



DURA VERMEER

Waarmaken van ambities

Standaardisatie van ondergrondse parkeergarages

Eindverslag

Joffrey Schaap 1611960

Bart Zieleman 1612299

Afstudeerrichting Ondergronds Bouwen

TCIT-V15AFO-14



Datum 1 juni 2015
Versie 2

Titelpagina

In het colofon zijn alle gegevens terug te vinden. Hierin staan de begeleiders van de HU, begeleider van Dura Vermeer Beton- en Waterbouw, studenten en het regiokantoor waar de studenten hun afstudeeronderzoek hebben uitgevoerd.

1 ^e Begeleider HU	:	ir. Frans van Heerden
Telefoon nummer	:	06-51752268
E-mail	:	Frans.vanheerden@hu.nl
Faculteiten	:	Natuur en techniek
Instituut	:	Gebouwde omgeving
2 ^e Begeleider HU	:	ing. Martijn Zegers
Telefoon nummer	:	(088) 4818625
E-mail	:	Martijn.zegers@hu.nl
Faculteiten	:	Natuur en techniek
Instituut	:	Gebouwde omgeving
Begeleider Dura Vermeer	:	ing. Martin van den Berg
Telefoon nummer	:	06-53976815
E-mail	:	Martin.v.d.Berg@duravermeer.nl
Student	:	Joffrey Schaap
Student nummer	:	1611960
Telefoon nummer	:	06-83999550
E-mail	:	j.schaap@duravermeer.nl
Adres	:	Oude Ban 17, Woudrichem
Faculteiten	:	Natuur en techniek
Instituut	:	Gebouwde omgeving
Student	:	Bart Zielman
Student nummer	:	1612299
Telefoon nummer	:	06-57943129
E-mail	:	b.zieleman@duravermeer.nl
Adres	:	Nijensteinseweg 12, Hagestein
Faculteiten	:	Natuur en techniek
Instituut	:	Gebouwde omgeving
Bedrijf	:	Dura Vermeer Beton- en Waterbouw
Adres DVBW	:	Schoenaker 8
Telefoon nummer	:	(024) 6962424
Postcode	:	6641 SZ Beuningen
Afstudeer datum	:	2 juni 2015

Voorwoord

In het kader van de studie Civiele Techniek moet in het vierde jaar een afstudeeronderzoek worden gedaan. Dit onderzoek is gedaan bij Dura Vermeer Beton- en Waterbouw (DVBW). Het onderzoek hebben wij, Bart Zieleman en Joffrey Schaap, met veel plezier uitgevoerd. De bedoeling van deze scriptie is te laten zien, dat wij de afgelopen vier studiejaren voldoende kennis hebben vergaard voor het diploma.

Tijdens de hobbelige weg van onze scriptie zijn wij door Frans van Heerden en Martijn Zegers regelmatig bijgestuurd. Omdat zij alles van ons hebben gelezen en hebben getoetst zijn wij hen zeer dankbaar voor hun kritische blik en bereidheid om vragen te beantwoorden.

Ook willen wij graag DVBW bedanken voor de mogelijkheid om onze scriptie hier te hebben mogen maken. Verder is de openheid van dit bedrijf heel erg fijn voor afstudeerders gebleken. In het bijzonder willen wij Marin van den Berg en Joost van Bezooijen bedanken. Door hen hebben wij deze kans bij DVBW gekregen. De heer van den Berg heeft ons bijgestaan met vragen en een kritische blik tijdens het afstuderen. Verder was de deur altijd open voor vragen, hun mening en sturing, zelfs wanneer zij het zelf zo druk hadden dat ze niet wisten waar ze de tijd vandaan moesten halen. Ook gaat onze dank uit naar de geïnterviewden, Alex Schelvis, Mark Hendriks, Maurice Gieling, Ruud Kenter, Silvano van Leeuwen en Maarten Roest. Zij hebben ons essentiële inzichten gegeven die horen bij dit onderzoek.

Dit rapport is het hoofdrapport maakt deel uit van drie rapporten. De bijlagen die bij dit rapport horen zijn los opgenomen in een bijlagenrapport, om de leesbaarheid van dit te vergroten. Het deelproduct dat later aan bod komt, is ook een apart rapport, omdat dit efficiënter werkt voor DVBW.

Inhoudsopgave

1	Samenvatting.....	1
2	Inleiding	3
3	Werkwijze	5
4	Theoretische achtergrond	7
5	Tender	14
6	Uitvoering.....	19
7	Mechanica	25
8	Stroomschema.....	31
9	Testcase stroomschema	35
10	Conclusie en aanbevelingen	39
11	Bibliografie.....	40

1 Samenvatting

Eén van de kernactiviteiten van Dura Vermeer Beton- en Waterbouw(DVBW) is het bouwen van ondergrondse parkeergarages (OPG's). Om sneller keuzes met betrekking tot de technische oplossing te kunnen maken in de tenderfase is de volgende hoofdvraag geformuleerd:

In hoeverre is een raamwerk te realiseren als hulp in de tenderfase voor OPG's?

Het doel van dit raamwerk is het inzichtelijk maken van de gemeenschappelijke delers bij OPG's, de generieke variabelen en in welke mate de techniek een rol speelt. Om deze variabelen te vinden is gebruik gemaakt van de vakbladen Geotechniek en Cement. Ook is de zwevende kennis die binnen DVBW is, geraadpleegd door middel van interviews. Het stroomschema dat het eindproduct is van dit onderzoek is tot stand gekomen door de vakbladen en interviews te vergelijken. Tijdens dit onderzoek zijn de volgende OPG's gebruikt om te vergelijken: OPG Lammermarkt en OPG Garenmarkt te Leiden, OPG Kistdam te Amsterdam, OPG Cornerstone te Rotterdam en OPG Tournooiveld te Den Haag. Deze OPG's zijn gekozen omdat deze actueel zijn voor DVBW op het moment van schrijven.

Om de gemeenschappelijke deler te vinden is het eerst zaak te definiëren wat een OPG precies is. Een OPG is een ondergrondse ruimte waar motorvoertuigen gestald kunnen worden. Voor het stallen zijn verschillende type gebruikers te onderscheiden. Dit zijn spitsuurgebruikers, winkelend publiek, mensen die boodschappen doen, personeel en bewoners. Alleen voor de boodschappengarage mogen de parkeervloeren niet schuin zijn. Hierdoor is dit de enige garage die door het gebruikerstype wordt beïnvloed op zijn vorm. Een ronde vorm is hierdoor uitgesloten.

Bij een OPG zijn vijf hoofdonderdelen te onderscheiden, de wanden, de vloer naar de bodem, de tussenvloeren, het dak en de in- en uitrit. Tijdens de tender zijn de wanden en de vloer naar de bodem het meest cruciaal. Bij de wanden is het zaak een uitvoeringsmethode te kiezen die de risico's voor de omgeving acceptabel houdt. Een damwand is geschikt op het moment dat er wat vervorming mag zijn van het maaiveld. Een diepwand en een soilmix wand zijn stijver en dus meer geschikt in een oud-stedelijke omgeving. Bij de vloer naar de bodem kan gebruik worden gemaakt van een natuurlijke kleilaag en als deze niet volstaat kan hier onderwaterbeton met eventueel trekankers worden toegepast. In een vierkante bouwkuip wordt de OWB vloer langs de naden waterkerend door de stempelwerking. In een ronde kuip gaat dit niet op en zijn er aanvullende maatregelen nodig.

Bij de uitvoering van een OPG is het zaak rekening te houden met de wens van de opdrachtgever. Veelal geeft de omgeving de doorslag tot gunning. Manieren om overlast te verminderen zijn het verminderen van transport en het beperken van geluidshinder. Prefab is hier een hulpmiddel voor. Wanneer er geen verlaging van de grondwaterstand mag plaatsvinden, dan moet er tijdens de uitvoering extra zorg voor worden gedragen dat de bouwkuip waterdicht is.

In het stroomschema worden de keuzes op het gebied en de wand gemaakt aan de hand van de aspecten bodemopbouw en omgeving. Dit is gevalideerd aan de hand van een testcase in Delft. Doordat de testcase een eerste indicatie van het ontwerp heeft gegeven kan worden gesteld dat het stroomschema werkt om een grof ontwerp te maken. Het te realiseren raamwerk als hulp voor de tenderfase levert een vroeg ruw ontwerp van een OPG op.

1.1 Summary in English

One of the core activities of Dura Vermeer Beton- en Waterbouw (DVBW), is to realize underground parking garages. To make choices faster in a tender according to the technical solution, the next main question is answered in this graduate research:

To what extent can a framework been realized to assist in the tender phase for underground parking garages?

The goal is to find common properties of underground parking garages, specific characteristics and to find out in which way the technique affects the design. The technical journals Geotechniek and Cement have been consulted to find this targets. Technical knowledge of DVBW is defined in interviews. The end result of this research is a scheme. It is established by using the interviews and technical journals. The next garages are compared: Lammermarkt and Garenmarkt in Leiden, Kistdamgarage in Amsterdam, Cornerstone in Rotterdam and garage Tournooiveld in The Hague. This garages has been chosen because they are actual on the moment of writing.

It is necessary to define a underground parking garage, to find the common properties. A underground parking garage is a underground space where vehicles can be stored. There can be defined five types of users: rush hour users, shoppers, shoppers for daily products, employees and residents. Only a parking garage that is designed for shoppers of daily products effects the shape: the parking floor must be horizontal. A round parking garage is impossible.

A underground parking garage can be divide in five main components: the walls, the base floor, the middle floors, the roof and the entrance. During the tender, the walls and the base floor are the most important. The wall must maintain the risks for the neighbourhood acceptable. A sheet pile of steel can be chosen when the ground around the cofferdam may a little deform. A slurry wall or soilmix wall is more effective when the wall must be very stiff. So this type of walls can be used when the cofferdam is surrounded by ancient buildings. When there is a natural layer of clay, it can be used as base floor. If there isn't such a layer underwater concrete is necessary. It can be reinforced with ground anchors. In a rectangular cofferdam the underwater concrete will be water-resistant by the stamp force. In a round cofferdam there have to be taken additional measures.

It is important to take into account the wishes of a client during the build. Mostly it is the neighbourhood who dominates the decision. One of the most effective ways to please the neighbourhood is to reduce transportation and noise. Prefabrication can be useful to reach this goal. When the groundwater level cannot be lowered, the cofferdam must be extra watertight. It is a building risk.

In the end product, the scheme, there will be made choices on the aspects soil structure and the neighbourhood. The scheme is validated with a test case in Delft. For Delft, there is an indicative design created. The main question can be answered with the answer that the framework will give a fast indicative design of a underground parking garage.

2 Inleiding

Dura Vermeer is al 160 jaar actief in de bouw, infrastructuur, engineering en dienstverlening. Eén van het type projecten dat Dura Vermeer realiseert zijn ondergrondse parkeergarages (OPG).

OPG's worden steeds populairder. Dat blijkt wel uit het feit dat Dura Vermeer Beton- en Waterbouw de afgelopen vijf jaar vijf stuks heeft gebouwd en dat er nog vier op de planning staan om te bouwen. Doordat in de tenderfase veel cruciale keuzes worden gemaakt, is het zaak dat deze fase efficiënt en doelmatig wordt doorlopen.

Tijdens de tenderfase van een OPG moeten er binnen een beperkte tijd keuzes worden gemaakt op basis van weinig informatie. Deze keuzes hebben een grote invloed op de uiteindelijke oplossing. Dura Vermeer Beton- en Waterbouw (DVBW) wil graag meer inzicht in waar de knelpunten liggen en is daarom op zoek naar een hulpmiddel om sneller betere keuzes te maken. Als gevolg hiervan luidt de probleemstelling van het onderzoek:

Hoe ziet een mogelijk raamwerk eruit waarin de gemeenschappelijke delers van OPG's als basis dienen om snel tot gefundeerde keuzes te komen ten aanzien van de meest bepalende variabelen in relatie tot de uiteindelijke technische oplossing?

Tijdens de aanbestedingsfase is de tijd beperkt. Om deze tijd effectiever te besteden is de volgende doelstelling geformuleerd:

Het inzichtelijk maken van de gemeenschappelijke delers bij ondergrondse parkeergarages, de generieke variabelen en in welke mate de techniek in de tenderfase een rol speelt.

Een variabele kan bijvoorbeeld een externe factor zoals de grondwaterstand of de grondopbouw zijn. Vanuit deze doelstelling zijn de hoofd- en deelvragen opgesteld.

Om het onderzoek in goede banen te leiden is er een hoofdvraag met bijbehorende deelvragen opgesteld. Door deze vragen te beantwoorden, kan uiteindelijk een conclusie getrokken worden die voldoet aan de gestelde doelstelling voor dit onderzoek (Heinze Oost, 2002). De hoofdvraag is als volgt geformuleerd:

In hoeverre is een raamwerk te realiseren als hulp in de tenderfase voor OPG's?

Om er voor te zorgen dat de hoofdvraag goed kan worden beantwoord zullen eerst alle gestelde deelvragen worden beantwoord. Uit deze antwoorden zullen conclusies worden getrokken die leiden naar het op te leveren product.

Om er voor te zorgen dat deze hoofdvraag goed beantwoord kan worden, zijn diverse deelvragen opgesteld. Deze worden beantwoord en gecategoriseerd in dit verslag. De vier categorieën zijn theoretische achtergrond, tender, uitvoering en mechanica. Dit komt overeen met de basis waarop dit afstudeerverslag is gebaseerd. Behorend bij dit verslag zijn de bijlagen als los verslag opgenomen. Dit geldt tevens voor het deelproduct, omdat dit de bruikbaarheid voor DVBW ten goede komt.

2.1 Leeswijzer

Dit rapport is door middel van conclusies uit het bijlagenrapport geschreven. Hierdoor staan alle verwerkte deelvragen in het bijlagenrapport. Hieronder staat beschreven wat men kan verwachten per hoofdstuk.

Hoofdstuk 1: *Samenvatting*

Hierin is de inhoud van de scriptie in het kort beschreven. Deze samenvatting is ook in het Engels vertaald.

Hoofdstuk 2: *Inleiding*

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat het probleem is van DVBW. Ook geeft dit hoofdstuk een inhoudelijke context van het onderzoek weer.

Hoofdstuk 3: *Werkwijze*

Hierin wordt beschreven hoe de informatie is vergaard. En hoe deze is verwerkt tijdens het onderzoek.

Hoofdstuk 4: *Theoretische achtergrond*

In dit hoofdstuk wordt de techniek beschreven die gebruikelijk zijn om een OPG te realiseren.

Hoofdstuk 5: *Tender*

Hierin wordt beschreven welke invloed een opdrachtgever heeft op het ontwerp van een OPG. Verder worden hier de normen die verplicht zijn aan een OPG beschreven

Hoofdstuk 6: *Uitvoering*

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de grondsoort doet bij het ontwerp van een OPG. Verder wordt bekeken hoe een bouwmethode wordt bepaald en in hoeverre deze kostenafhankelijk zijn

Hoofdstuk 7: *Mechanica*

In dit hoofdstuk wordt de krachtswerking op de gekozen OPG's uiteen gezet. Verder wordt er beschreven wat de bouw van een OPG voor impact heeft op de omgeving.

Hoofdstuk 8: *Tenderhulp/Stroomschema*

Hierin is het stroomschema bijgevoegd. En wordt beschreven wat men kan doen bij welke stap om tot een goed ontwerp te komen.

Hoofdstuk 9: *Testcase stroomschema*

In dit hoofdstuk is een testcase opgesteld. Deze is berekend en ontworpen volgens het stroomschema

Hoofdstuk 10: *Conclusie(s) en aanbevelingen*

Hierin worden de onderzoeksresultaten weergegeven. Verder wordt er beschreven wat men als vervolgonderzoek kan doen.

3 Werkwijze

In komend hoofdstuk wordt nader ingegaan op de werkwijze van dit onderzoek. Als eerste zal besproken worden hoe de relevante literatuur is gevonden en hoe deze is verwerkt.

Achtereenvolgens wordt besproken hoe de interviews zijn gehouden. De belangrijkste eis is dat de geïnterviewde ervaring moet hebben met OPG's. Als laatst wordt besproken hoe het stroomschema tot stand is gekomen en op welke manier dit is gevalideerd. Voor een precieze beschrijving van de gekozen werkmethodes kan het Plan van Aanpak behorende bij dit rapport worden geraadpleegd.

3.1 Literatuur

Om gangbare begrippen die worden gehanteerd bij OPG's te leren kennen en inzicht te krijgen in algemene theorie van OPG's is de beschikbare literatuur geraadpleegd. Hierin is onderscheid te maken in literatuur die inzicht geeft in algemene begrippen en literatuur die inzicht geeft bij faalgedrag van ondergrondse constructies.

3.1.1 Algemene literatuur

Onder de algemene literatuur wordt verstaan welke literatuur er is geraadpleegd om de algemene kennis over OPG's te vergroten. De hier opgedane kennis is essentieel om de vaktermen te leren. Voor dit afstudeeronderzoek betekent dit ook dat dit een algemene omkadering geeft. Deze omkadering is nodig om het onderzoek te kunnen uitvoeren binnen de beschikbare tijd. Wanneer bijvoorbeeld een vigerende norm wordt geraadpleegd geldt deze voor alle OPG's en dus ook voor de OPG's in de toekomst. De volgende algemene literatuur is geraadpleegd:

- Boek onverwachte gebeurtenissen in de bodem (Technische commissie bodem, 2014).
- Aanbevelingen voor het ontwerp van bouwkuipen in stedelijke omgeving (Consortium DV-COB, 2012).
- NEN 2443 Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages. (NEN-normcommissie 351041, 2013).
- NEN 6098 Rookbeheersingsystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages (NEN-commissie, 2012).
- Veiligheidsconcept voor ondergrondse parkeergarages (COB, 2003).

Deze literatuur is verkregen door tips vanuit DVBW, voornamelijk het constructiebureau, en het doorzoeken van de website van het COB, het kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik.

3.1.2 Specifieke literatuur

Voor deze literatuur is onderscheid te maken in de geraadpleegde vakbladen en literatuur behorende bij de OPG's. Als vakbladen is het archief van het vakblad Geotechniek en Cement geraadpleegd. Deze vakbladen zijn gekozen omdat dit de enige vakbladen zijn die gaan over ondergronds bouwen in Nederland. Samenvattingen van de relevante artikelen zijn opgenomen in bijlage 3. De belangrijkste leermomenten uit de vakbladen uiten zich in de te verwachten risico's. De artikelen beschrijven wat er mis is gegaan en hoe dit een volgende keer te voorkomen is. Per OPG is er specifieke literatuur. Deze kan bestaan uit inschrijvingsleidraden opgegeven door opdrachtgevers, maar ook uit ingestuurde documenten door DVBW. Deze laatste categorie is voornamelijk bekend geworden door de interviews binnen DVBW.

3.2 Interviews

Niet alle informatie is geschreven beschikbaar. Maar dit is praktische kennis van de werknemers in de organisatie. Om toch aan deze informatie te komen, zijn diverse interviews gehouden. Deze interviews zijn opgenomen in bijlage 2. Per geïnterviewde is een interviewformulier met vragen dat op voorhand is opgesteld, daarna volgt de uitwerking van het interview.

In tabel 1 is te zien met wie het interview is gehouden, wat zijn functie is en wat het doel is van het interview. Het hoofddoel is steeds informatie vergaren voor een werkend stroomschema. Omdat het stroomschema een praktische instelling moet krijgen, zijn mensen uit de praktijk geraadpleegd.

Geïnterviewde	Functie binnen DVBW	Doel interview
Ing. Alex Schelvis	Projectvoorbereider OPG Lammermarkt	Door informatie van een project in aanbouw af te halen, komt er inzicht over hoe processen werken binnen DVBW. Ook is de uitvoeringstechniek toegelicht van OPG Lammermarkt.
Ir. Joost van Bezooijen	Hoofd Procesmanagement	Met algemene informatie over lopende projecten en projecten in het verleden is het mogelijk cases te kiezen. Dit vergemakkelijkt het zoeken naar verdere informatie.
Ing. Maarten Roest	Tendermanager OPG Kistdam	Het meenemen van een lopende tender laat de actuele stand van zaken zien binnen DVBW. Dit is vooral belangrijk waarom en welke manier keuzes worden gemaakt en hoe deze worden vastgelegd.
Ing. Mark Hendriks	Trainee	Voor een gevarieerd beeld dat ook buiten DVBW reikt, zijn inzichten van een ander bedrijf nodig.
Ing. Maurice Gieling	Tendermanager OPG Lammermarkt en OPG Garenmarkt	Doordat OPG Lammermarkt en OPG Garenmarkt kort na elkaar zijn aanbesteed met hetzelfde team, kan er een vergelijking tussen de twee OPG's worden gemaakt.
Ir. Silvano van Leeuwen	Ontwerpcoördinator Tournooiveld	OPG Tournooiveld wordt niet op een traditionele manier aanbesteed. Hierdoor ontstaat inzicht in wat specifiek per OPG is en welke keuzes hetzelfde zijn bij een proces dat anders is opgebouwd.

Tabel 1, Geïnterviewde personen, eigen werk

3.3 Methode opstellen en valideren stroomschema

Het stroomschema is opgesteld nadat de eerste interviews zijn afgenomen. Aan de hand hiervan is een eerste opzet gemaakt. Deze is meegenomen naar de interviews die daarna volgden. Het stroomschema is gevalideerd met de tendermanagers omdat zij een helicopterview hebben en cruciale keuzes maken tijdens een tender.

4 Theoretische achtergrond

Om inzicht te krijgen in welke technieken gangbaar zijn, wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de theoretische achtergrond van OPG's. In komend hoofdstuk wordt invulling gegeven aan de volgende deelvragen:

- Hoeveel OPG's zijn er op dit moment in Nederland door DVBW gebouwd?
- Hoe groot zijn de OPG's die in het verleden door DVBW zijn gebouwd?
- Welke cases kunnen als uitgangspunt dienen?
- Welke type OPG's zijn er?
- Uit welke onderdelen bestaat een OPG?
- Welke richtlijnen zijn beschikbaar voor een OPG?
- Welke wet- en regelgeving is er van toepassing op een OPG?
- Zijn er op korte of middellange termijn wijzigingen in richtlijnen of wetswijzigingen te verwachten die betrekking hebben op ondergronds bouwen?

4.1 DVBW en OPG's.

Zoals DVBW zelf omschrijft, zijn OPG's één van de speerpunten waar het bedrijf goed in is. (Dura Vermeer, 2014). Op het moment van schrijven zijn de volgende OPG's door DVBW gebouwd, deze zijn te zien in tabel 2 (Bezooijen, 2015):

OPG	Plaats
Parkeergarage Singelgrachtgarage-Marnix	Amsterdam
Parkeergarage Rokingarage	Amsterdam
Parkeergarage De Halve Maen	Amsterdam
Parkeergarage Laakkwartier	Den Haag
Parkeergarage Raaks	Haarlem
Parkeergarage de Strip	Rotterdam
Parkeergarage Vopak	Rotterdam
Parkeergarage Corner Stone	Rotterdam
Parkeergarage Katwolderplein	Zwolle

Tabel 2, Gerealiseerde OPG's, eigen werk

Wat opvalt, is dat het merendeel van de gerealiseerde OPG's in de randstad liggen. Dat er ook tijdens schrijven OPG's aanbesteed of gebouwd worden, is te zien in tabel 3 (Bezooijen, 2015):

OPG	Plaats	Fase
Parkeergarage Toernooiveld	Den Haag	Uitvoeringsfase
Parkeergarage Lammermarkt	Leiden	Uitvoeringsfase
Parkeergarage Garenmarkt	Leiden	Vorbereidingsfase
Parkeergarage Kistdam	Amsterdam	Tenderfase

Tabel 3, Aanbesteding/aanleg OPG's, eigen werk

Ook voor deze OPG's geldt dat ze allemaal in de randstad worden gebouwd. Wanneer de vraag wordt beantwoord hoe groot iedere OPG is, blijkt dit een vraag die voor DVBW niet interessant is. Het is echter wel interessant om te kijken naar welke OPG het meest efficiënt omgaat met ruimtegebruik. Dit betekent dat er met zowel zo min mogelijk plaats als met zo min mogelijk materiaal een maximaal aantal parkeerplaatsen gecreëerd kan worden. Wanneer de onderzochte OPG's vergeleken worden op gebruikt oppervlak ten opzicht van één parkeerplaats, dan blijkt dat een ronde OPG het meest efficiënt is. De wijze waarop dit is gedaan, is terug te vinden in bijlage 5.2.

Voor een gedegen onderzoek is het zaak eerst vast te stellen waarom welke cases gebruikt zijn. In tabel 4 is te zien welke OPG's dit zijn. In het onderzoek is gebleken dat bij OPG Cornerstone moeilijker aan informatie te komen is. Om dit te ondervangen, is als extra OPG Tournooiveld meegenomen in dit onderzoek. In bijlage 5.1 is meer informatie te vinden.

Gekozen OPG	Reden van keuze
OPG Lammermarkt <i>525 parkeerplaatsen</i>	- Deze OPG is in uitvoering. - De OPG is goed te vergelijken met OPG Garenmarkt omdat beiden gelegen zijn in Leiden. - Het tenderteam is nog makkelijk te achterhalen voor eventuele interviews.
OPG Garenmarkt <i>475 parkeerplaatsen</i>	- Men is bezig met de werkvoorbereiding. - Deze is goed te vergelijken met OPG Lammermarkt. - Hoe de omgeving reageert op de OPG.
OPG Kistdam <i>270 parkeerplaatsen</i>	- Deze OPG zit in de tenderfase. - Er is te zien hoe het ontwerp start. - De positieve en negatieve punten in de tenderfase zijn te bepalen. - Er is te zien hoe een OPG wordt berekend in deze fase. - Deze OPG is omringd door water.
OPG Cornerstone <i>200 parkeerplaatsen</i>	- Deze OPG is in gebruik genomen. - Hieraan is te zien wat de problemen zijn, die zijn opgetreden tijdens de bouw. - Er is te zien hoe onderhoud aan de OPG wordt gepleegd. - Er is te zien wat er in deze OPG anders is gedaan dan bij de recentere OPG's. - Er is te zien wat een bouwwerk bovenop een OPG voor effect heeft. - Er zijn veel problemen tijdens aanleg geweest met de waterdichtheid van de wanden.
OPG Tournooiveld <i>310 parkeerplaatsen</i>	- Deze OPG wordt nu gebouwd. - Deze garage wordt vanuit particulier initiatief gebouwd, waardoor goed is te zien welke keuzes daar anders worden gemaakt. - De omgeving van deze OPG is zeer veeleisend door onder andere de Tweede Kamer, diverse ambassades en de Koninklijke Schouwburg in de nabijheid.

Tabel 4, Keuze OPG's, eigen werk

In totaal zijn er negen OPG's door DVBW gebouwd. De afmetingen zijn niet precies te achterhalen, maar van de gekozen cases zijn deze wel bekend. Het gaat hier echter om het aantal parkeerplaatsen. Dit varieert tussen de 200 en 525 plaatsen.

4.2 Definitie OPG's

Een OPG is een ondergrondse ruimte waar motorvoertuigen gestald kunnen worden. Wanneer de NEN 2443 wordt geraadpleegd, de norm voor parkeergarages, dan maakt deze geen onderscheid tussen parkeergarages onder of boven de grond. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een open en een dichte garage, waarbij een OPG altijd een dichte garage is. Het meest in het oog springend typeonderscheid wordt gemaakt door te kijken naar de doelgroep die de garage gaat gebruiken. In tabel 5 is te zien welk type gebruikers er zijn en wat de belangrijkste kenmerken per type gebruiker zijn.

Type gebruiker	Belangrijke karakteristieken garages
Spitsuur	• Voldoende in-en uitritten • Goede ventilatie • Voldoende betaalautomaten • Goede aan- en afvoer met bufferruimtes tussen garage en openbare weg
Winkelen	• Schuine vakken • Licht, ruim en attractief interieur • Ruime entree • Goede autobewegwijzering
Boodschappen	• Brede parkeervakken • Goede routing • Brede voetgangroutes • Horizontale parkeervloer
Personeel	• Doelmatige indeling • Doelmatige entree • Korte looproutes
Bewoners	• Goede criminaliteitspreventie • Doelmatige indeling • Goed manoeuvreren

Tabel 5, type OPG's, (Ir. Rinsma & Ing. Koens, 2007)

Het type gebruiker heeft dus invloed op de vorm. Dit is doorslaggevend voor het constructieontwerp. Dit ontwerp bestaat uit de volgende hoofdonderdelen:

- Wanden
- Vloer tussen garage en bodem
- Tussenvloeren
- Dak
- In- en uitrit

4.2.1 Wanden

Het eerste hoofdonderdeel van de OPG zijn de wanden. De wanden kunnen op verschillende manier aangebracht worden, waarbij alle manieren voor en nadelen hebben. Hoe de realisatie van iedere methode verloopt, is te lezen in bijlage 5.1. De voor en nadelen van de type wanden zijn te zien in tabel 6.

Methode	Voordelen	Nadelen	Risico's
Diepwanden	• Zowel water als grond kerend • Trillingvrij aan te brengen • Kan in den droge worden aangebracht. • Kan als constructiewand dienen • Kan in alle grondsoorten worden gerealiseerd	• Aanleg moet secuur gebeuren • De wand verlangt uithardtijd • De wand laat zich lastig uit de grond verwijderen.	• Bij een lekkage lastig te herstellen • De wand vervormd altijd in de grond
Damwanden	• Snel aan te brengen • Direct bruikbaar • Kan ook in den natte worden aangebracht • Kan in veel grondsoorten worden aangebracht	• Wanneer een wand lekt, is herstel lastig • Bij het aanbrengen komen er trillingen vrij • Minder geschikt voor rotsachtige bodems	• Kan tijdens het aanbrengen uit het slot lopen • Bij een te obstakels in de ondergrond zijn de planken niet aan te brengen
Soilmix wanden	• De wand is nauwkeurig aan te brengen • De aanbrengtijd is kort • De wand is trillingvrij aan te brengen • De wand is waterkerend	• De wand verlangt uithardtijd. • De wand is niet glad na het ontgraven. • De wand wordt bij voorkeur in zand aangebracht.	• Bij een slechte menging heeft de wand een lage kwaliteit • De methode is relatief nieuw, opdrachtgevers kunnen de methode nog niet beproefd genoeg vinden
Berliner wanden	• Snel aan te brengen • Snel te verwijderen	• Enkel grond kerend	• De grond spoelt uit wanneer er water langs de wand loopt

Tabel 6, Voor- en nadelen wanden, eigen werk

Iedere methode heeft zowel voor als nadelen. Vaak is de grondslag de bepalende factor om voor een wand te kiezen. Ook kan de omgeving een bepalende rol spelen.

4.2.2 Vloer tussen garage en bodem

Voor de vloer tussen de garage en de bodem zijn er twee mogelijkheden. Of de bodem is van nature droog of droog te maken, of er zijn hulpmiddelen voor nodig. Het meest voor de hand liggende hulpmiddel is OWB. Wanneer de kuip zonder OWB droog te maken is, kan dit door een afsluitende kleilaag of een injectielaag. Hierna kan bemalen worden en rechtstreeks op de bodem gebouwd worden (Dijkstra & Seters, 2010).

Voor het gebruik van OWB is het belangrijkste onderscheid het verschil in aanbrengen. In Nederland zijn twee manieren te onderscheiden, de zogenaamde RWS of Prorail methode. In de volgende tabel zijn de verschillen uiteen gezet. Verschillende aanbrengmethoden zijn te lezen in tabel 7.

Voorkeur RWS

Bij deze constructie is het OWB zogenaamd los. Dit wil zeggen dat het OWB dan als een plaat reageert. Hierdoor krijgt men een andere krachtwerking op de constructievloer. De zandlaag tussen de werkvloer en OWB wordt gebruikt voor de verdeling van de waterdruk. Deze waterdruk ontstaat na verloop van tijd door kleine lekken in het OWB. Doordat de constructievloer los is, mag hier geen stempelwerking aan worden toegekend.



Figuur 1, Voorkeur RWS, (Backhausen, 2015)

Voorkeur Prorail

Bij deze constructie zit de constructievloer aan het OWB vast. Dit wil zeggen dat het OWB en de constructievloer kunnen dienen als stempel. Hierdoor wordt een moment veroorzaakt in de vloer. Door het moment van de stempelkracht te gebruiken kan het moment in de vloer worden gereduceerd. Doordat Prorail geen zandlaag stort, wordt de waterdruk die bij een klein lek in de OWB vloer ontstaat niet verdeeld.



Figuur 2, Voorkeur Prorail, (Backhausen, 2015)

Tabel 7, Type aanbrengen OWB, eigen werk

Verschillen in aanbrengen hebben voornamelijk invloed op het feit hoe mechanisch aan de vloer gerekend wordt. Dit verschil ontstaat pas nadat de constructievloer is aangebracht.

Risico's kleibodem

De bodem is grillig en daardoor is de klei op sommige plekken waterdoorlatend

De GWS kan fluctueren en daardoor alsnog openbarsten

Risico OWB

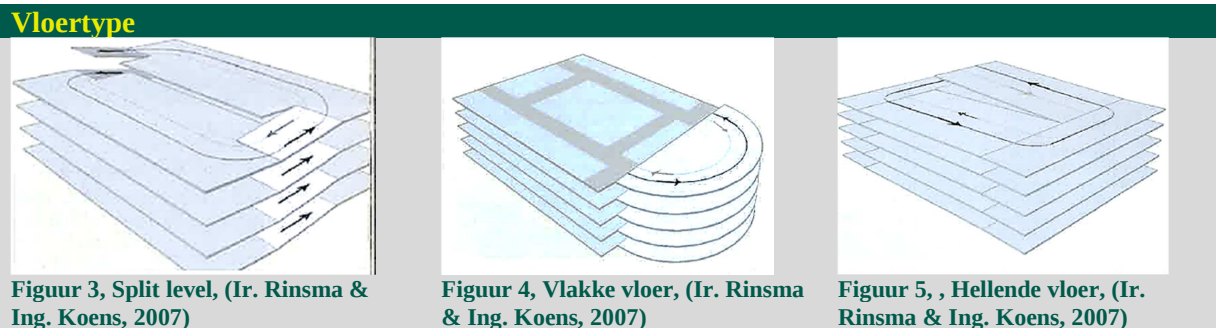
Bij een lek kan grond uitspoelen waardoor de vloer onbetrouwbaar is als fundering

Risico Ankers in OWB

Bij het uitgraven van de kuip kunnen de ankers beschadigen

4.2.3 Tussenvloeren

De tussenvloeren heten ook wel de verdiepingsvloeren. Hierin zijn drie verschillende typen te onderscheiden, de split level garage, de vlakke vloer en de hellende vloer. Alle drie de typen zijn schematisch weergegeven in tabel 8.



Tabel 8, Schematisering tussenvloeren, eigen werk

Een bijzondere vorm van de hellende vloer is de ronde OPG. Hierin is eenrichtingsverkeer te creëren en verkeer dat elkaar niet kruist. Voor een uitgebreide beschrijving van iedere variant is bijlage 5.1 te raadplegen. Elk type vloer is ook meer geschikt voor het één of het andere gebruikerstype. In tabel 10 is te zien hoe deze koppeling is.

Gebruikerstype	Split-level	Vlakke parkeervloer	Parkeer vloer hellend
Winkelen	-	++	-
Boodschappen	-	++	--
Ziekenhuis	--	++	--
Personeel	++	++	+
Bewoners	+	++	--
Evenementen	--	++	+
Bouwtechnisch			
Compacte bouw	++	+	++
Combinatie met gebouw	-	++	+

Tabel 10, Geschiktheid tussen vloer en gebruiker, (Ir. Rinsma & Ing. Koens, 2007)

De vloeren kunnen zowel in prefab als insitu worden uitgevoerd. Wanneer er wordt gekozen voor prefabvloeren, dan worden deze vaak afgestort met een insitu druklaag.

4.2.4 Dak

Het dak van de OPG kan verschillende functies hebben. Dit kan een maaiveld zijn met verschillende functies, of er kan een gebouw op de OPG staan. Wanneer er een gebouw op de OPG staat, dan wordt het dak uitgevoerd als vloer voor de verdieping. Wanneer de OPG onder maaiveld ligt, zijn er extra dingen om rekening mee te houden. Het dak moet dan niet alleen grondkerend zijn, maar ook waterkerend. Voor meer details is bijlage 5.1 te raadplegen.

4.2.5 In- en uitrit

De in en uitrit is het deel dat de capaciteit van de OPG per type bepaalt. Hier gaat de openbare weg om naar de OPG. Belangrijke aandachtspunten zijn dat er voldoende opstelplaats moet zijn, er voldoende kaartlezers moeten zijn en dat bij het uitrijden het liefst een rechte opstelplaats wordt gebruikt. Voor meer details is bijlage 5.1 te raadplegen.

4.2.6 Deelconclusie

De onderdelen van een OPG die de meeste invloed hebben op de hoofdconstructie zijn de wanden en de vloer tussen de OPG en de bodem. Deze bepalen namelijk in welke mate de omgeving wordt beïnvloed.

4.3 Wetgeving en richtlijnen

De enige norm die specifiek gericht is op parkeergarages, is de NEN 2443. De norm maakt geen onderscheid tussen boven- of ondergrondse parkeergarages. Wanneer moet worden getoetst aan het bouwbesluit, zal bewezen moeten worden dat de gekozen constructie veilig is. Het voert te ver om elke norm afzonderlijk te benoemen. Een overzicht is te vinden in bijlage 5.3. Wanneer de norm en het bouwbesluit worden gevolgd, is de verwachting dat deze nog jaren kunnen worden gebruikt. Het bouwbesluit is op het moment van schrijven recent gewijzigd en de belangrijkste norm, de NEN 2443 is uit het jaar 2013. Hierdoor ligt het niet in de lijn der verwachting dat deze snel wordt aangepast of gewijzigd. Indien deze wel wordt gewijzigd, zijn de veranderingen in lijn met de huidige norm waardoor de uitkomsten van dit onderzoek dan nog steeds zullen gelden.

5 Tender

Omdat het stroomschema als hulp voor de tenderfase is bedoeld, is het belangrijk goed in kaart te brengen hoe dit proces werkt. In het komend hoofdstuk wordt dit nader onderzocht.

Tijdens de tenderfase bedenkt men aan de hand van de inschrijvingsleidraad hoe het project er uit komt te zien. In deze fase wordt er een ontwerp gemaakt, de prijs opgesteld en gepland hoe de kwaliteit hoog wordt gehouden. Dit wordt allenmaal in een vast tijdsbestek gemaakt, tegelijk met andere aannemers, zodat iedereen het zelfde tijdsbestek heeft. Wanneer alle documenten zijn ingediend wordt aan de hand van prijs en EMVI criteria berekend wie het project gegund krijgt.

De volgende deelvragen worden in dit hoofdstuk behandeld.

- Waarom koos een opdrachtgever in het verleden voor een OPG?
- Welke wensen en eisen had een opdrachtgever in het verleden?
- Welke OPG's van welke afmetingen worden nu gebouwd/aanbesteed?
- Welke omgevingseisen werden er aan een OPG gesteld in eerdere cases?
- Welke invloed hebben algemene plaatselijke verordening (APV's) op het tenderproces?
- Welke gebruikseisen werden er aan een OPG gesteld?
- Welke esthetische eisen werden er aan een OPG gesteld en hoeveel tijd en ruimte kost dit?
- Waar wordt tijdens EMVI of BVP goed op gescoord en waar zijn verbeterpunten?
- Welke systematiek werd gebruikt tijdens de aanbesteding? (RAW, DB, enz.)
- In welke gevallen zit het onderhoud van een parkeergarage bij het contract?
- Met welke maatregelen kan vooraf het onderhoud worden geminimaliseerd?
- Welk type installaties zijn benodigd voor een OPG en wat is de testtijd hiervan?
- Met welke technische installaties moet al in het ontwerp rekening worden gehouden? (bijvoorbeeld voor uitsparingen)
- Welke installaties hebben een lange aanbrengtijd/testtijd?
- Welke maatregel zal er moeten worden genomen om een OPG brandveilig te maken.

5.1 OPG's in het heden en verleden

In het verleden was een OPG bedoeld voor slechts één ding en dat was zo veel mogelijk parkeergelegenheid bieden. Verder hoefde een OPG aan weinig eisen te voldoen. In de tegenwoordige tijd zijn ook aspecten als kwaliteit, beheerskosten en veiligheid belangrijk. Hierdoor zijn de OPG's een stuk toegankelijker geworden (zie figuur 6, 7 en 8). Het hoofddoel blijft nog wel zoveel mogelijk parkeerplekken realiseren op een zo klein mogelijke ruimte. Hierbij maakt het niet uit hoe groot een OPG is, maar vooral hoe efficiënt deze is. Er zijn verschillende manieren om de garage vorm te geven. Waar de ene opdrachtgever (OG) juist een luxe garage wil die heel hoogwaardig is, wil de andere OG er juist één waar de kosten zo laag mogelijk zijn. Dit hoeven niet alleen aanlegkosten te zijn, maar dit kunnen ook de beheerskosten zijn.



Figuur 6, Entree Lammermarkt, (DVBW & Besix, 2013)



Figuur 7, Licht en kleur, (DVBW & Besix, 2013)



Figuur 8, Vloeiende bocht, (DVBW & Besix, 2013)

Het is per plaats en per OG verschillend waarom deze een OPG wil. Het enige dat gemeenschappelijk is, is dat opdrachtgevers zo veel mogelijk parkeerplaatsen willen realiseren.

5.2 Omgeving

De bewoners van de omgeving waarin een OPG wordt gebouwd hebben een stem in het project. In sommigen gevallen hebben ze zelfs macht, zoals bij OPG Tournooiveld. Omdat dit project werd gerealiseerd in samenwerking met een projectontwikkelaar moest DVBW de omgeving aan hun zijde krijgen. Om deze reden is de omgeving betrokken geweest bij dit ontwerp en heeft iedereen een keuze kunnen maken uit verschillende stijlen voor de OPG. Omdat hier monumentale gebouwen staan, moest hier bij het kiezen van de uitvoeringsmethode rekening mee worden gehouden. Bij de keuze van deze uitvoeringsmethode moest men deze toetsen aan de gemeentelijke APV's. Hierin staat bijvoorbeeld welke vergunningen men moet aanvragen, of aan welke norm van geluidshinder men moet voldoen. Het APV heeft dus duidelijk zijn effect op de tenderfase.

Risico's omgeving

- APV's verhinderen de bouwmethode
- Er staan panden in de omgeving met een onbekende fundering
- Er zijn invloedrijke actoren die geen OPG in de nabijheid van hun pand willen

Daarbij is er nog de leidraad van de OPG waar deze aan moet voldoen. Hier probeert DVBW de belangrijkste punten uit te halen en in het ontwerp mee te nemen. Hoe de gebruikseisen zijn vormgegeven is niet altijd helder. Vanuit de vraagspecificatie is door DVBW afgeleid dat er bijvoorbeeld bij de Lammermarkt schuin geparkeerd mocht worden. Door een andere aanbieder is hier anders mee omgegaan. Het bleek achteraf dat schuin parkeren de juiste keuze was. Door opties als extra aan te bieden zoals een koepel in de Lammermarkt, is het mogelijk te laten zien dat een OPG luxer kan worden gemaakt indien gewenst. Omdat dit een optie is leidt dit bij de inschrijving niet tot een hogere prijs.

Juist wanneer er monumentale gebouwen in de omgeving staan, is het zaak te kiezen voor methodes die aan deze monumentale gebouwen zo weinig mogelijk schade berokkenen.

5.3 Esthetiek

Het is verstandig om goed naar de omgeving te kijken. Maar het is nog belangrijker om naar de vraag van de opdrachtgever te kijken. In de leidraad staat beschreven wat de opdrachtgever wil. Dit is vooral in grove lijnen. Hierdoor kan de aannemer nog voldoende invulling geven aan het ontwerp tijdens de tenderfase. Zo kan de klant bijvoorbeeld de esthetische eis hebben dat de wanden strak moeten zijn afgewerkt en dat dit maar weinig ruimte in beslag mag nemen. De oplossing hiervoor is om bijvoorbeeld een voorzetwand voor een diepwand te plaatsen. Deze ruimte wordt anders benut door een kabelruimte. Andere voorzieningen kosten vaak extra geld, maar hoeven geen ruimte te kosten, zoals het instorten van blusleidingen. Juist door dingen in te storten is het mogelijk ruimte te besparen.

Esthetische eisen hoeven geen ruimte te kosten, maar kosten over het algemeen wel meer om te realiseren. Het is per OPG een afweging om dingen wel of niet te doen, afhankelijk van wat de klant wil. Er zijn opties die ook na de aanbesteding aangeboden kunnen worden.

5.4 Contractvormen

Het is voor DVBW lastig in schatten waar goed op wordt gescoord bij de EMVI plannen. De EMVI klassen voor de Lammermarkt en Garenmarkt zijn wel bekeken. Hierin is te zien dat er op alle criteria hoog wordt gescoord door DVBW. Dat er hoog wordt gescoord, komt omdat er persoonlijke gesprekken zijn gevoerd. Wanneer er geen gesprek kan plaatsvinden, zal er door DVBW zelf een inschatting moeten worden gemaakt. Omdat er tegenwoordig veel met EMVI wordt aanbesteed, is dit een gunstige ontwikkeling voor DVBW. Bij dit soort aanbestedingen moet de DV zelf nadenken hoe zij het werk maken. Omdat DV hier veel in heeft geïnvesteerd, is dit een specialisatie. Bij deze manier van aanbesteden zijn er meerdere contractvormen mogelijk. Omdat een OPG een complex civiel project is wordt er vaak met een D&B contract gewerkt, of subvarianten hiervan. Het voordeel hiervan is dat de aannemer zijn ontwerp kan optimaliseren. Hierdoor krijgt de opdrachtgever een project van hoge kwaliteit. Alleen heeft de opdrachtgever wel minder invloed op het project zelf.

De contractvormen waar DVBW de laatste jaren mee heeft gewerkt zijn moderne contractvormen. Oude bestekken zijn vervangen door EMVI systematiek al dan niet met D&B contracten.

5.5 Onderhoud

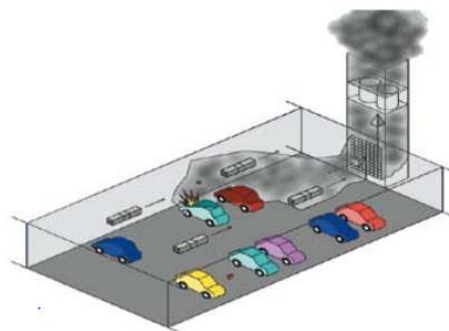
Tijdens de aanbesteding van een OPG kan de opdrachtgever een onderhoudstermijn in zijn leidraad verwerken. Alleen zal dit dan in de aanbesteding moeten worden meegenomen. Wanneer dit niet het geval is mag de aannemer dit dus ook niet aanbieden. Wanneer dit wel wordt gedaan, zal de aannemer worden buitengesloten van de inschrijving. Wanneer de opdrachtgever een hoog geclassificeerde OPG laat bouwen zal hier eerder een onderhoudscontract bij zitten dan een minder geclassificeerde OPG. DV legt zelf geen installaties in OPG's aan. Dit laat DV allemaal doen door onderaannemers, hierdoor heeft DVBW zelf geen kennis van de installaties. Door te vertrouwen op kennis van onderaannemers en hun vooraf een onderhoudsplan laten opstellen en wordt het onderhoud zo veel mogelijk geminimaliseerd.

Bij de OPG Lammermarkt, OPG Garenmarkt en Cornerstone is het onderhoud voor DVBW.

5.6 Installaties

Voor een OPG zijn meerdere installaties nodig om te voldoen aan de normen. Dit gaat over installaties die de veiligheid van personen garanderen. Het gaat hier dan om de installaties voor brandveiligheid, verlichting en ventilatie zie figuur 9.

Omdat in het ontwerp ruimte moet worden vrij gemaakt voor bijvoorbeeld een sprinklerkelder wordt de onderaannemer in de tenderfase al bij het project betrokken. Omdat DV hier weinig kennis van in huis heeft wordt de planning door de onderaannemers gemaakt. Deze planning is alleen erg grof. Dit komt doordat het hoofdontwerp ook alleen nog uit grove lijnen bestaat. Tijdens de uitvoering wordt de planning bekeken en wordt er een plan gemaakt om de planning realistisch en haalbaar te maken.



Figuur 9, Stuwdrukventilatie, (Novenco)

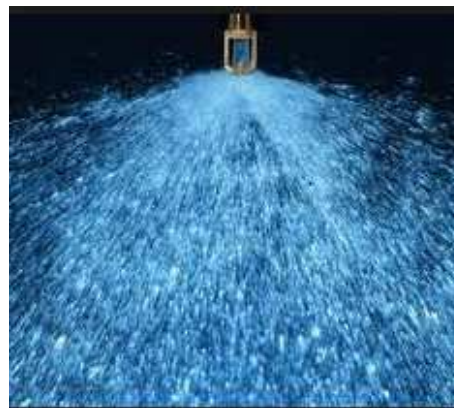
Risico's installaties

- De systemen moeten vroegtijdig worden geïntegreerd
- Wanneer er problemen ontstaan in de installaties, kost dit veel tijd om dit te herstellen

Doordat de installaties worden uitbesteed aan onderaannemers, is kennis tot op detailniveau van iedere installatie niet nodig in de tenderfase.

5.7 Brand

Voor maatregelen tegen brand zijn verschillende manieren. De maatregelen kunnen op voorhand door een OG in een vergunning worden vastgelegd. Er kunnen eisen worden gesteld in de aanbestedingsleidraad waar aan de aannemer aan moet voldoen. Zoals bijvoorbeeld een sprinkler installatie (zie figuur 10). Hierna moet DVBW dus zelf uitzoeken hoe ze hier invulling aan geven. Dat kan door onderaannemers of door eigen personeel wanneer men deze kennis zelf bezit.



Figuur 10, Sprinklerinstallatie, (ExcelAir, 2015)

Risico's brand

- Wanneer er geen algehele vergunning is, kan de brandweer het veiligheidsconcept afkeuren

Voor brandbestrijding zijn verschillende maatregelen te treffen. Deze maatregelen zitten in de installaties. Hierdoor geldt dat ook hier de kennis van onderaannemers wordt ingeschakeld.

6 Uitvoering

De uitvoeringsmethode is een zwaarwegend onderdeel in de meeste tenders. Daarom wordt daar komend hoofdstuk op ingegaan.

Tijdens de tender fase bedenkt DVBW hoe het werk gemaakt gaat worden. Meestal heeft men dan ook een idee hoe dat te bouwen in de praktijk. Echter loopt het in 90% van de gevallen anders dan dat men de OPG in de tender heeft ontworpen. Hierdoor heeft de uitvoering veel inzicht nodig in de werkzaamheden die moeten worden uitgevoerd. Vaak moet de bouwmethode tijdens de uitvoering worden geoptimaliseerd.

De volgende deelvragen worden in dit hoofdstuk behandeld:

- Bij welke grondsoort wordt welke bouwmethode gekozen? En waarom is dit zo?
- Welke bouwmethodes worden toegepast? (Open bouwkuip, wanden dak, caisson, damwanden/diepwanden) En waarom is dit zo?
- Tot wanneer is een constructie al dan niet tijdelijk? (Tijdelijke bouwkuip of permanent) En waarom is dit zo?
- In welke mate wordt gebruik gemaakt van prefabricage? En waarom is dit zo?
- Welke onderdelen komen in aanmerking voor prefabricage en welke niet? En waarom is dit zo?
- In welke mate beïnvloedt prefabricage de bouwsnelheid?
- Hoe wordt er ontgraven? (Droog, in den natte) En waarom is dit zo?
- Hoe wordt deze grondwaterstand beheerst? En waarom is dit zo?
- Met welke methode wordt een OPG waterdicht gemaakt? En waarom is dit zo?
- In hoeverre beïnvloeden de kosten de technische aspecten? En waarom is dit zo?
- Welke onverwachte problemen deden zich voor tijdens de bouw van een OPG? En waarom is dit zo?

6.1 Bouwmethode

In de tenderfase wordt er een ontwerp gemaakt. Het is van cruciaal belang dat DVBW de locatie van het project weet en kent. Doordat de grondopbouw redelijk bekend is kan er worden gekozen voor een bepaalde soort bouwtechniek. Wanneer het ontwerp is gemaakt wordt de bouwmethode uitgedacht. Hierbij kan men denken aan bijvoorbeeld open bouwkuip (zie figuur 12), wanden/dak of caisson methode. Wanneer het meest gunstige bouwproces is gekozen wordt de bouwtechniek getoetst aan het ruimtegebruik. Wanneer er weinig ruimte is, zal hiervoor een oplossing moeten worden bedacht door bijvoorbeeld een wachtterrein buiten de stad te realiseren of alles insitu.



Figuur 11, Open bouwkuip. (Dura Vermeer , 2015)

Hierna wordt de manier van bouwen bekeken, bijvoorbeeld damwanden, diepwanden of berliner wanden. Omdat een wand vaak ook waterkerend moet zijn is het van belang dat de ondergrond goed bekend is. Hierdoor kan de juiste wand worden gekozen, zo is bijvoorbeeld bij soilmix wanden het meest gunstig wanneer de bodem een zandgrond is (voor meer voorbeelden zie bijlagen hoofdstuk 5.1). Echter wordt de keuze van wanden aan meerdere onderdelen getoetst dan alleen ondergrond. Wanneer er toch lekken in een bouwkuip zijn ontstaan, kunnen deze worden hersteld door een groutinjectie (zie figuur 12).

Risico's bouwmethode

- Er is te weinig ruimte om de bouwmethode uit te voeren
- De grondslag wijkt af door te weinig sonderingen
- Er treden meer lekkages op dan begroot
- Het OWB wordt te snel aangebracht wat nadelig is voor de druk en treksterkte

Tijdens de keuze van de wand zal opnieuw naar ruimtegebruik worden gekeken. Wanneer er bijvoorbeeld een diepwandmachine staat moet rekening worden gehouden met extra ruimte als depot voor grond, bentonietfabriek en grondtransport. Dit kan de keuze van bouwmethode beïnvloeden. In de keuze van de bouwmethode, maakt DVBW een keus in de diverse hulpconstructies om de definitieve constructie te realiseren.



Figuur 12, groutinjectie, Ongeldige bron opgegeven.

Zo wordt de wanden/dak methode gebruikt om het maaiveld een (tijdelijke) functie te geven. Verder kan men er damwanden plaatsen om binnen de definitieve constructie te kunnen bouwen. Het verwijderen van een hulpconstructie is niet altijd noodzakelijk omdat de hulpconstructie ook als definitief kan werken of omdat het risico te groot is dat verwijderen schade aan de omgeving veroorzaakt.

Voor al de omgeving is bepalend voor de bouwmethode. Zo zijn diepwanden en wanden van soilmix stijver dan damwanden. Soilmix wordt bij voorkeur toegepast als de grond bestaat uit zand. Voor een OPG is de meest gebruikte methode een open bouwkuip, omdat dit het voordeligst werkt. Soms wordt er gebruik gemaakt van een wanden/dak constructie. Deze kan zowel tijdelijk als permanent zijn.

6.2 Prefab

Tijdens het ontwerp zijn geen specifieke onderdelen aan te wijzen die geprefabriceerd worden. Het komt er vooral op neer dat er veel repeterend werk moet zijn, om prefab rendabel te maken. Om deze reden is het in de tender steeds een afwegen of men wel of geen prefab wil gebruiken. Wanneer er weinig ruimte beschikbaar is op de bouwplaats zal er een strakke planning moeten worden gehandhaafd zodat er een Just In Time principe ontstaat (zie figuur 13). Hierdoor wordt het transport een kritisch onderdeel. Daarom zal men duidelijke afspraken moeten maken met de leveranciers. Wanneer de planning van aanvoer verkeerd gaat kan het zijn dat er een groot deel van de bouw stil, omdat het essentiële deel wordt gemist voor de voortgang. Hierdoor kan er een vertraging ontstaan wat niet gewenst is. Dit is het risico dat men neemt wanneer er voor prefab wordt gekozen.



Figuur 13, just in time, Ongeldige bron opgegeven.

Risico's prefab

- Er is op de bouwplaats te weinig hijscapaciteit om de onderdelen te kunnen verwerken
- Er is op de bouwplaats te weinig ruimte om de prefab elementen te stallen

Wanneer het werk repeterend is komen alle delen in aanmerking voor prefab. Dit kan de bouwsnelheid verhogen, maar dat is afhankelijk van de transportmogelijkheden. Prefab is ook gunstig voor de omgeving, omdat het de bouwoverlast ter plaatse vermindert.

6.3 Grondwater

Voordat men begint aan een bouwkuip is het van groot belang dat bekend is wat het grondwater doet. Daarbij moet voor een bouwkuip de grondslag ook bekend zijn omdat hier veel kosten mee bespaard kunnen worden. Wanneer deze onderdelen bekend zijn kan men de bouwmethode hier op aanpassen. Zo kan er bijvoorbeeld een waterdichte kleilaag aanwezig zijn, waardoor er kan worden bespaard op OWB. Wanneer er bekend is hoe hoog de waterstand is in dat gebied, kan DVBW er bijvoorbeeld voor kiezen om een tegendruk in de kuip te creëren zodat er geen stempels nodig zijn of in den natte te ontgraven. Hierdoor kan de grond gelijk verpompt worden, waardoor er minder vrachtbewegingen zijn.

Verder moet men het grondwater beheersen om schades te voorkomen (zie figuur 14 en 15). Wanneer het grondwater drastisch zakt zullen de gebouwen in de buurt ook kunnen zakken. Om deze reden streeft men er naar om een bouwkuip waterkerend te krijgen. Wanneer dit het geval is hoeft men dus niet te bemalen, waardoor het risico kleiner wordt. De waterdichtheid van de bouwkuip is met name afhankelijk van de kuipbodem. Wanneer hier OWB wordt toegepast, wordt deze tegen de wanden aangestort. De gronddruk die tegen de wand aandrukt, wordt gebruikt om tegen het OWB te drukken waardoor er een waterkerende afsluiting ontstaat. In het geval van rondingen in de wand, geldt dit niet en wordt een andere oplossing gebruikt. Het is wel zaak ook rekening te houden met de waterdichtheid van de wanden. Deze kunnen ook problemen met de waterdichtheid veroorzaken. (Dijkstra & Seters, 2010)



Figuur 14, Schades door grondwater, (Weeren, 2015)



Figuur 15, Verzakking grond, (Joost de Vree, 2015)

Risico's grondwater

- De grondwaterstand fluctueert waardoor deze niet overeenkomt met de sondering
- Door een lek in de bouwkuip verlaagt de GWS van de omgeving, dit kan leiden tot zettingen

Er wordt droog of nat ontgraven naar gelang de hoogte van het grondwater. Er zijn verschillende manieren van nat ontgraven, waarbij soms het transport van de bouwlocatie naar het gronddepot de doorslag kan geven. Wanneer er ankers geïnstalleerd zijn, moet de ontgravingsmethode hier op aangepast zijn.

6.4 Kosten

Als eerst wordt gekozen om een tender te draaien. Er is daarvoor binnen DV een zogenaamd tenderboard waar onder andere de divisiedirecteuren in zitten. Vanuit het hoofdkantoor zijn mensen bezig met het in de gaten houden van projecten die op de markt komen. Zij maken hier een korte analyse van. Wanneer een opdracht interessant is, worden er gelijk afspraken met andere partijen zoals ingenieursbureaus gemaakt. Deze zijn anders al bezet wanneer een aanbesteding begint. Wanneer de tender dan start, wordt een Quik-scan gemaakt om de verhouding tussen winst en risico te bepalen. Aan de hand hiervan wordt doorgegaan met een tender, of wordt gestopt. Het kan ook zo zijn dat als een tender een tijdje op gang is, er gestopt wordt als het duidelijk is dat de risico's te groot zijn. Het is wel wenselijk om dit zo snel mogelijk te weten, omdat er dan geen onnodige tenderkosten gemaakt worden. Omdat DVBW een commercieel bedrijf is is het de bedoeling dat onder aan de streep een project winst oplevert. Dit doet men niet alleen door een zo efficiënt mogelijke uitvoeringsmethode te kiezen, maar door in de hele linie scherp te zijn op de kosten. Zo kan men bijvoorbeeld kiezen voor damwanden omdat dit goedkoper is. Maar wanneer de opdrachtgever liever diepwanden heeft is dit in de EMVI weer verstandiger. Vaak zet je deze dingen tegen elkaar af in een matrix, waardoor keuzes duidelijk en verantwoord gemaakt worden.

Kosten worden afgewogen tegenover de risico's. Wanneer een methode goedkoper is, maar veel risico oplevert, kan het lonend zijn een duurdere maar risicomijdende methode te kiezen.

6.5 Wat ging er mis?

Doordat men van te voren goed nadenkt over de bouwmethoden hoopt men er op zo min mogelijk complicaties te krijgen tijdens de bouw. Helaas is dit niet altijd het geval en gaat er bijna altijd wel iets mis. Doordat er zo veel verschillende parameters zijn is het ook niet haalbaar om van te voren alle problemen tijdens de bouw uit te sluiten. Eén onderdeel waar extra aandacht aan wordt besteed is de waterdichtheid van de bouwkuip. Dit blijkt vaak een kritisch onderdeel. Omdat er zo veel verschillende problemen zijn bij OPG's zijn hier ook geen gemeenschappelijke deler in te vinden. Voor de onderzochte OPG's zijn de problemen in tabel 11 weergegeven

OPG	Probleem
Lammermarkt/Garenmarkt	Bij deze OPG had men de ringbalk aan de diepwanden bedacht. Doordat de bodem te slecht is moet deze ringbalk op de diepwanden worden gebouwd. Hierdoor moet er anderhalve meter van de diepwand worden afgesloopt. (Schelvis A. , 2015)
Kistdamgarage	Is nog niet gegund
Cornerstone	Hier waren de wanden en kuipbodem lek. Hierdoor was een flink aantal kuubs zand naar binnen gelopen. Dit was een groot probleem omdat de OPG op zand is gefundeerd. Omdat er zoveel zand was weggelopen kon men er niet meer van uitgaan dat het zand nog draagkrachtig genoeg was. Daardoor moest men funderingspalen aanbrengen.
Tournooiveld	Hierbij had men twee rijen boven elkaar met GEWI ankers berekend. Eén rij boven de GWS en één rij er onder. De rij onder de GWS heeft men er uitgehaald omdat het risico te groot was dat deze gaten duin zand gaan lekken. Dit zou slecht op te lossen zijn.

Tabel 11, onverwachte problemen, eigen werk

De waterdichtheid is een punt van zorgen. Toch zijn er binnen DVBW genoeg oplossingen voorhanden om dit te ondervangen of om te herstellen.

7 Mechanica

In het volgende hoofdstuk wordt bekeken hoe iedere garage zijn krachten afdraagt. Er wordt steeds gekeken hoe dit in de meest kritische fase is, omdat de meeste bouwkuipen dan het meest worden belast. (CURNET, 2010)

De volgende deelvragen worden in dit hoofdstuk behandeld:

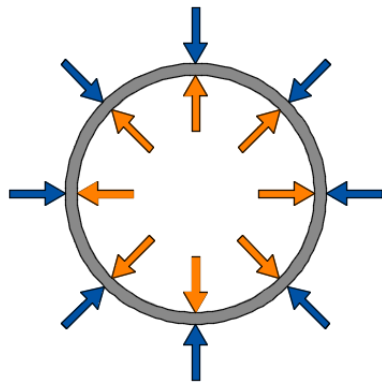
- Welke bouwmethodes worden toegepast?
- Tot wanneer is een constructie al dan niet tijdelijk?
- Welke verhouding is er tussen het gekozen materiaal en de diepte?
- In welke mate wordt er gebruik gemaakt van prefabricage?
- Met welke methode wordt een OPG waterdicht gemaakt?
- Welke gevolgen heeft het ontgraven voor de grondwaterstand?

De vragen zullen in dit hoofdstuk vanuit het mechanisch oogpunt benaderd worden.

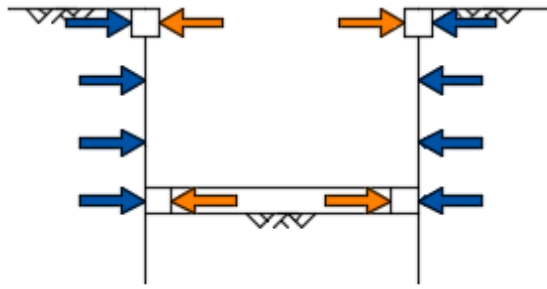
7.1 Basisprincipes afdracht krachten per OPG

Om een goed beeld te krijgen van de hoofdprincipes waar gebruik van wordt gemaakt per OPG, is aan de hand van schetsen een schematische weergave gegeven van hoe de constructie zijn krachten afdraagt.

7.1.1 Lammermarkt



Figuur 16, krachten bovenaanzicht, eigen werk



Figuur 17, krachten zijaanzicht, eigen werk

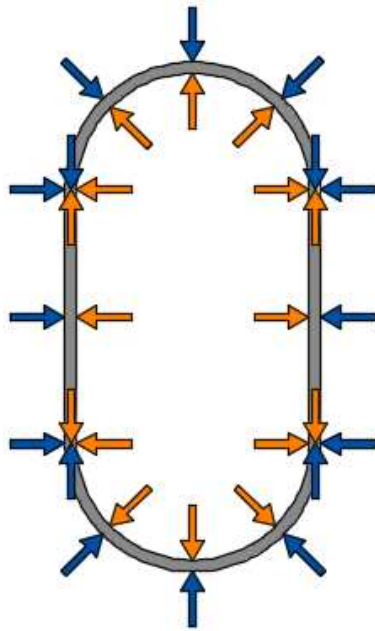
Bij OPG Lammermarkt wordt gebruik gemaakt van het principe van een ring. Omdat de grondspanning aan alle zijdes ongeveer even groot is, blijft de ring een ring zonder significant te vervormen. Een schematische weergave is te zien in afbeelding 16 en 17. Om de diepwanden te koppelen wordt er aan de bovenzijde van de losse diepwandpanelen een ringbalk gemaakt die deze panelen koppelt. Hierdoor ontstaat als het ware een koker in de grond. In deze koker heerst alleen normaalkracht. Daardoor kunnen de diepwanden slanker worden uitgevoerd. Doordat er OWB als afsluiting tegen het grondwater wordt gebruikt moeten hier extra maatregelen genomen worden. Het OWB sluit namelijk niet aan tegen de wanden. Dit heeft als gevolg dat hier geen waterkerende afsluiting ontstaat en dat het OWB geen stempelende functie heeft. Om de OPG toch waterkerend te krijgen, wordt er tussen het OWB en de diepwand een injectieslang aangebracht. Door de naad te injecteren, wordt deze alsnog relatief waterkerend. Echter blijft het zo dat het OWB geen stempelende functie heeft.

Risico's OPG Lammermarkt

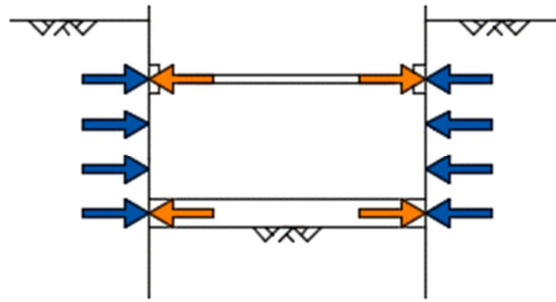
- De wanden zijn nooit perfect rond, enkel een benadering van rond
- Een ronde gebruikt de stempelende functie van het OWB niet, waardoor de vloer van zichzelf niet waterkerend is

Het hoofdprincipe van de krachtswerking van OPG Lammermarkt is door gebruik te maken van een ringconstructie.

7.1.2 Garenmarkt



Figuur 18, Krachten bovenaanzicht, eigen werk



Figuur 19, Krachten zij aanzicht, eigen werk

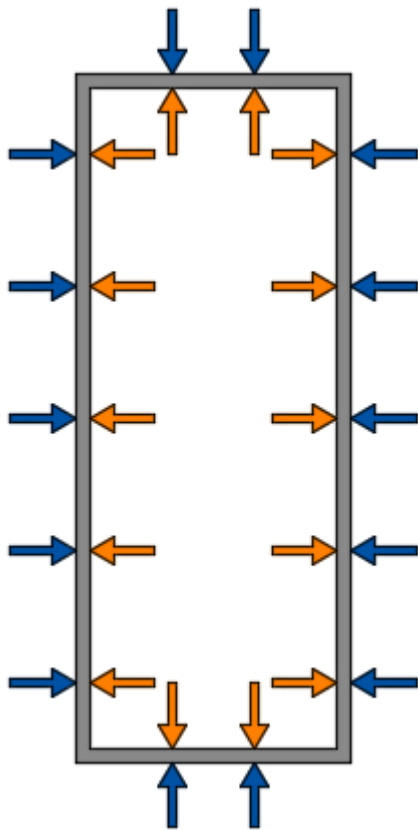
Bij OPG Garenmarkt werken de halve rondingen zoals deze ook werken bij OPG Lammermarkt. Dit heeft op die plaats dezelfde voor- en nadelen. Echter worden deze halverwege doorbroken door rechte stukken damwand. Door deze rechte stukken, loopt de normaalkracht door. Deze wordt als het ware van de ene halve cirkel naar de andere halve cirkel overgebracht. Omdat de rechte stukken als rechte wand worden uitgevoerd, is de wand hier ook dikker. Tijdens de bouw moeten deze worden gesteund met stempels, waarvan het OWB ook deel uit maakt. Wanneer de opbouwphase begint, nemen de parkeervloeren de stempelfunctie over. Dit is te zien figuur 18 en 19.

Risico's OPG Garenmarkt

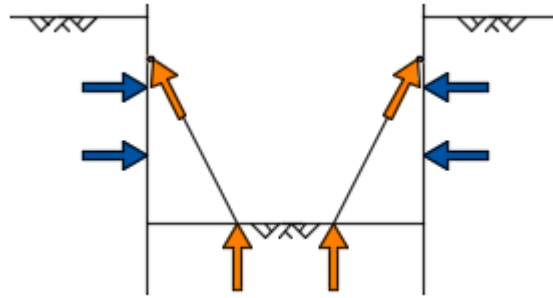
- Wanneer de rechte wanden iets vervormen, kan de normaalkracht een extra moment in de wand opleveren
- Bij het rechte stuk worden stempels gebruikt, dit beperkt de uitvoeringsvrijheid

Het hoofdprincipe van de krachtwerking van OPG Garenmarkt is tweeledig. De ronde helften functioneren als ring, waarbij in de rechte wanden de kracht wordt overgedragen als normaalkracht. De rechte delen functioneren als een rechthoekige bouwkuip.

7.1.3 Kistdamgarage



Figuur 20, Krachten bovenaanzicht, eigen werk



Figuur 21, Krachtenzijaanzicht, eigen werk

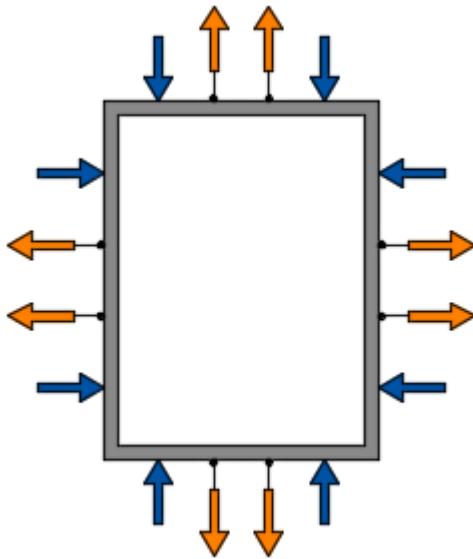
De Kistdamgarage wordt in een verruimde bouwkuip gerealiseerd. De kuip zal bestaan uit stalen damwanden die tot in een afsluitende kleilaag worden ingeheid. Hierdoor ontstaat een moment vaste damwand omdat er extra inheidiepte is. Doordat de kuip breed is, zal het lastig zijn stempels aan te brengen. Omdat de kuip ook in het water staat, is het niet mogelijk ankers aan te brengen. De oplossing wordt gevonden in een schoorconstructie. Deze draagt de krachten die ontstaan op de damwand ten gevolge van de waterdruk, schuin af naar de ondergrond. (Roest, 2015)

Risico's OPG Kistdamgarage

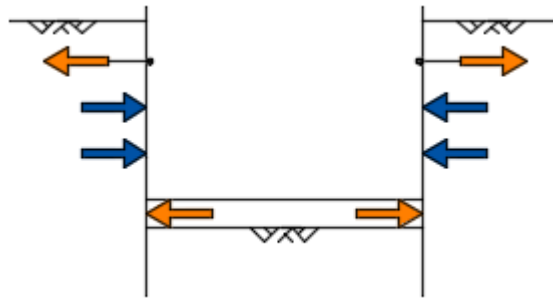
- De OPG is omringd door water, hierdoor kan deze bij een lek aan de wand moeilijk hersteld worden
- De schoorconstructie moet onder water worden aangebracht

OPG kistdamgarage werkt als een rechthoekige bouwkuip. Echter worden de krachten niet van de ene naar de andere kant overgedragen door stempels, of naar de grond via ankers, maar naar de ondergrond door een schoorconstructie. Dit is te zien in figuur 20 en 21.

7.1.4 Cornerstone en Tournooiveld



Figuur 22, krachten bovenaanzicht, eigen werk



Figuur 23, krachten zijaanzicht, eigen werk

Zowel OPG Cornerstone als OPG Tournooiveld maken gebruik van het principe waar een bouwkuip wordt gemaakt met trekankers als ondersteuning en OWB als stempel in de bodem. Beide garages zijn drie parkeerlagen diep. Voor beide garages geldt dat eerst de trekankers op spanning moeten staan en dat het OWB moet zijn aangebracht, voordat de kuip leeggepompt kan worden. Tot beide systemen de krachten kunnen weerstaan, is het water nodig als tegendruk tegen de grondspanning. Een bijzonder aspect bij OPG Tournooiveld is dat het OWB geen water afsluitende functie hoeft te hebben, omdat een waterdichte kleilaag in Den Haag dit al verzorgt.

Risico's OPG Cornerstone en OPG Tournooiveld

- Door ankers aan te brengen kunnen lekken in de wand ontstaan
- Ankers kunnen op funderingen of andere obstakels stuiten, waardoor deze minder bruikbaar zijn

OPG Cornerstone en OPG Tournooiveld dragen de krachten af als een rechthoekige bouwkuip. Ze worden daarbij ondersteund door een enkele rij ankers dat is te zien in figuur 22 en 23.

7.2 Bouwmethode

Wanneer er wordt gekozen voor een bepaalde bouwmethode, is het belangrijk na te denken over de mechanische eigenschappen van deze methode. Zo kan het zijn dat een damwand de grond en het water kan keren, maar dat de verplaatsing of de kans daarop te groot is. Oftewel, de wand is sterk genoeg, maar niet stijf genoeg. Dit ontstaat doordat de stijfheid van de wanden te laag is. Gevolg is dat belendingen verzakken zoals gebeurd is bij de Zuidpoortgarage in Delft. (Blom & Heeres, 2010) Door een wand te kiezen die de eigenschap heeft dat deze stijver is, kan schade aan monumentale belendingen voorkomen worden. Schade aan belendingen wordt niet zozeer door verzakkingen veroorzaakt, maar wel door rotaties van gebouwen die door verzakkingen worden veroorzaakt. (DVBW & Besix, 2014) Zo zijn diepwanden stijver dan damwanden. Voor meer voorbeelden zie bijlage 5.1.

Ook bij hulpconstructies geldt dat deze moeten worden gedimensioneerd op de omgeving. Zo moet bij het toepassen van de wanden- dak- methode het dak gedimensioneerd worden op het gebruik dat op het maaiveld plaats vindt. Dit is het geval bij OPG Tournooiveld. (Leeuwen, 2015) Dat dit ook bijzondere belastingen kunnen zijn, bewijst OPG Lammermarkt, waar er gedimensioneerd wordt op een kermis op het dak van de OPG. (DVBW & Besix, 2013)

Het is in beide gevallen zo, dat de in de grond gevormde constructie de krachten afdraagt. Dat betekent bij OPG Tournooiveld de soilmix wanden en bij OPG Lammermarkt de diepwanden. Daarbij speelt mee dat, in welke grondsoort de constructie wordt uitgevoerd, ook invloed heeft op de dikte. Toch is te stellen dat een dikte tussen een halve en een hele meter geldt voor zowel een diepwand als een soilmix wand.

Constructies moeten mechanisch vooral voldoen om de risico's voor de omgeving beheersbaar te houden.

7.3 Prefabricage

Wanneer prefabricage wordt aangehaald, kan gesteld worden dat dit geen noemenswaardige mechanische voor- of nadelen heeft. Prefab heeft alleen gevolgen voor de bouwoverlast ter plaatse, het transport er naar toe en de bouwsnelheid.

7.4 Grondwater

Wanneer gebruik wordt gemaakt van onderwaterbeton als afsluitende laag, moeten de wand en het beton tegen elkaar aan komen. Anders zou er een naad ontstaan waardoor het water de bouwkuip in kan stromen. In het geval van een rechthoekige garage betekent dit dat de wanden iets naar binnen komen en zo tegen de vloer aan klemmen. Hierdoor ontstaat een nagenoeg dichte vloer. Dit is echter anders bij OPG Lammermarkt en Garenmarkt, omdat deze gebruik maken van een ronde vorm. Het ronde deel functioneert als ring, waardoor de wanden niet naar binnen komen. Hierdoor moet er een andere oplossing gevonden worden om de OPG waterkerend te maken. Dit kan door een zogenaamde injectieslang. Deze injecteert grout, zodat er alsnog een waterkerende aansluiting ontstaat. Wanneer het water in de bouwkuip als tegendruk wordt gebruikt, dan heeft dit geen gevolgen voor de grondwaterstand omdat het verschil tussen binnen en buiten de kuip te gering is. Echter wanneer de kuip wordt ontgraven en de kuip blijkt lek te zijn, dan kan de omgeving verzakken doordat de grond uitspoelt. (Snijders, 2013)

De bodem van de bouwkuip heeft indirecte gevolgen op de omgeving doordat er een verlaging van de grondwaterstand kan optreden. Dit kan leiden tot verzakkingen. Voor de constructie zelf moet de bodem voldoende stevig zijn om de constructie te kunnen dragen.

8 Stroopschema

Het eindproduct dat voor DVBW is, is apart opgenomen als een los rapport. Deze keuze is gemaakt om de werkbaarheid van het document te vergroten. Dit rapport heet Eindproduct. In komend hoofdstuk komt kort aan bod wat het doel is van het stroopschema, waarvoor en wanneer het te gebruiken is, een korte gebruiksaanwijzing en het eerste deel van het stroopschema. Hierin worden de belangrijkste keuzes gemaakt tijdens het ontwerpen.

8.1 Doel

Wanneer er in een korte tijd keuzes gemaakt moeten worden voor een OPG dient dit stroopschema als hulp. In het stroopschema komen alle onderdelen aan bod die bij iedere OPG terugkomen. Dit zijn de bodemvloerconstructie, de wanden en de tussenvloeren. Echter kan hier op verschillende manieren invulling aan gegeven worden. Hoe hier invulling aan wordt gegeven, wordt gedaan met behulp van het stroopschema.

8.2 Waarvoor en wanneer te gebruiken

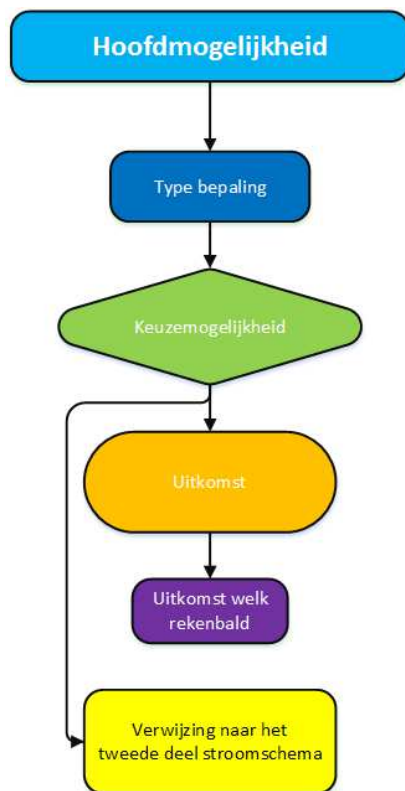
Het stroopschema kan worden ingezet om vanaf niets tot een keuze te komen, maar het kan ook andersom gebruikt worden. Wanneer het duidelijk is dat er voor een bepaald ontwerp moet worden gekozen, dan kan dit schema gebruikt worden om het te onderbouwen.

In het stroopschema is niet opgenomen hoe de bovenbouw van de OPG moet worden vormgegeven. Omdat hier diverse mogelijkheden zijn zoals een normaal maaiveld, een parkeerterrein of een gebouw, valt dit buiten het onderzoek. Wanneer er voor een bepaalde bovenbouw wordt gekozen, zal de OPG hier in een later stadium op gedimensioneerd moeten worden.

De uitkomsten van het stroopschema geven dan ook een eerste indicatie voor een ontwerp. Er zijn na het doorlopen van het stroopschema mogelijkheden om te optimaliseren. Het is aan de gebruiker of dit al in het tenderproces gebeurt, of dat dit pas na de aanbesteding plaatsvindt. Doordat ook risico's per keuze zijn geïnventariseerd, kan er gericht worden gekozen op een ontwerp.

8.3 Gebruiksaanwijzing

Voor het gebruik van dit product zijn er vijf mogelijkheden. Door te beginnen bij één van de twee hoofdmogelijkheden is het mogelijk zowel een gefundeerde keus te maken, of juist een eerder gemaakte keus te toetsen en daarmee te onderbouwen. Het stroomschema is op de volgende manier opgebouwd:

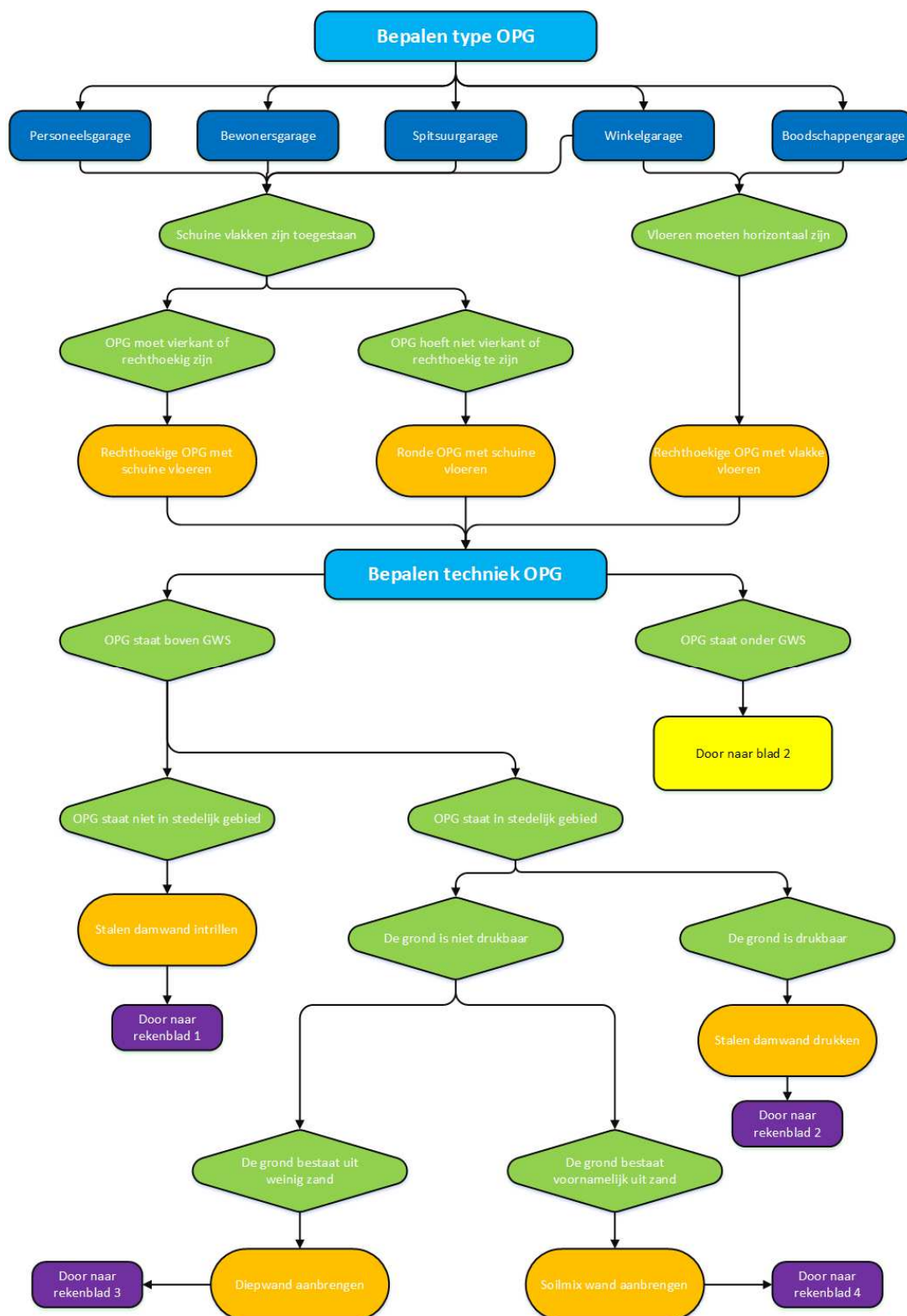


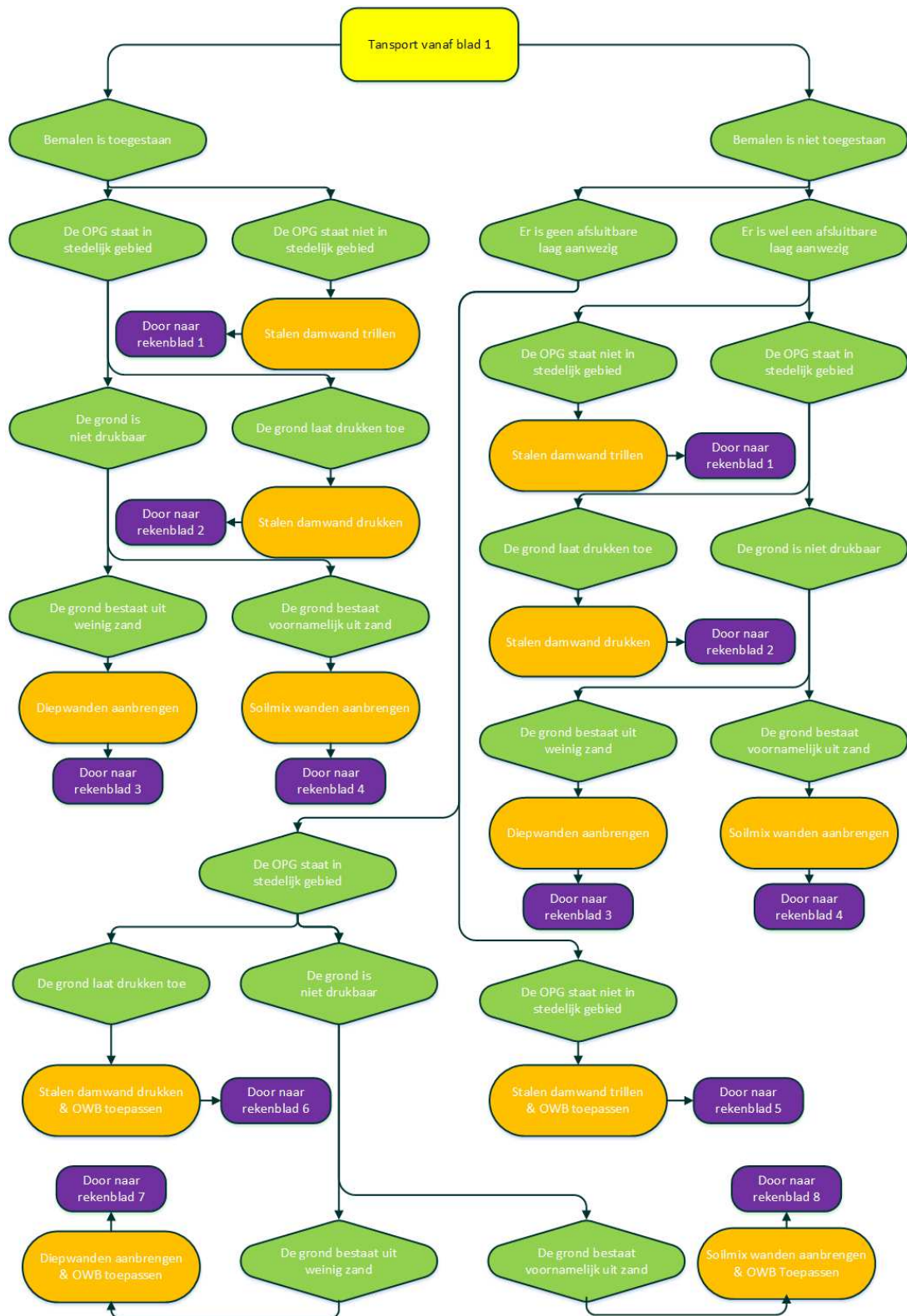
Door de stappen te volgen, wordt automatisch een weg gevonden naar de juiste richtlijnen die gelden bij het bouwen van een OPG. Vooral bij de ruit die staat voor een keuzemogelijkheid, is het mogelijk om beslissingen te sturen. Wanneer dit niet zo zou zijn, zou het stroomschema een beklemmende werking hebben en innovatie in de weg staan.

Het stroomschema is zo opgebouwd dat eerst de vorm en de techniek worden bepaald, en dat daarna de verwijzing wordt gemaakt naar de toetsregels. Pas als deze zijn bepaald wordt doorverwezen naar de rekenbladen. Op deze rekenbladen zijn de juiste CUR-normen weergegeven en zijn kort de risico's in kaart gebracht.

8.4 Stroomschema

Op de volgende pagina's is het stroomschema opgenomen. Deze komt terug in het rapport Eindproduct. Ook zijn de rekenbladen waar het stroomschema op uitkomt opgenomen in het rapport Eindproduct.





8.5 Deelconclusie

Het stroomschema kan worden gebruikt om snel een eerste ontwerp te krijgen. Hierin zijn de onderdelen terug te vinden die iedere OPG heeft. Deze onderdelen zijn wel specifiek gedimensioneerd op de locatie waar de OPG moet komen.

9 Testcase stroomschema

Het stroomschema heeft geen waarde zonder dat er getest is of dat deze ook daadwerkelijk werkt. Om dit te testen is een testcase opgezet. Hoe deze case is opgebouwd en welke stappen zijn doorlopen, is in dit hoofdstuk te lezen.

De doelstelling waaraan het product moet voldoen is als volgt omschreven:

Een stappenplan of raamwerk waarin project-specifieke randvoorwaarden worden omgezet in gefundeerde keuzes, rekening wordt gehouden met de keuzes van techniek en waarin de gemeenschappelijke delers terugkomen. Als toevoeging een aandachtspuntenlijst met daarin de kritieke punten.

Wanneer deze doelstelling wordt behaald, dan is het product bruikbaar voor DVBW.

9.1 Scope

Omdat de meeste OPG's door DVBW in de Randstad worden gebouwd, is de testcase ook in de Randstad. Er is gekozen voor een locatie in Delft. De testcase is theoretisch opgebouwd omdat er op het moment van schrijven geen OPG's zijn die aanbesteed worden. De keuze is op Delft gevallen omdat deze stad tussen Rotterdam, Den Haag en Leiden in ligt en dus tussen vier van de vijf onderzochte OPG's. Er is gekozen voor de locatie die is weergegeven in figuur 24.



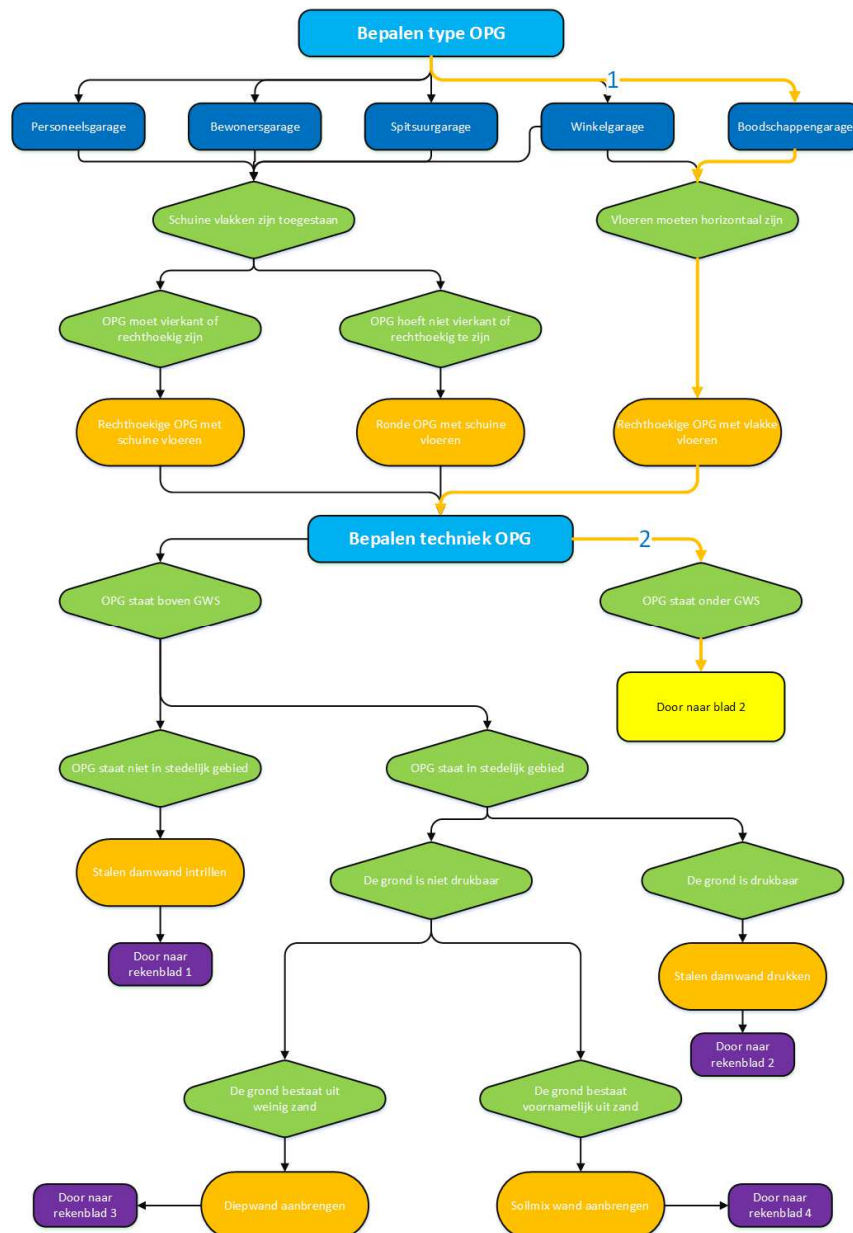
Figuur 24, Locatie testcase is blauw omcirkeld, (OpenStreetMap, 2015)

In de testcase is gekozen voor een supermarkt met daaronder een OPG aan de noordkant van het centrum van Delft. De enige grote OPG die het centrum op het moment van schrijven heeft is de Zuidpoortgarage. Deze is in het blauw omcirkeld. Door een extra garage kan aan twee kanten van het centrum geparkeerd worden.

Een doorsnede van de grond is te vinden in bijlage 6, net als een volledige berekening. Over de grond valt te zeggen dat deze bestaat uit twee zandpakketten, met daaronder een kleilaag. De onderste kleilaag rust op een diep zandpakket. Het grondwater staat een meter onder maaiveld. Omdat er drie parkeerlagen komen, wordt de bodem tot twaalf meter onder NAP uitgegraven. De garage wordt 80 bij 80 meter.

9.2 Gebruik stroomschema

Door in totaal zeven keuzes te maken wordt het eerste ontwerp gemaakt. Door de oranje lijn te volgen in het stroomschema kan gezien worden waar welke keuze gemaakt wordt. De cijfers corresponderen met een keuze of berekening. Deze leidt uiteindelijk naar rekenblad zeven. Iedere keuze wordt steeds kort toegelicht.

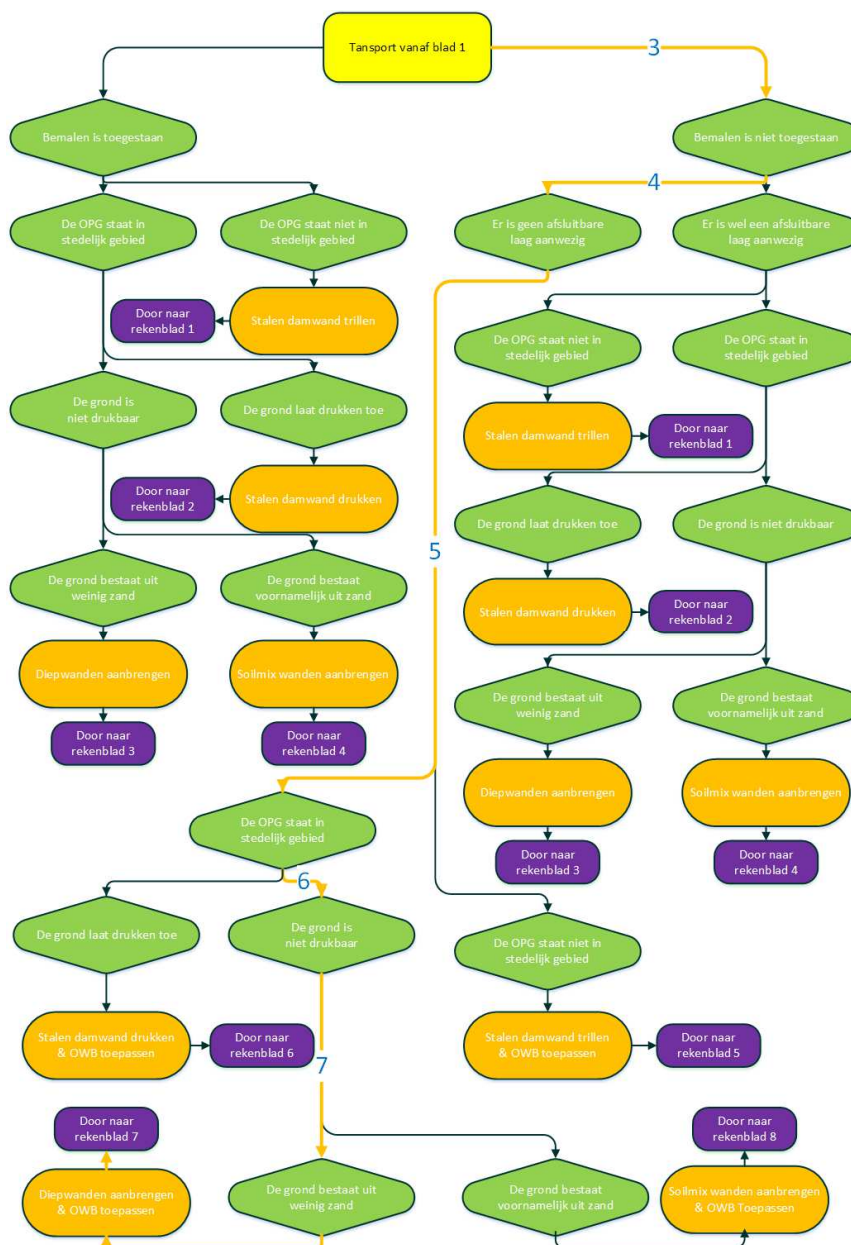


9.2.1 Keuze 1

De OPG komt onder een supermarkt. Daardoor moeten de vloeren vlak zijn, want anders rijden de winkelwagentjes weg.

9.2.2 Keuze 2

Doordat de OPG in de binnenstad van Delft komt staat er na een meter water onder het maaiveld.



9.2.3 Keuze 3

Rondom de gekozen plek staan veel belendingen waarvan in een korte periode als de tenderfase de fundering niet bepaald kan worden. Hierdoor is het niet wenselijk om te bemalen. Zowel paalrot als een kleine verzakking van het maaiveld is niet wenselijk.

9.2.4 Keuze 4

De bodem bestaat uit zandpakketten met daartussen kleilagen. Er zou dus een mogelijkheid zijn dat de natuurlijke afsluiting gebruikt zou kunnen worden. Uit de rekensom uit bijlage 6 blijkt dat zelfs zonder veiligheidsfactoren de bodem opbarst. Hierdoor moet daar een andere oplossing gevonden worden.

9.2.5 Keuze 5

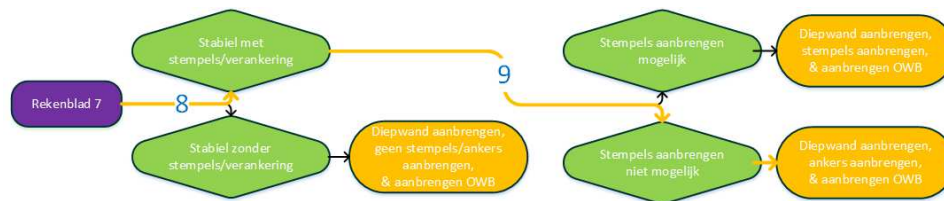
De OPG staat in het centrum van Delft, hierdoor valt de optie om stalen damwanden te trillen af.

9.2.6 Keuze 6

Bij deze keuze is de afweging gemaakt of stalen damwanden te drukken zijn. Omdat er toch dikke zandpakketten zijn, levert dit veel risico op. De damwanden kunnen uit het slot lopen en er zijn veel extra maatregelen nodig om deze methode te laten slagen. Daarom wordt er voor een andere methode gekozen.

9.2.7 Keuze 7

Ondanks dat de grond uit zandpakketten bestaat, zitten er ook kleilagen tussen. Hierdoor is een diepwand meer geschikt. Na deze keuze wordt doorgerekend met rekenblad 7.



9.2.8 Keuze 8

Met behulp van het computerprogramma ProSheet is berekend dat er een wand van 40 meter nodig zou zijn om de bouwkuip stabiel te maken. Wanneer een anker of stempel wordt toegevoegd op NAP-6 dan wordt de wand nog 19 meter. Dit is beter realiseerbaar.

9.2.9 Keuze 9

Omdat de bouwkuip 80 bij 80 meter wordt, is de overspanningslengte voor stempels te kort. Deze kunnen tot 30 meter overspannen. Hierdoor wordt de keus gemaakt om ankers te gebruiken.

9.3 Deelconclusie

Het stroomschema zorgt er voor dat met enkele startgegevens snel een ontwerp gemaakt kan worden. Vervolgstappen zoals het bepalen van de prijs worden niet bepaald met het schema. Deze keuzes zullen dus op commerciële gronden worden gebaseerd. Toch voldoet hiermee het stroomschema aan de doelstelling. Het product is bruikbaar voor DVBW.

10 Conclusie en aanbevelingen

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

In hoeverre is een raamwerk te realiseren als hulp in de tenderfase voor OPG's?

Deze vraag kan beantwoord worden met een verwijzing naar het stroomschema. Dit valt binnen de eerder gestelde doelstelling en hiermee vervangt het stroomschema het raamwerk. Dat ook dit stroomschema werkt is getoetst door deze te valideren. Toch is deze conclusie wat te kort door de bocht, het zegt namelijk niets over wat het stroomschema doet. Hier moet dus getoetst worden aan de doelstelling.

Als eerste is het belangrijk een OPG te definiëren. Een OPG is een ondergrondse ruimte waar motorvoertuigen gestald kunnen worden. Voor het stallen zijn verschillende type gebruikers te onderscheiden. Dit zijn spitsurgebruikers, winkelend publiek, mensen die boodschappen doen, personeel en bewoners. Alle gebruikers behalve de mensen die boodschappen doen accepteren schuine parkeervloeren. Een volledig ronde garage heeft per definitie schuine parkeervloeren en valt voor dit type af.

Om een OPG te realiseren zijn er verschillende onderdelen die steeds terug komen. Deze gemeenschappelijke delers zijn dat de OPG wanden heeft die zowel water als grond keren en een bodem die de OPG droog houdt. De uitvoeringsmethode van deze wanden kan verschillen en wordt veelal aangepast aan de generieke variabele: de grond. Deze wanden worden aangepast aan de grondslag, de grondwaterstand en aan de belendingen rondom de OPG. Hetzelfde geldt voor de bodem. Deze kan bestaan uit een natuurlijke afsluiting, of uit een vloer van OWB al dan niet aangevuld met trekankers. Hierin is vooral de grondwaterstand de generieke variabele.

Overige aspecten zoals technische installaties, onderhoudsarme oplossingen en prefabricage hebben geen noemenswaardige invloed op de uitvoeringstechniek in de tenderfase.

Omdat het stroomschema een levend document is, dat niet star is gehouden, verdient het de aanbeveling de in kaart gebrachte risico's up to date te houden. Ook kan er in een vervolgonderzoek een waarde aan deze risico's worden gehangen zodat deze sneller inzicht geven in de gevolgen.

Een tweede aanbeveling betreft het verbeteren van de werkbaarheid van het stroomschema. Door dit schema in een digitaal programma te zetten waarin de keuzes worden ingevuld, is het schema makkelijker te raadplegen. Kanttekening hierbij is dat de keuzes zichtbaar moeten blijven, om het proces blijvend te begrijpen.

Daarmee is de hoofdvraag beantwoord: Een raamwerk is te realiseren om het eerste grove ontwerp van een OPG te maken.

11 Bibliografie

- Adrichem, i. M. (2010). Parkeergarage vol uitdagingen. *Cement*, 42-56.
- Backhausen, U. (2015, april 29). *Onderwaterbeton Uitvoering*. Maarssen : Ursula Backhausen.
- Bezooijen, J. v. (2015, maart 02). ir. (J. Schaap, & B. Zielemann, Interviewers)
- Blom, C., & Heeres, O. (2010, juli). Case Museumparkgarage. *Vakblad Geotechniek*, 12-13.
- COB. (2003). *Veiligheidsconcept voor ondergrondse parkeergarages*. Gouda: COB.
- Consortium DV-COB. (2012). *Aanbevelingen voor het ontwerpen van bouwkuipen in stedelijke omgeving*. Delft: COB - Nederlands kenniscentrum voor ondergronds bouwen en ondergronds ruimtegebruik.
- Cools, P. (2011, oktober). Geo-Impuls: 'Halvering van geotechnisch falen in 2015'. *Vakblad Geotechniek*, 24-28.
- CURNET. (2010). *Leren van geotechnisch falen Publicatie 227*. Boxtel: CURNET.
- Dijkstra, O., & Seters, A. v. (2010). Case Bouwput Westerhaven te Groningen. *Vakblad Geotechniek*, 26-29.
- DINOloket. (2015, 13 1). *Ondergrondgegevens*. Opgeroepen op 13 1, 2015, van DINOloket: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>
- Dura Vermeer . (2014). 2.1 parkeergarage Lammermarkt . Beuningen .
- Dura Vermeer. (2011). Nieuwsbrief 1 Cornerstone. *Samen op weg naar Cornerstone*. Rotterdam.
- Dura Vermeer. (2011). Nieuwsbrief 3 Cornerstone. *Samen op weg naar Cornerstone*. Rotterdam.
- Dura Vermeer. (2015, april 20). *Lammermarkt*. Opgehaald van DV intranet.
- Dura Vermeer Beton- en Waterbouw. (2014, Januari 29). Memo Garenmarkt. *Ontwerp Aanbieding Parkeergarage Garenmarkt*.
- Dura Vermeer Groep NV. (2014, April). *Organogram DV*. Opgehaald van DV intranet: <http://intranet/OverOms/Publicaties/Documents/Dura%20Vermeer%20-%20Organogram%20januari%202014.pdf>
- DVBW & Besix. (2013, December). Aanbodscopedocument Lammermarkt. *Parkeergarage Lammermarkt*.
- DVBW & Besix. (2013, Januari). Planning op hoofdlijnen Lammermarkt. *Parkeergarage Lammermarkt Leiden*.
- DVBW & Besix. (2013, Januari). Risicobeheersings- en toegevoegde waardeplan Lammermarkt. *Parkeergarage Lammermarkt*.
- DVBW & Besix. (2014). Aanbodscopedocument Garenmarkt. *Parkeergarage Garenmarkt Leiden*.

- DVBW & Besix. (2014, Januari). Planing op Hoofdlijnen Garenmarkt. *Parkeergarage Garenmarkt Leiden*.
- DVBW & Besix. (2014, Januari). Risicobeheersings-en toegevoegde waardeplan Garenmarkt. *Parkeergarage Garenmarkt Leiden*.
- Gemeente Amsterdam. (2014). *Selectieleidraad OGA 2014-063 Kistdamgarage inclusief Maaiveld Houthavens*. Amsterdam: Gemeente Amsterdam.
- Gieling, M. (2015, maart 19). ing. (J. Schaap, & B. Zielemann, Interviewers)
- Google. (20015). *Houtwal*. Opgeroepen op Mei 05, 2015, van Google Maps:
<https://www.google.nl/maps/place/Houtwal,+3841+Harderwijk/@52.3478778,5.6192604,2020m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x47c633d11c00e3c5:0x436924fa65f1f9b8!6m1!1e1?hl=nl>
- Haasnoot, J., & Sluis, H. v. (2009, juli). Case Vlieland ziekenhuis. *Vakblad Geotechniek*, 17-19.
- Heinze Oost, A. M. (2002). *Een onderzoek voorbereiden*. Baarn: HB uitgevers.
- Hendriks, M. (2015, maart 13). ing. (B. Zielemann, & J. Schaap, Interviewers)
- ing. Heukels, T., ir Taffijn, E., & dr.ir. Alaart, A. (2013). Diepwanden op trek belast. *Cement*, 16-20.
- Ir. Rinsma, J., & Ing. Koens, B. (2007). Tabel 2-01: Karakteristieken van parkeergarages voor verschillende gebruikerstypen. In J. Ir. Rinsma, & B. Ing. Koens, *Praktijkboek Parkeergarages* (p. 19). Enschede: Keypoint Parking .
- Jong, E. d. (2011, April). Kansen benutten met de Observational Method. *Vakblad geotechniek*, 26-28.
- Leeuwen, S. v. (2015, maart 24). ir. (J. Schaap, & B. Zielemann, Interviewers)
- Linssen, J. (2014). Ontwerpen van parkeergarages: een vak apart. *Cement*, 4-8.
- Mans, D.-G. (2009). Leren van Geotechnisch falen: iets waar u allen aangaat! *Vakblad Geotechniek*, 38-39.
- NEN- commissie . (2012). *NEN 6069*. NEN.
- NEN- normcommissie 351041. (2013). *NEN 2443*. NEN.
- Roest, M. (2015, april 8). ing. (J. Schaap, & B. Zielemann, Interviewers)
- Ronhaar, A., Saad Al-jibouri, S., & Halman, J. (2012, Januari). Een verkenning naar de perceptie van professionals Geotechnisch Falen. *Vakblad Geotechniek*, 38-41.
- SBR CUR. (2012). *Rapport C166 Damwandconstructies*. Delft: SBR CUR.
- Schelvis, A. (2015, Maart 10). ing. (B. Zielemann, & J. Schaap, Interviewers)
- Schelvis, i. A. (2015, maart 14). OPG Lammermarkt. *Schets detail aansluiting diepwand & OWB*. Leiden, Zuid-Holland, Nederland.

Snijders, i. D. (2013). Ontwerp en uitvoering bouwput. *Cement*, 54-58.

Technische commissie bodem. (2014). *Onverwachte gebeurtenissen in de bodem*. Den Haag: Technische commissie bodem.

Ven, M. v. (2015, april 29). ing. (J. Schaap, & B. Zielemann, Interviewers)

Vernooij, i. S. (2013). Fundering in onderwaterbeton. *Cement*, 22-27.

Vos, J. d. (2009, oktober). Case Zuidpoort parkeergarage. *Vakblad Geotechniek*, 30-33.

Weeren, M. v. (2015, mei 13). *Mark van Weeren* . Opgehaald van Google+:

<https://plus.google.com/106492945584932517752/posts/4p4xmPV8BeG?pid=6131389456683180034&oid=106492945584932517752>

