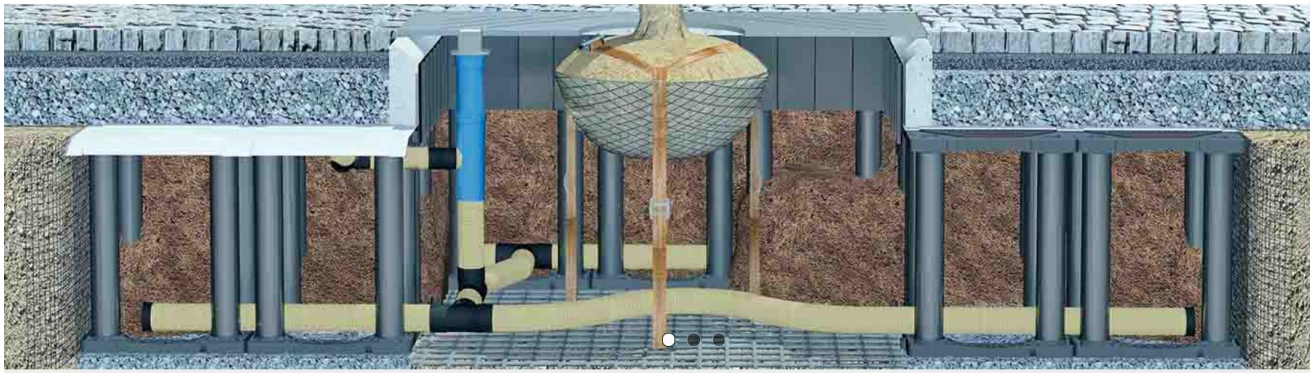


Figuur 4: *Principe boombunker*

In het project Lange Geldersekade te Dordrecht zijn boombunkers toegepast van het type TreeParker van de firma GreenMax B.V.

Het TreeParker systeem is een drukspreidingsconstructie, welke bestaat uit modulaire eenheden die sterk genoeg zijn om zware vrachtwagens te dragen, waarbij een grote hoeveelheid niet-gecomprimeerde bodem voor een gezonde wortelgroei beschikbaar is voor de boom. Het TreeParker systeem wordt rondom opgesloten met een drukverdelend gewapend textiel, Treeparker-combi Grid. Het TreeParker–combi Grid zorgt ervoor dat rondom het systeem verdicht kan worden. Water en lucht kan het systeem in en uit zonder uitspoeling van gronddeeltjes.

Zoals uit de technische omschrijvingen van de leverancier van de TreeParker kan worden geconcludeerd is het systeem van de boombunker verticaal zeer goed bestand tegen zware verkeerslasten. Om de horizontale gronddrukken op het systeem op te kunnen nemen is het van groot belang dat de uitvoeringsmethode zoals omschreven in de handleiding van Greenmax B.V. wordt uitgevoerd. Hierbij is met name de fasering van de grondaanvulling binnen de bunker en daarbuiten in de sleuf van grote invloed op het eventueel optreden van vervormingen in de gebruiksfase..



Figuur 5: *Principe dwarsprofiel boombunker van het type TreeParker*

Conform het artikel van Boomzorg [4] en de website van de leverancier (greenmax.eu) wordt het systeem in het buitenland al sinds de jaren ’60 toegepast en zijn er al meer dan 1200 projecten uitgevoerd waaronder in Rotterdam, Amsterdam, Apeldoorn, Huizen en Amersfoort.

2.3 Schadebeeld

Op vrijdag 27 november 2020 heeft GeoRisQ samen met Gebr. van Kessel een visuele inspectie gehouden op de projectlocatie van de Lange Geldersekade te Dordrecht. Tijdens de visuele inspectie zijn de verzakkingen van de verhardingen ter plaatse van de boombunkers beschouwd. Hierbij zijn de volgende bijzonderheden geconstateerd:

- Het schadebeeld van de verzakkingen kan onderverdeeld worden in twee groepen, namelijk:
    1. In langsrichting van de boombunkers (blauwe lijn) en rijbaan, waarbij direct voor en achter de boombunker in de rabatstrook er een lokale verzakking van de verharding wordt waargenomen (rode cirkels);

    2. In dwarsrichting op de boombunkers waarbij de verzakkingen van de rijbaan haaks op de boombunkers worden waargenomen (oranje cirkel);

- De omvang van de boombunkers tekenen zich af in de verharding van de rabatstrook.

Figuur 6: *Schadebeeld tijdens visuele inspectie op 27-11-2020*

2.4 (Geotechnische) schademechanismen

Het schadebeeld zoals tijdens de visuele inspectie waargenomen kan worden vertaald naar de volgende meest voor de hand liggende (geotechnische) schademechanismen.

Schademechanisme 1: Stijfheidsverschillen ondergrond

De verzakkingen direct voor en direct achter (in langsrichting van) de boombunker lijken te zijn ontstaan door stijfheidsverschillen tussen de verharding op de 'natuurlijke' ondergrond en de verharding die volledig wordt gedragen door de boombunker-constructie (zie figuur 7). Hierdoor kunnen zettingsverschillen optreden tussen de verharding op de 'natuurlijke' ondergrond en de verharding die rust op de boombunkers.

Figuur 7: *Stijfheidsverschillen en verschillende krachtsafdracht bovenbelasting naar de ondergrond*

Dit effect wordt na het ontstaan van een geringe zetting verder versterkt doordat de banden van de auto's die over de rabatstrook rijden als het ware in een 'gat' terecht komen net voordat ze de boombunker 'op' rijden of 'eraf' rijden, waardoor de druk op de ondergrond steeds meer toeneemt en de verzakkingen groter worden.

Schademechanisme 2: Grondbreuk

De verzakkingen van de verharding die haaks op de boombunkers tot in het midden van de rijbaan zijn waargenomen, kunnen door een aantal oorzaken of combinaties van oorzaken zijn ontstaan:

1. De aanvulling binnen de boombunker en die daarbuiten is niet gelijktijdig conform de handleiding aangebracht of de ruime aan de binnen zijde van de boombunker is onvoldoende aangevuld. Hierdoor ondervindt de aanvulling in de sleuf buiten de bunker en de daarop aangebrachte wegfundatie onvoldoende steundruk waardoor grondbreuk en vervormingen van de wegfundatie en de daaronder aangebrachte zandaanvulling kan optreden.

2. Zettingsverschillen tussen de relatief stijve TreePark constructie en de slappere ondergrond daarbuiten. Doordat het zware verkeer deels over de boombunkers en deels direct naast de boombunkers rijden treden er spanningsverschillen op in de ondergrond. Ter plaatse van de boombunkers worden de verkeersbelastingen via de boombunker naar een dieper punt (onderkant boombunker) afgedragen. Daarnaast treedt er een veel grotere spanningsspreiding op van de verkeersbelasting door de boombunker.

Schademechanisme 3: Schade aan de constructie van de boombunker

Als mogelijk schademechanisme kan constructieve schade van de constructie van de boombunker en het bijbehorende drukverdelend gewapend textiel de oorzaak zijn, dit kan zijn veroorzaakt door:

1. Het drukverdelend gewapend textiel, Treeparker-combi Grid, dat rondom de buitenzijde van de boombunker is aangebracht heeft mogelijk niet of in mindere mate gewerkt. Dit zou kunnen optreden indien het gewapend textiel niet volgens de handleiding is aangebracht of tijdens de uitvoering is verschoven, waardoor er materiaal van buiten de bomenbunker de bunker in kan stromen;

2. Er kan schade aan de constructie van de boombunker zijn opgetreden waardoor deze in combinatie met het drukverdelend gewapende textiel en de grond in de bunker onvoldoende steundruk kan geven.

Figuur 8: *Schade beeld in dwarsrichting op de boombunker.*

3 CONCLUSIES

Op basis van de probleemstelling zijn in voorliggende geotechnische analyse naar de mogelijke oorzaken van de verzakkingen van de Lange Geldersekade in Dordrecht de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Wat is het huidige schadebeeld?
2. Welke (geotechnische) schademechanismen worden waargenomen, en wat zijn daarbij de mogelijke oorzaken van de opgetreden verzakkingen van de verharding?
3. Op welke wijze kunnen de verzakkingen worden hersteld waarbij het risico op het optreden van nieuwe verzakingen in de toekomst kunnen worden voorkomen?

In dit hoofdstuk worden de eerste twee onderzoeksvragen beantwoord. Onderzoeksvraag 3 wordt hierna in hoofdstuk 4 beantwoord.

Onderzoeksvraag 1: *Wat is het huidige schadebeeld?*

Op basis van de visuele inspectie zoals door ons uitgevoerd op 27 november 2020 kan het schade beeld worden ingedeeld in twee groepen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

1. De verzakkingen van de rabatstrook direct voor en direct achter de boombunker;
2. De zichtbare verzakingen van de rijbaan haaks op de boombunker die over de nagenoeg volledig lengte van de boombunker zichtbaar is.

Ondanks dat het schadebeeld van deze twee verzakkingen in relatie met elkaar kunnen staan, dienen deze zowel apart als integraal met elkaar te worden beschouwd om passende herstelmaatregelen uit te kunnen voeren.

Onderzoeksvraag 2: *Welke (geotechnische) schademechanismen worden waargenomen, en wat zijn daarbij de mogelijke oorzaken van de opgetreden verzakkingen van de verharding?*

Op basis van het waargenomen schadebeeld uit de visuele inspectie zijn deze vertaald naar mogelijke (geotechnische) schademechanismen. Hierbij worden de volgende schademechanismen als de meest voor de hand liggende oorzaken aangemerkt.

Schademechanisme 1: Stijfheidsverschillen ondergrond

De oorzaak van de verzakkingen direct voor en direct achter de boombunkers (schadebeeld 1) kunnen naar alle waarschijnlijkheid worden toegewezen aan het stijfheids- en zettingsverschil tussen enerzijds de relatief samendrukbare ondergrond direct voor en achter de bomenbunker en anderzijds de stijve constructie van de boombunker die op een grondverbetering van een laag verdicht zand is aangebracht.

Doordat het verkeer continu over de rabatstook aan de zijde van de kade rijdt, treden er piekbelastingen in de ondergrond op bij de overgang tussen deze twee constructies. Hierbij wordt de bovenbelasting vanuit het verkeer ter plaatse van de boombunker naar een dieper punt afgedragen, waarbij er een veel grotere spreiding van de verkeersbelasting plaatsvindt. Deze constructie kan daarbij worden gezien als een starre funderingsplaat met een grote spreidende werking van de bovenbelasting.

Dit schademechanisme kan optreden doordat de boombunkers gedeeltelijk onder de rabatstrook zijn aangelegd en het zware verkeer hier continue overheen rijdt.

Schademechanisme 2: Grondbreuk

Als het gevolg van onvoldoende opsluiting van de wegfundatie rondom de boombunker kan door de zware verkeersbelasting grondbreuk ontstaan met verzakkingen tot gevolg. Om dit te voorkomen heeft Greenmax in hun handleiding van de boonbunkers een gefaseerde uitvoeringsmethode voorgeschreven. Hierbij is het van groot belang dat de aanvulling in de boombunker en daarbuiten volledig zijn aangebracht en verdicht om een horizontaal stabiele evenwichtsituatie te verkrijgen. Hierbij dient het gewapend textiel, Treeparker-combi Grid, als opsluiting rondom de boombunker als drukverdelende werking. De bovenbelasting vanuit het verkeer kan pas worden toegelaten als de aanvulling in de boombunker en de aanvulling aan de buitenzijde van de boombunker volledig zijn aangebracht en verdicht én de bomen met kluit zijn aangebracht. Indien het horizontale evenwicht niet aanwezig is kan grondbreuk als gevolg van de éénzijdige verkeersbelasting verzakkingen van de verhardingen rondom de boombunker veroorzaken.

Conform opgave Gebr. van Kessel zijn na de openstelling van de rijbaan, medio oktober 2019, de boombunkers in opdracht van de gemeente door derden ontgraven. Dit heeft plaatsgevonden in Q1 2020. Hierbij heeft een grotere ontgraving van de boombunkers plaatsgevonden dan in het ontwerp voorzien, doordat de kluiten van de bomen veel groter waren. Onbekend is of deze aanvulling in de boombunkers conform de handleiding van Greenmax weer in voldoende mate is aangevuld en verdicht. Op 3 april 2020 zijn de definitieve bomen aangebracht. De eerste schademelding van de verharding is daarna op 20 mei 2020 geregistreerd. Indien de sleuf rondom de boombunkers direct na plaatsen in onvoldoende mate was aangevuld en verdicht zouden de verzakkingen naar alle waarschijnlijkheid al in een eerder stadium zijn opgetreden.

Zoals in paragraaf 2.1 beschreven is na de uitvoering door de gemeente besloten om het langsparkeren aan de zijde van de kerk te laten vervallen om meer ruimte te creëren voor het tegemoetkomende verkeer. Echter doordat de zone van de rabatstrook aan de kade zijde niet is afgeschermd treden daar nog steeds zware en dynamische verkeersbelastingen op met verzakkingen tot gevolg. In de praktijk is dan ook gebleken dat ondanks deze aanpassing het verkeer bij tegemoetkomende voertuigen nog steeds over de rabatstroken rijden, en dus ook over de randen van de boombunkers.

Schademechanisme 3: Schade aan de constructie van de boombunker

Het drukverdelend gewapend textiel, Treeparker-combi Grid, dat rondom de buitenzijde van de boombunker is aangebracht heeft mogelijk niet of in mindere mate gewerkt. Dit zou kunnen optreden indien het gewapend textiel niet volgens de handleiding is aangebracht of tijdens de uitvoering is verschoven, waardoor er materiaal van buiten de bomenbunker de bunker in kan stromen, in de vorm van onderloopsheid. Omdat er tijdens de opbouw van de boombunkers specialisten van de leverancier GreenmaX b.v. aanwezig zijn geweest lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat dit heeft kunnen plaatsvinden.

Constructieve schade aan de constructie van de boombunker wordt niet als de meeste voor de hand liggende oorzaak gezien. Er zijn geen verzakkingen van de bovenzijde van de TreePark constructie zichtbaar, hetgeen bij de optredende zware verkeersbelastingen wel zichtbaar hadden moeten zijn.

4 INDICATIEF ADVIES HERSTELWERKZAAMHEDEN

4.1 Controle schademechanismen

Op verzoek van Gebr. van Kessel is in dit hoofdstuk een indicatief advies gegeven voor het mogelijke herstel van de verzakte verhardingen. Voor het opstellen van een definitief herstelplan dienen eerst de hiervoor beschreven mogelijke schademechanismen op locatie te worden gecontroleerd. De volgende aspecten dienen hierbij minimaal in het werk te worden gecontroleerd:

- De huidige hoogte van de grondaanvulling aan de binnenzijde van de bomenbunker;
- De aanwezigheid en juiste montage van het drukverdelend gewapend textiel, Treeparker-combi Grid;
- Eventuele schade aan de TreeParker constructie;
- De opbouw en dikte van de verhardingslagen.

Geadviseerd wordt een geotechnisch adviseur of expert van Greenmax B.V. tijdens deze controle op de projectlocatie aanwezig te laten zijn en de situatie met foto's vast te leggen.

4.2 Hersteladvies

Om tot een gedegen herstelplan te komen dienen de mogelijke schademechanismen zowel afzonderlijk als integraal te worden beschouwd. Voorkomen dient te worden dat door het uitvoeren van de afzonderlijke herstelwerkzaamheden nieuwe risico's kunnen ontstaan.

Schademechanisme 1: Stijfheidsverschillen ondergrond

De stijfheidsverschillen van de ondergrond en de boombunker kunnen niet zomaar worden voorkomen. Beter zou zijn als de rabatstrook minder zwaar belast zou worden door het doorgaande verkeer. Mogelijk kan worden overwogen om aan de kadezijde het langsparkeren in te voeren, zodat hier minder doorgaand zwaar verkeer overheen rijdt. Het is echter niet geheel uit te sluiten dat als er geen voertuigen geparkeerd staan er alsnog over de rabatstrook, en dus deels over de TreeParker wordt gereden.

Stijfheidsverschillen in de ondergrond en daardoor optredende verzakkingen kunnen niet geheel worden voorkomen. Door het toepassen van een geogrid in de wegfundatie en de overgang van de boombunker naar de traditionele verharding kunnen zettingsverschillen over korte afstand worden geminimaliseerd. Hiermee wordt een meer geleidelijke overgang gecreëerd tussen de verschillende wegfundaties.

Schademechanisme 2: Grondbreuk

De belangrijkste maatregel om grondbreuk, en daarmee verzakkingen van de verharding, te voorkomen is een volledige opsluiting van de verdichte wegfundatie. Hierbij is het van belang dat de fasering van de herstelwerkzaamheden conform de uitvoeringshandleiding van de leverancier, Greenmax B.V, wordt aangehouden. Hierbij dient de aanvulling in de boombunker en de sleufaanvulling buiten de boombunker volledig te zijn aangevuld en verdicht vóórdat het zware verkeer deels langs en deels over de boombunker kan rijden. Bij een goede en juiste gefaseerde uitvoering zullen naar verwachting verzakkingen zoals die nu zijn opgetreden kunnen worden voorkomen. Als gevolg van schademechanisme 1 (stijfheidsverschillen ondergrond) kunnen enige verschilzettingen op het grensvlak van de boombunker en de traditionele verharding over de gebruiksperiode niet worden uitgesloten.

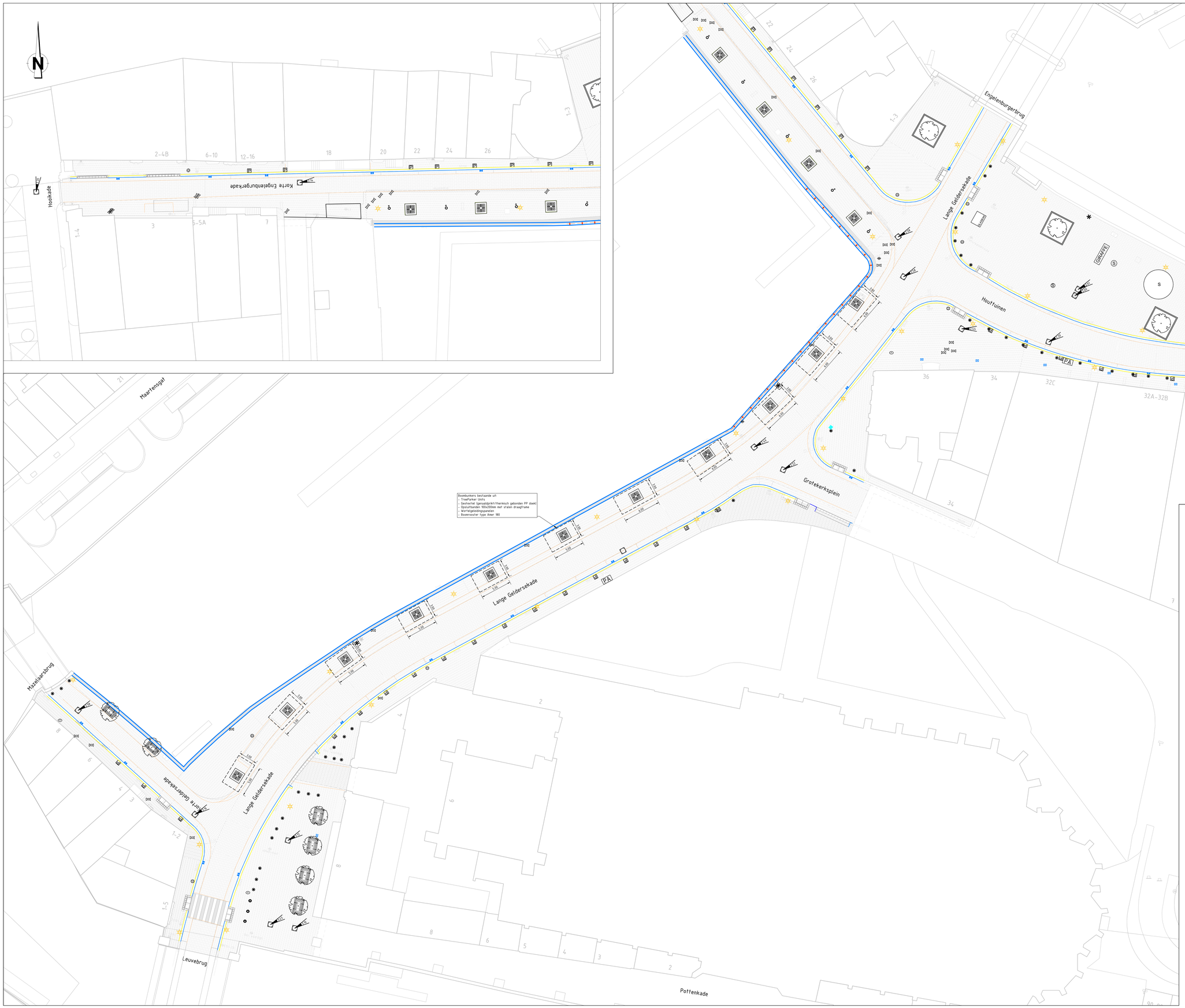
Schademechanisme 3: Schade aan de constructie van de boombunker

Indien tijdens de uitgebreide visuele controle van de constructieve constructie blijkt dat er schade aan het TreeParker systeem is opgetreden dient dit in overleg met de leverancier te worden hersteld. Belangrijk hierbij is een juiste en volledige opsluiting van de zijkanten van het TreeParker systeem met het drukverdelend gewapend textiel, Treeparker-combi Grid.

BIJLAGE(N):

1. Tekening situatie boombunkers

Bijlage 1: Tekening situatie boombunkers



VERKLARING:

- Natuursteenkeien
- Gebakken klinker waalformaat
- Gebakken klinker waalformaat
- Gebakken klinker waalformaat
- Kantopsluiting Belgisch hardsteen, 1000x300x200mm
- Materiaalgrens
- Inritconstructie Belgisch hardsteen 1000x400x200mm
- Natuursteen, invalide op- en afrit 2x1000x350x250/150mm
- Zebrapad
- Molensteen
- GIRAFFE Kunstwerk giraffe
- GLASBAK Ondergrondse glasbak
- Natuursteen plaquette
- Straatkolk
- Trottoirkolk
- Verkeersbord
- Paal (vast)
- Paal (uitneembaar)
- Lichtmast
- Afsluiter
- Brandkraan
- Ventilatiedeksel beluchtingsbuis
- PA Parkeerautomaat
- Parkeertegel
- Watertappunt
- Afvalbak
- Inspectieput met putdekselhoogte
- Boom
- Boomrand cortentstaal
- Boomrooster, type Amer150-250
- Boomrooster, type Amer180

OPMERKINGEN:
Maten in meters, tenzij anders vermeld.
Peilmaten in meters t.o.v. NAP.

0 2 4 6 8m

Versie	Datum	Omschrijving	Getekend door
C-3	21-11-2019	Concept versie 3	P.L. Le Pair

Opdrachtgever
Gebr. Van Kessel Wegenbouw b.v.

Project
Gelderse Kade en Houttuinen
te Dordrecht

Onderdeel
As-build tekening

Getekend door	Projectnummer	Datum	Formaat
P.L. Le Pair	19423120	21-11-2019	A0
Gecontroleerd door	**Bestelnummer**	**Status**	**Schaal**
J.A. de Jong	n.v.t	Concept-3	1:200

GEO INFRA B.V.
Civiltechnisch Ingenieursbureau
Bedrijvenpark Bovenhiwerf
Emmerbloik 18
4751 XE OUD GASTEL
T (0165) 349 350
F (0165) 349 379
E info@geoinfra.nl
I www.geoinfra.nl

In 2 bladen, bladnummer 1

Tekeningnummer
19423120-RV-1

TGS
TREE GROUND SOLUTIONS

Groeiplaatsen van de bomen
Lange Geldersekade
Dordrecht

Because we all need room to grow

Boomtechnisch adviseur	Erwin van Herwijnen
Datum	17-2-2021
Project	Groeiplaatsen van de bomen Lange Geldersekade Dordrecht
Projectnummer	2021.036-7
Klant	Gebr. Van Kessel Wegenbouw bv
Adres	Donker Duyvisweg 95 3316 BL Dordrecht
Contactpersoon	De heer A.P.M. Takx
Telefoon	+31- 653282772
E-mail	atakx@kessel.nl

Inhoud

1. Inleiding
    1.1 De kademuur
    1.2 Profiel van de weg
    1.3 Groeiplaatsconstructie
    1.4 Problematiek
    1.5 Kort Samengevat

2. Advies
    2.1 Strategie 1
        2.1.1 Zijwaartse krachten
        2.1.2 Statische krachten
    2.2 Strategie 2
        2.2.1 Wortelstraat
        2.2.2 Toevoer van water

3. Stappenplan

4. Technische gegevens groeiplaats
    4.1 Hoeveelheden

5. Referentie projecten
    5.1 Rokin, Amsterdam
    5.2 Prins Hendrikkade, Amsterdam
    5.3 Vredeburgkade, Utrecht
    5.4 Amstelvlietstraat, Amsterdam

1. Inleiding

Naar aanleiding van het verzoek van de heer Takx is er gevraagd naar mijn expertise betreft de problematiek van de verzakking nabij de groeiplaats constructie op de Lange Geldersekade te Dordrecht.

De basis voor mijn advies is de memo van GeoRisQ consultancy uit Bodegraven, waarin de heer K. Lodewijkx de problematiek op papier heeft gezet en een eerste aanzet geeft over de methode om het geheel te herstellen. Daarnaast zijn er gegevens verkregen uit een gezamenlijk overleg met de heer Takx, de heer Ekkerink van de firma Van Kessel en met de heer Lodewijkx.

De locatie van het project is de Lange Gelderse kade tussen de Korte Geldersekade en de Houttuinen; een belangrijke verkeersader naar de historische binnenstad en de nieuwe haven. Het is een route waar redelijk veel maar ook zwaar verkeer rijdt.

De kademuur is in 2019 door de firma De Vries uit Werkendam gereconstrueerd.
In onder aanneming heeft de firma Van Kessel uit Dordrecht de groeiplaatsconstructie en de verharding aangelegd.

1.1 De kademuur

Een summiere samenvatting van de werkzaamheden aan de kademuur is dat er een nieuwe damwand is geslagen om de grond te keren, die tevens functioneert als dragend element voor de gemetselde buitenmuur van de kade.

1.2 Profiel van de weg

Het profiel van de weg is vanaf de kademuur als volgt:

- Langs parkeerstrook 265 cm
- Rabatstrook 100 cm
- Rijbaan 475 cm
- Rabatstrook 100 cm
- Verhoogde Trottoirband

Het profiel van de straat is bol aangelegd en het water stroomt vanaf het midden van de rijbaan richting de parkeerstrook met een gemiddeld afschot van 2 %.

1.3 Groeiplaatsconstructie

De groeiplaatsen hebben 2 afmetingen. Het zijn of bakken van 6 bij 3 meter of bakken van 5 bij 3 meter. Onder de grond start de groeiplaats ongeveer ter hoogte van de damwand en loopt door tot in de rabatstrook

tegen de rijbaan aan. Dit heeft tot gevolg dat er regelmatig verkeer vlak langs en over een gedeelte van de groeiplaatsconstructie heen rijdt.

Er is gekozen om met het type Treeparker te werken in dit project. De toenmalige argumenten voor deze keuze zijn nu niet relevant, maar de praktijk heeft uitgemaakt dat deze constructie niet geschikt is voor deze locatie en toepassing.

1.4 Problematiek

Kort samengevat kennen we op dit moment de volgende problemen:

1. Verzakkingen van de verharding in de rabatstrook en de rijbaan naast de groeiplaatsconstructie.
2. Verzakkingen van de rabatstrook boven de groeiplaats constructie.

Deze problemen hebben vooral te maken met de stijfheid van de fundering en met het zettingsverschil van de verschillende funderingstechnieken die naast elkaar in hetzelfde vlak zijn toegepast. In de huidige discussie zijn de boom technische aspecten nog niet meegenomen maar dat laten we in dit document buiten beschouwing.

Kort samengevat zijn er in de voorbereiding van de aanleg van de huidige oplossingen denkfouten gemaakt die voor deze problemen hebben gezorgd.

1. Ten eerste is de constructie niet sterk genoeg om op deze locatie als fundering voor de parkeerstrook en de rabatstrook te dienen.
2. De groeiplaats is in het tracé van de rabatsrook verwerkt waardoor er verschil van funderingen ontstaat.
3. De dekking tussen de bovenzijde van de groeiplaatsconstructie is onvoldoende om de verharding en de toepassing te kunnen dragen. Normaal gesproken is er een dekking van 60 cm om een lichte verkeersbelasting te kunnen dragen.
4. De ondergrond onder de groeiplaats constructie is met water verzadigd en verliest daardoor zijn draagkracht.
5. De zijwaartse krachten vanuit de rijbaan kunnen door dit systeem onvoldoende opgevangen worden waardoor de fundering van de weg in de groeiplaats wordt geduwd.

1.5 Kort samengevat

Uit de praktijk en de opgemaakte rapportages is gebleken dat de oplossing van Treebuilders/ Greenmax niet voldoet aan de eisen die men aan deze locatie stelt met als resultaat dat de parkeerfunctie al is opgeheven en dat men zich grote zorgen maakt over de stabiliteit van de ondergrond.

2. Advies

Om de groeiplaats aan de gestelde eisen te voldoen zijn er twee strategieën mogelijk:

1. Het huidige systeem aanpassen
2. Het huidige systeem verwijderen en een nieuwe constructie aanleggen die wel functioneert

In dit document zal ik de eerste strategie toelichten, maar de voorkeur gaat uit naar de tweede optie omdat ik verwacht dat deze minder impact heeft op de werkzaamheden. Bovendien heeft de ervaring geleerd dat deze methode voldoet aan deze situatie.

2.1 Strategie 1

Als men de huidige constructie wil behouden moeten de volgende problemen worden opgelost:

- De zijwaartse krachten moeten opgevangen kunnen worden
- De ondergrond stabiliseren
- De draagkracht van de constructie versterken

2.1.1 Zijwaartse krachten

Om de stuwing in de ondergrond tegen te houden moet er een ondergrondse keerwand worden gecreëerd om die krachten op te vangen. Simpelweg een rijplaat in de grond plaatsen en tegen de dragende pijlers van de groeiplaats constructie aan zetten lijkt de meest eenvoudigste oplossing. Echter brengt deze oplossing wel veel risico's met zich mee. Het rust tegen de pijlers en vooral ter hoogte van de boom zelf is er maar 1 rij Treeparker element gerealiseerd. Dit heeft als gevolg dat deze zone kwetsbaar is en mocht het bezwijken, dat de hele constructie ook bezwijkt.

De oplossing moet dan ook los van de boom constructie worden gerealiseerd. De beste oplossing is dan ook om met een betonnen L profiel te gaan werken. Er is echter 1 probleem. Het horizontale vlak kan niet richting de groeiplaats worden geplaatst maar aan de kant van de weg. Theoretisch gezien zou dit L profiel kunnen kantelen richting de groeiplaats.
Door de Keerwand niet tegen de groeiplaats constructie aan te plaatsen zal er een zone ontstaan die niet of nauwelijks te verdichten is en ontstaat er alsnog zettingsverschil.

2.1.2 Statische krachten

Het is bij mij nog niet duidelijk waar de inklink van de verzakkingen op de groeiplaats plaatsvindt.
Er zijn 3 mogelijkheden.

1. De dekking op de groeiplaats is niet voldoende verdicht. Omdat de dekking niet hoog genoeg is en de verdichting door middel van een trilplaat is uitgevoerd, slaan de kunststof dekplaten van de groeiplaats terug met als gevolg dat het zand niet te verdichten is. Er vindt dan na verloop van tijd altijd een inklinking plaats.
2. De verkeerslast is te groot waardoor de pijlers van het systeem vervormen
3. De ondergrond is verzadigd en daardoor niet stabiel genoeg om het system + verkeerslasten te dragen.

Nu is het niet mogelijk om zonder het afbreken van de huidige constructie de ondergrond te versterken en laat ik deze overweging daarom voor nu even los.

Voor het vervormen van het systeem of de dek laag op de constructie is het echter wel een mogelijkheid om die te versterken, al is dit niet eenvoudig.
Door een extra betonnen dekplaat te ontwikkelen is het theoretisch mogelijk het systeem te versterken. Probleem is eigenlijk wel dat het systeem niet mag rusten op de constructie zelf en daardoor breder moet zijn dan de huidige groeiplaats. Dan spreken we over een lengte van 5 of 6 meter met een breedte van 3 meter. Er ontstaat dus een soort brugconstructie.

Nu is een overbrugging van een betonplaat van minimaal 7 meter niet eenvoudig en zal dit opgelost moeten worden in de hoogte van de betonplaat of met de maat en de hoeveelheid betonijzer in de dekplaat. De hoop dat deze plaat 20 cm hoog kan zijn is niet realistisch en een constructeur moet uitrekenen of deze oplossing mogelijk is.

Nu zijn we echter wel een halve boombunker aan het bouwen om een kunststof systeem te ontlasten. Ik heb nu nog geen inzicht in de haalbaarheid van deze strategie en de kosten.
Daarnaast is de verwachting dat er toch zettingsverschil zichtbaar blijft door het verschil van fundament.

2.2 Strategie 2

De tweede strategie is de huidige oplossing loslaten en een andere groeiplaats inrichten. Wel moet verteld worden dat deze oplossing niet daadwerkelijk onder de systemen van een 'wortelbunker' valt maar het is een druk verdelende oplossing. Maar door de complexiteit van dit project is het de beste oplossing voor de stad Dordrecht.

Een boom kan zich eenvoudig aanpassen aan een groeiplaats. Het is dus geen probleem om de boom in een smalle groeiplaatsstrook te planten. Wat ook belangrijk is om te weten is dat een investering van meer dan een meter onder maaiveld geen verstandige investering is, omdat de bomen daar meestal geen gebruik van maken. Dit heeft onder andere met

de zuurstofhuishouding in de bodem te maken. Een belangrijk gegeven is ook dat de organische rijke grond dieper dan een meter voor problemen gaat zorgen in de zuurstofhuisding van de gehele constructie. De voorkeur gaat naar een leeflaag van 80 cm hoog en bomenzand dat niet dieper wordt verwerkt dan 20 cm onder de hoogste grondwaterstand. Het maakt niet uit of we nu over bomengrond of bomenzand praten. Ondanks dat daar een wezenlijk verschil in zit is het negatieve effect hetzelfde.

Naast de boom technische voordelen van een nieuwe groeiplaats is het verstandig om de huidige groeiplaats onder de rabatstrook weg te halen. De ervaring leert dat de contouren van de groeiplaats zichtbaar blijven, ook na herstel of aanpassing zoals in strategie 1 is verwoord. Dit om de eenvoudige reden dat er wordt gewerkt met verschillende funderingen onder de rabatstrook.
Daarom heeft het de voorkeur om enkel in de parkeerstrook een nieuwe groeiplaats aan te leggen. De kwaliteit van de voedingsgrond is dan wel belangrijk voor een boom.

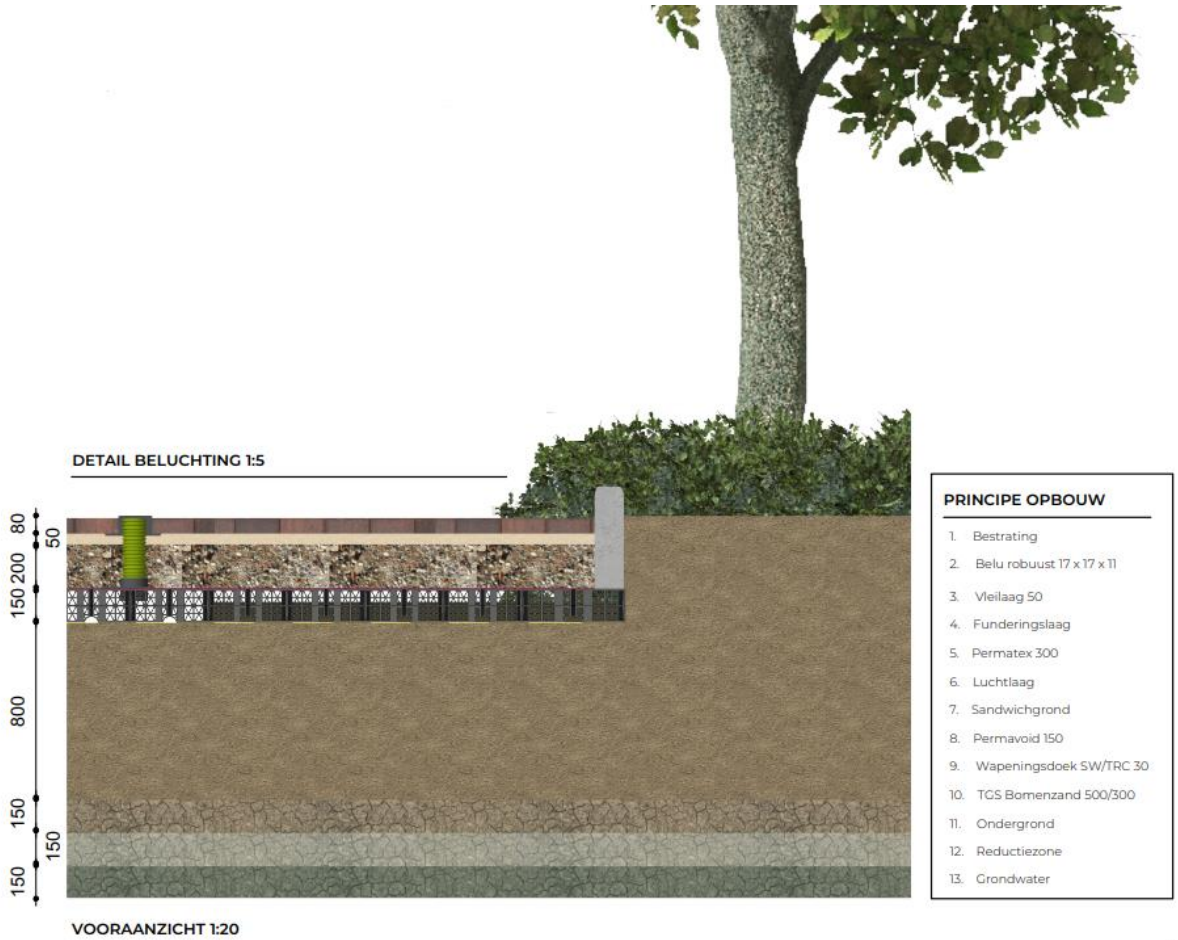
Er zit een wezenlijk verschil tussen bomenzand en bomengrond. Bomengrond wordt verwerkt in een opengrond situatie of in een draagconstructie omdat het geen dragend vermogen heeft. Bomenzand is toepasbaar onder verharding belast met lichte belasting.

Naast de draagkracht is er een verschil in organische stof en dus in kwaliteit en duurzaamheid van het materiaal. Een bomenzand met maximaal 4-5% organisch materiaal heeft een beperkte duurzaamheid ten opzichte van bomengrond met 8-10% organisch materiaal. Het is dan ook zonde om in een draagconstructie bomenzand te verwerken omdat de duurzaamheid van de groeiplaats met de helft wordt verkort.

Als men met een constructie zoals bomenzand werkt dan is het mogelijk om heel flexibel te werken op het moment dat de ruimte grillig en beperkt is. Echter functioneert enkel bomenzand niet meer aan de eisen van het gebruik van de omgeving van de Lange Gelderse kade. Het is dan ook noodzakelijk om de draagkracht van de groeiplaats te verhogen met een extra fundering. Het is tegenwoordig standaard om bomenzand in combinatie met een holle kunststof fundering toe te passen.

In de huidige situatie adviseren we om met Bomenzand 500 te werken omdat het grondwater dicht op de groeiplaats zit. Een Bomenzand 300 heeft de eigenschap zich dan vol te zuigen met water zodat er problemen in de zuurstofhuishouding optreden. De Permavoid® Sandwich Constructie 150 (PSC150) is hiervoor uiterst geschikt. Dit systeem is ontwikkeld als een holle kunststof fundering en wordt al sinds 2006 succesvol toegepast. Met dit systeem is het mogelijk om een tweede maaiveld te realiseren. Met een dekking van 5 cm straatzand en daarop de verharding is het

systeem draagkrachtig genoeg om verkeersklasse 45 te kunnen dragen met snelheden tot 30 km/uur.



Figuur 1 Systeem opbouw van de Permavoid® Sandwich Constructie

In deze situatie raad ik aan om de draagkracht te verhogen door een extra fundering laag op het PCS150 aan te leggen zodat de gehele constructie is aangepast voor zwaar verkeer met hoge snelheden. Om de boom technische kwaliteit en duurzaamheid van de groeiplaats te vergroten, vullen we de holle ruimte met een Sandwich grond waarmee we een bossstrooisel laag uit het bos nabootsen. Op deze manier verhogen we de kwaliteit van bomenzand kwaliteit naar bomengrond kwaliteit. Deze Sandwich grond zal echter inklinken en zo ontstaat er ook een luchtlaag in het PSC150 systeem. Door middel van beluchtingspunten in de verharding is het mogelijk om verversing van zuurstof in de bodem te realiseren en een natuurlijk intreden van zuurstof de bodem te brengen.

Als we het over deze constructie hebben dan hebben we het ook over een tweede maaiveld systeem.

2.2.1 Wortelstraat

In de huidige strategie is er met een bloempot of boomeilanden strategie gewerkt. Ik bedoel daar mee dat iedere boom zijn eigen groeiplaats heeft. Doordat we de groeiplaats gaan versmallen naar circa 200 cm en de diepte van groeiplaats minderen is het nu noodzakelijk om de groeiplaatsen aan elkaar te verbinden om het circa 20 m³ bewortelbaar volume van de boom te respecteren.
Het is geen probleem voor bomen om in een lange smalle groeiplaats te groeien. Het is zelfs een voordeel dat de groeiplaatsen aan elkaar gekoppeld worden omdat de bomen de kans krijgen in elkaars groeiplaats te groeien. Deze methode wordt ook wel een wortelstraat genoemd.

Het is wel noodzakelijk om de huidige problematiek goed te herstellen en dan de groeiplaatsen opnieuw op te bouwen. Dus eerst de fundering van de rabatstrook op gewenst niveau terugbrengen en daarna de groeiplaats inrichten om latere zetting in het wegdek te voorkomen.

Het is mogelijk om langs de groeisleuf een wortelwerende wand te plaatsen. Niet dat het in de lijn van de verwachting ligt dat wortels onder de rabatstrook en/of rijbaan gaan wortelen, de verdichting is te hoog (>3 MPa) met als gevolg dat er gewoon geen wortels in kunnen groeien. Daarnaast is het voor een boom veel eenvoudiger om zijn benodigdheden uit de groeiplaats zelf te halen waar alles wat de bomen nodig hebben beschikbaar is. Maar je bent nu wel in de gelegenheid om een non woven textiel langs de zijde van de rijbaan te plaatsen.

2.2.2 Toevoer van water

En boom heeft naast organische stof en zuurstof ook water nodig. Nu wordt deze groeiplaats op een grondwaterprofiel gebouwd en is er sowieso aanvoer van water van onderaf. Daarnaast is het noodzakelijk dat er ook van bovenaf water in het systeem komt. Hier hoeven we niet per sé aanpassingen te maken aan het systeem. De verharding bestaat uit oude gebakken klinkers (waaltjes). Een prettige en mooie eigenschap van deze verharding is dat deze niet vormvast is en dat er grove voegen aanwezig zijn. Door de parkeerstrook nagenoeg vlak te leggen is het mogelijk het water de kans te geven te infiltreren door de voegen heen in de groeiplaats. Het is zelfs mogelijk om de verharding onder een licht afschot naar het Belu rooster toe te straten zodat het via het Belu rooster in het PSC150 systeem kan komen. Uit ervaring hebben we echter geleerd dat het voldoende is wanneer de voegen goed water doorlatend zijn. De kans dat de beluchting dan dicht slipt is aanzienlijk kleiner dan wanneer we de verharding gewoon vlak houden.
Mocht er een extreme bui zijn dan zal het water via de kademuur in de haven worden afgevoerd.

De voorkeur gaat er dan naar uit om de verharding niet op afschot richting de beluchtingspunten te laten lopen.

3. Stappenplan

In het stappenplan omschrijven we de volgorde waarin de werkzaamheden moeten worden uitgevoerd.

1. **De bomen verwijderen van de huidige groeiplaats en op depot zetten of gelijk naar een nieuwe blijvende standplaats brengen.**
    - Het heeft de voorkeur om de 11 bomen tegelijk te verwijderen van de huidige locatie.
    - Het is een overweging om nieuwe bomen te gebruiken zodat de bomen die terug geplant worden op een kwekerij geprepareerd kunnen worden om een zomer aanplant te realiseren.
        - De bomen worden dan in maart boven de grond gezet en de kluit wordt met kokosbescherming verpakt en aan een druppelleiding gezet. De boom kan nu eenvoudig vanaf mei geplant worden. Dit geeft meer speling in het tijdschema van het werk.
        - Tweede voordeel is dat de bomen in de straat sneller op beeld staan.
    - Uiteraard is het ook mogelijk de huidige bomen opnieuw te gebruiken maar dan moeten de bomen voor april op depot worden gezet of voor april weer terug geplant worden. Derde optie is om de bomen pas in het najaar terug te planten.
        - Het nadeel van de laatste optie is dat de bomen in korte periode 2 keer worden verplant en geen kans krijgen om de verplantingen te herstellen.

2. **De verharding verwijderen en op depot zetten. Zowel van de rabatstrook, rijbaan en de nieuwe plantstrook.**
    - Het is mogelijk om de verharding gefaseerd uit te voeren.

3. **De groeiplaats in zijn geheel verwijderen en afvoeren**
    - De groeiplaats heeft op deze locatie geen waarde meer en kan in zijn geheel worden afgevoerd.
        - Het is wel mogelijk om de huidige groeiplaats op depot te zetten en opnieuw te gebruiken. Voorwaarde is wel dat de onderdelen niet vervormd zijn.

4. **De groeiplaatsen van onderaf aanvullen en per laag optimaal verdichten.**
    - Door de open ruimte eerst op te vullen en te verdichten wordt de fundering van de weg hersteld.

    - Door deze werkzaamheden gefaseerd uit te voeren is het mogelijk het zand wat later weer wordt ontgraven te gebruiken in een volgende fase.
    - Het is natuurlijk ook mogelijk de gehele Lange Gelderse Kade in 1 fase uit te voeren.

5. **Het opnieuw uitgraven van de wortelstraat tussen de kademuur en de rabatstrook tot circa 130 cm diep vanaf nieuw maaiveld.**
    - Het is noodzakelijk om zo dicht mogelijk langs de kade constructie de grond weg te halen.
    - Aan de kant van de Rabatstrook de onderste 70 cm van de groeisleuf in een hoek van 45 graden uit te graven.

6. **Het aanbrengen van een drainage die door de kademuur het water kan afvoeren in de tussenruimte van de kademuur.**
    - De drainage komt net onder het bomenzand te liggen in 10 cm drainagezand om het overtollige water af te voeren naar de haven.
        - Het is bij mij niet bekend of deze drainagelaag al aanwezig is.
    - Eventueel doorspuitmogelijkheid aanbrengen zodat er via het maaiveld de drainage kan worden onderhouden.

7. **In lagen het bomenzand aanbrengen en optimaal verdichten.**
    - Bomenzand wordt in lagen van 30 cm aangebracht en verdicht met een sleuven stamper.
    - Het bomenzand loopt in de breedte vanaf de rabatstrook tot aan de kademuur. Voor de berekening nemen we een gemiddelde van 200 cm.
    - De eerste laag wordt tot circa 1,5 MPa verdicht.
    - Doordat de tweede laag wordt aangebracht is het noodzakelijk dat de toplaag met een hark wordt geroerd. Dit om te voorkomen dat er een storende laag ontstaat in de opbouw.
    - De tweede laag wordt tot maximaal 1,8 - 2 MPa verdicht.
    - Mocht de totale hoogte van 70 cm nog niet gehaald zijn, worden de werkzaamheden herhaald, wordt de bovenlaag losgeharkt en komt er nog een derde laag van 10 cm bovenop.
    - Bij de meeting zal blijken dat er nu geen storende lagen in de bodem aanwezig zijn en dat de totale verdichting rond de 1,8 - 2 MPA zal zijn.
        - Er is een speling maar de maximale verdichting mag niet boven de 2,3 MPA verdicht worden en niet onder de 1,8 MPa.
    - Het bomenzand vlak afrijen.

8. Het aanleggen van de Permavoid® Sandwich Constructie 150.

- Een wapeningstextiel op het bomenzand uitrollen met een overlap van minimaal 35 cm zodat het minimaal 20 cm van het textiel tot aan de bovenzijde van de Permavoid units komt.
- De Permavoid units plaatsen en die zowel aan de onderzijde als de bovenzijde verbinden met verbindingspennen zodat over de gehele hoogte van de constructie de units verbonden zijn.
    - Alle mogelijkheden om de units aan elkaar te verbinden moeten worden toegepast. Een enkele keer mag er een lijn los blijven omdat het legpatroon in een bocht niet uitkomt.
- De Permavoid moet minimaal doorlopen tot in de rabatstrook om toekomstige zettingsverschil te voorkomen.
- Het is mogelijk de Permavoid onderling van elkaar te laten verspringen zodat de lijn van de rijbaan/kademuur kan worden gevolgd.
    - Door het PSC150 zo strak mogelijk tegen de kademuur te instaleren voorkomt men zettingsverschil in de verharding op de plek waar geen PSC150 geïnstalleerd is.
    - Het is mogelijk de Permavoid units op maat te zagen zodat ze om obstakels heen gelegd kunnen worden.
- Het aanbrengen van beluchtingspunten op de Permavoid en deze verlengen met een PP beluchtingsbuis extra geperforeerd en zonder omhulsel zodat er beluchtingspunten in de verharding kan worden gerealiseerd.
    - Eventueel is het mogelijk de drainage buis door de Permavoid te laten lopen.
- Per boom minimaal 2 beluchtingspunten aanbrengen.
    - Tussen twee bomen in komen er dan 2 beluchtingspunten zodat er verversing van zuurstof mogelijk is.
    - Het is ook mogelijk deze via het boomrooster te laten lopen maar dan is de verversing minder optimaal.
- Er zijn twee methoden om straatmeubilair ter hoogte van de wortelstraat te plaatsen.
    - Deze kunnen op het bomenzand worden geplaats en de Permavoid® Sandwich Constructie kan om het obstakel heen worden gelegd.
    - Of de elementen worden op de PSC150 geplaats.
- De constructie vullen met Sandwich grond tot boven aan de rand.
    - Na inklink blijft er een laag van 10 cm Sandwich grond over en deze laag wordt meegeteld met het bewortelbaar volume.

- De gehele constructie afdekken met een textiel; Permatex 300.
    - Deze moet zowel aan de bovenzijde als de zijkanten afgedekt zijn zodat er een gesloten pakket ontstaat.

9. Het aanbrengen van de extra fundering

- Op de PSC kan er nu een laag van 20 cm korrelmix of menggranulaat worden opgebracht en optimaal worden verdicht met een trilplaat.
- Belangrijk is dat de wegfundering naast de PSC150 goed wordt mee verdicht.

10. Het aanplanten van de bomen uit depot of nieuwe bomen van een leverancier.

- De bomen kunnen maximaal 10 cm onder maaiveld verharding worden geplant zodat er ruimte is om het boomrooster te instaleren.
- De verankering moet ondergronds gebeuren vanwege het boomrooster.
- De boompalen of grondankers moeten tot onder het bomenzand worden bevestigd voor meer houvast.

11. Het straatzand aanbrengen.

12. Boomrooster plaatsen.

- Het boomrooster kan door middel van betonbanden worden ondersteund die of op het Permavoid geplaats worden, of tegen de zijkanten op het bomenzand worden gesteld.

13. Verharding aanbrengen.

4. Technische gegevens groeiplaats

De totale lengte van de groeiplaats is circa 135 m^1
De Gemiddelde breedte van de sleuf bomenzand is circa 2,00 m^1
De breedte van de PSC150 is 283,2 cm
De totale lengte van de PSC150 is 115,2 m^1

4.1 Hoeveelheden

Bomenzand 500 totaal is 216 m^3 verdicht
Los gestort is dat circa 260 m^3

PSC150 totaal 326 m^2 (zonder snijstukken)
Sandwich Grond totaal 30 m^3 (wordt enkel boven de strook bomenzand ingeveegd)

Per boom is er nu een gemiddeld groeiplaats gerealiseerd van 22 m^3 in een opengrond kwaliteit

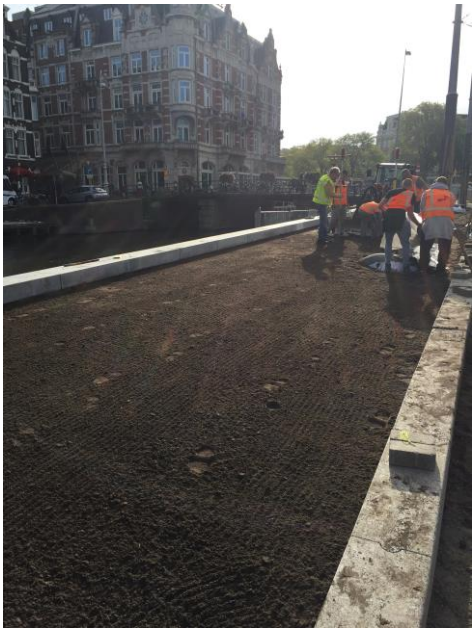
Beluchtingspunten
22 clickmof Ø 80
22 Belu roosters

5. Referentie projecten

5.1 Rokin, Amsterdam
Project de Rode loper
Realisatie 2018

De groeiplaats van de bomen is gerealiseerd in de wortelstraat. De bomen staan in TGS Bomenzand 500. Om de draagkracht te verhogen is er de Permavoid® Sandwich Constructie 150 aangelegd die afgevuld is met TGS Sandwich grond.

Het systeem is op deze locatie tussen twee opsluitbanden gesitueerd en is in zijn geheel opgesloten. De natuurstenen verharding is gerealiseerd op circa 8 cm gebroken split.



Aanleg in 2018
Links ligt het bomenzand 500 klaar.
Rechts wordt de Permavoid® Sandwich Constructie aangelegd.

Resultaat augustus 2020.

5.2 Prins Hendrikkade, Amsterdam
Project Prins Hendrikkade
2017

De groeiplaats van de bomen is in een wortelstraat gerealiseerd.
De bomen staan in TGS Bomenzand 500
Om de draagkracht te verhogen is er de Permavoid® Sandwich Constructie 150 aangelegd die afgevuld is met TGS Sandwich grond.

Het systeem is op deze locatie tussen twee opsluitbanden gesitueerd en is in zijn geheel opgesloten. De verharding is gerealiseerd met gebakken klinker die zijn gelegd op circa 5 cm straatzand.

Drie fases van de aanleg van de groeiplaats constructie.

Foto van het project genomen in august 2020.

5.3 Vredeburgkade, Utrecht
Project Tivoli
2019

De groeiplaats is een multifunctionele groeiplaats waarbij gebruik is gemaakt van de volgende systemen.

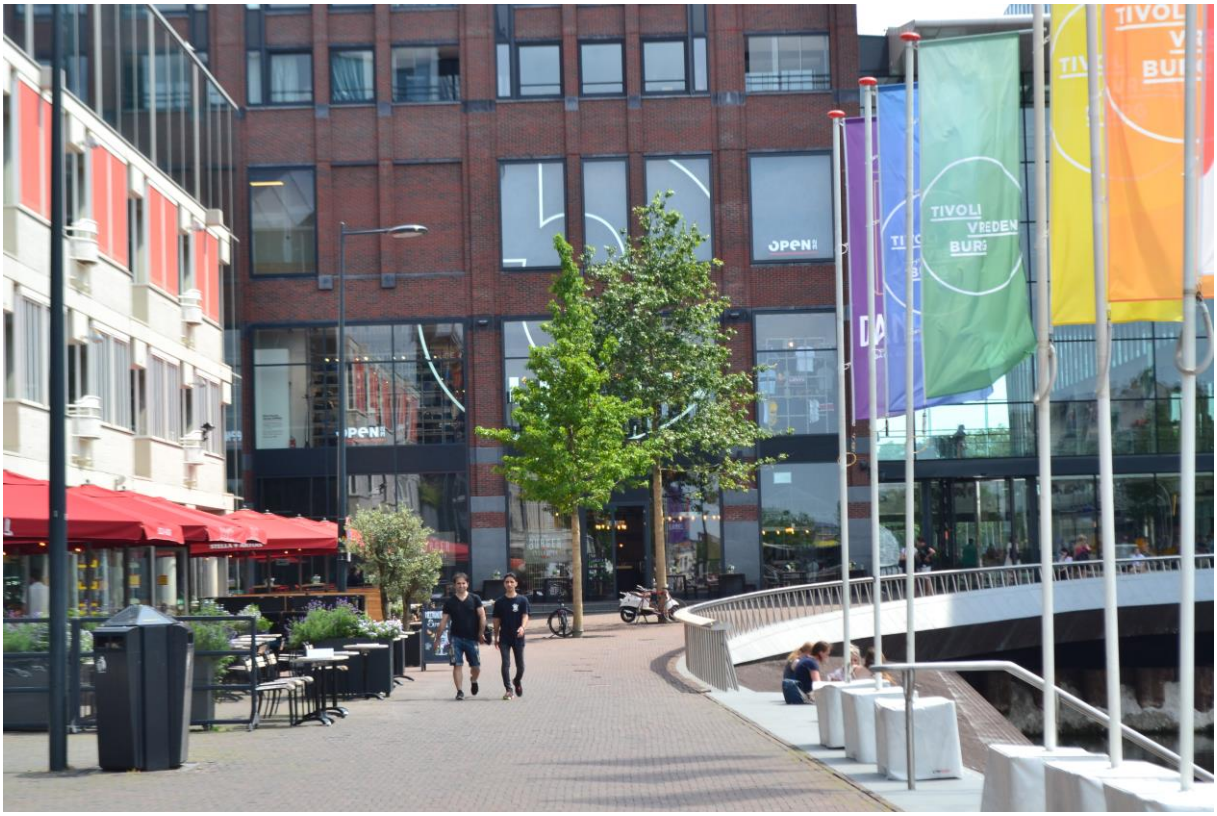
- Permavoid® Capillair Irrigatie Systeem 300
- Permavoid ® Sandwich Constructie 150
- TGS Smartkolk

De opzet is om water van de verharding te gebruiken om de bomen te voeden met water en in tijden van flinke buien hooswater op te vangen en tijdelijk te bufferen. Het Permavoid® Capillair Irrigatie Systeem 300 leent zich daar uitstekend voor.
Het gebied bevindt zicht echter in een zone waar gladheidbestrijding wordt toegepast en daarom is het noodzakelijk om strooizout te scheiden van het water wat in de groeiplaats wordt gebracht. Om dit te realiseren scheidt een systeem van 3 standaard kolken en de TGS Smartkolk de first flush van een bui en voert dit apart af.

Voor deze referentie is het vooral belangrijk dat de groeiplaats extra draagkracht heeft gekregen door de toepassing van de Permavoid® Sandwich Constructie 150 waarop een extra fundering laag van 20 korrelmix heeft gekregen, waarop 5 cm straatzand is verwerkt en waar daarbovenop is gestraat. De foto's zijn dan ook gespitst op de dragende elementen van de groeiplaats.

De opbouw van het Bomenzand 500 inclusief de Permavoid® Sandwich Constructie 150 die al gedeeltelijk is ingeveegd met een TGS Sandwich Grond.
Duidelijk is te zien dat zowel aan de onderzijde als de bovenzijde bevestigingspennen zijn bevestigd om een zelfherstellend vlak te creëren. Opvallend is dat de boom op maaiveld is aangeplant en dus boven het PSC150 systeem zichtbaar is.

Op de volgende foto’s zijn verschillende fases zichtbaar waarbij het PSC150 systeem is afgedekt met Permatex 300 en dat er een korrelmix op wordt aangebracht.
De onderste foto laat zien dat het boomrooster over de kluit wordt geïnstalleerd waarna de verharding op een laag van 5 cm straatzand wordt aangebracht.
De verharding op de groeiplaats is niet tussen opsluitbanden opgesloten



Resultaat augustus 2020.

5.4 Amstelvlietstraat, Amsterdam
Project Amstelkwartier
2014

Dit is en project wat in 3 fases is uitgevoerd en wat intensief wordt gebruikt als parkeerplaats van de bewoners.
De groeiplaats is een combinatie van TGS bomenzand 500 en PSC150 die is ingeveegd met TGS Sandwich grond.
In de bijgevoegde foto's is de ontwikkeling zichtbaar.

Het eerste groeiseizoen van de bomen.

Het tweede groeiseizoen.

Het derde groeiseizoen.

Het vierde groeiseizoen, de zomer van 2018.

Het vijfde groeiseizoen, 2019.

Het zesde groeiseizoen in augustus 2020.