



Constructieve uitbreiding P+R Kralingse Zoom

Eindrapport

Hogeschool Rotterdam
Instituut voor de gebouwde omgeving
Opleiding Bouwkunde

Versie definitief
15 juni 2015

Niels Edelschaap en
Daan van Gastel

Colofon

Onderwerp Constructieve uitbreiding P+R Kralingse Zoom

Afstudeerbedrijf Gemeente Rotterdam

Cluster Stadsontwikkeling

Afdeling W&CI Management, Advies en Projecten

Bedrijfsbegeleiders Marc Verheijen
Nick Statham

School Hogeschool Rotterdam

Instituut Instituut voor de gebouwde omgeving

Opleiding Bouwkunde

Studierichting Constructieve bouw

Begeleidend docent Dhr. J.L. Slabbekoorn

2e lezer Dhr. M. Bierma

Auteurs Daan van Gastel 0854572
Niels Edelschaap 0853240

Versie Definitief

Datum 15 juni 2015

Inhoudsopgave

Colofon	2
Inhoudsopgave	3
1 Voorwoord	5
2 Samenvatting	6
3 Inleiding	8
3.1 Aanleiding	8
3.2 Doel van project	8
3.3 Probleemstelling	8
3.1.1 Opdrachtbeschrijving	8
3.4 Onderzoeksvragen	9
3.4.1 Hoofdvraag	9
3.4.2 Deelvragen	9
3.5 Afbakening	9
3.6 Leeswijzer	10
4 Inleiding P+R	11
4.1 P+R regio Rotterdam	11
4.2 P+R Kralingse Zoom	12
4.2.1 Gebruik en ligging	12
4.2.2 Toekomst P+R Kralingse Zoom	13
5 Huidige situatie	14
5.1 Opbouw Kralingse Zoom	14
5.2 Uitbreidingsmogelijkheden	14
5.2.1 Scenario 1; Boven doelgroepenstrook	15
5.2.2 Scenario 2; Verticale uitbreiding	15
5.2.3 Scenario 3; Op bestaand maaiveld	15
5.2.4 Scenario 4; Verlengen garage	16
5.2.5 Combinatie scenario's	16
5.2.6 Conclusie scenario's	16
5.3 Ruimtelijke situatie garage	17
6 Restcapaciteit	18
6.1 Restcapaciteit normaalkracht	18
6.1.1 Berekeningsmethode	18
6.1.2 Resultaten	18
6.2 Restcapaciteit stabiliteit	21
6.2.1 Invloed op bestaande constructie	22
6.2.2 Berekeningsmethode	23
6.2.3 Resultaten	23
7 Uitbreidingssystemen	25
8 Programma van eisen	27
9 Schetsontwerpen	28
9.1 Kanaalplaat	29
9.2 Composiet	30
9.2.1 Eigenschappen composiet	30
9.2.2 Schetsontwerpen composiet	30

10	Voorlopig ontwerp	32
10.1	<i>Methode</i>	32
10.2	<i>Composiet</i>	33
10.3	<i>Kanaalplaat</i>	35
10.4	<i>Conclusie voorlopig ontwerp</i>	35
11	Toetsing maatgevende elementen	37
11.1	<i>Methode</i>	37
11.2	<i>Invoer</i>	38
11.3	<i>Conclusie toetsing elementen</i>	39
12	Conclusie	40
13	Aanbeveling	41
14	Literatuurlijst	42
15	Bronvermelding	44
16	Bijlagen	45
	<i>Bijlage 1; Onderzoek parkeren P+R Kralingse Zoom</i>	45
	<i>Bijlage 2; Onderzoek huidige situatie</i>	45
	<i>Bijlage 3; Onderzoek restcapaciteit en stabiliteit</i>	45
	<i>Bijlage 4; Onderzoek uitbreidingssystemen</i>	45
	<i>Bijlage 5; Programma van eisen</i>	45
	<i>Bijlage 6; Onderbouwing schetsontwerp</i>	45
	<i>Bijlage 7; Berekeningsrapport voorlopig ontwerp composiet</i>	45
	<i>Bijlage 8; Berekeningsrapport voorlopig ontwerp kanaalplaat</i>	45
	<i>Bijlage 9; Toetsing elementen voorlopig ontwerp</i>	45
	<i>Bijlage 10; Tekeningen</i>	45

1 Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerrapport van het onderzoek naar de constructieve uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom. In dit rapport is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor de uitbreiding van de 'Park en Ride' garage met de daarbij horende oplossingsmogelijkheden.

Dit afstudeerrapport is geschreven naar aanleiding van ons afstuderen van de opleiding bouwkunde aan de Hogeschool Rotterdam, waarin een constructieve minor is gevolgd. 15 juni is dit rapport ingeleverd, om vervolgens op 29 juni de bijbehorende afstudeerpresentatie te geven.

Het rapport is geschreven door Daan van Gastel en Niels Edelschaap in opdracht van de afdeling Watermanagement en Civiele infra van de gemeente Rotterdam, waar wij zijn begeleid door Marc Verheijen en Nick Statham. Voor constructieve diepgang konden wij terecht bij Alex Gellweiler en William Schutte.

Bij deze willen wij alle betrokken partijen bedanken voor de medewerking en het leveren van de benodigde producten. Daarnaast willen wij Marc Verheijen, Nick Statham en Jan Slabbekoorn extra bedanken voor de begeleiding vanuit de gemeente en de Hogeschool Rotterdam voor het tot stand komen van dit afstudeerrapport.

Rotterdam, 15 juni 2015

2 Samenvatting

Dit onderzoek omvat de uitbreiding van de bestaande constructie van de P+R Kralingse Zoom (Zie figuur 1). Deze 'Park and ride' (P+R) garage is bedoeld voor forenzen die vanaf huis met de auto richting hun werkplek in de stad reizen. Het laatste deel van hun reis leggen zij af met het openbaar vervoer om de drukte van de binnenstad te vermijden.

De P+R garage te Kralingse Zoom is de dichtstbijzijnde P+R garage tot het centrum van Rotterdam met een capaciteit van 1046 plekken in de garage en 690 op het maaiveld. Vanaf de Kralingse Zoom bevindt men zich in slechts 8 metrominuten in het centrum van de stad. Daarnaast ligt de P+R garage direct aan de snelweg en wordt de garage bereikt via de speciaal hiervoor aangelegde doelgroepenstrook. Wanneer de behoefte aan P+R plekken toeneemt en de P+R visie van de gemeente Rotterdam uitgevoerd wordt zal de P+R Kralingse Zoom één van de eerste garages zijn die uitbreiding behoeft. De gemeente Rotterdam wil de P+R garage in de toekomst uitbreiden naar een capaciteit van 2200 parkeerplekken zonder de parkeerplekken op het huidige maaiveld mee te tellen.

De P+R Kralingse Zoom bestaat uit twee delen, een deel in prefab beton en een deel in staal, de vloeren in beide delen bestaan uit kanaalplaat. Er is destijds voor deze tweedeling gekozen in verband met de uitvoering. De garage loopt boven de metrolijn en het station Kralingse Zoom. Om de metro zo kort mogelijk te hinderen is de constructie boven de metro uitgevoerd in een prefab stalen constructie die binnen drie weken is geplaatst.



Figuur 1. Huidige situatie P+R Kralingse Zoom. (Bron: Oskamera)

Voor het uitbreiden van de bestaande garage wordt rekening gehouden met de bestaande situatie, zowel binnen de garage als met de omgeving buiten de garage. Om te bepalen in welke richtingen de garage kan worden uitgebreid is rekening gehouden met de toekomstplannen van de Kralingse Zoom, de bestaande bebouwing, de snelweg A16 en het bestemmingsplan van het gebied. Uit onderzoek naar deze aspecten blijkt dat er twee uitbreidingsmogelijkheden zijn, namelijk in verticale richting omhoog en in westelijke richting naar de Kralingse Zoom met een maximum van 30 meter. In eerste instantie wordt gekeken naar optopping van de garage, omdat hiermee de bestaande constructie van de garage optimaal wordt gebruikt. Wanneer hiermee het aantal van 2200 plekken niet wordt behaald kan de garage nog worden uitgebreid met een lengte van 30 meter in westelijke richting op het huidige maaiveld.

Bij uitbreiding bovenop de bestaande garage dient rekening gehouden te worden met de restcapaciteit van de garage. Deze restcapaciteit is bepaald aan de hand van de restcapaciteit uit de fundering en de restcapaciteit van een tweede fase die ook door Ballast Nedam al is ontworpen. Ballast Nedam gebruikt voor de uitbreiding een optopping van drie verdiepingen, verlengd de garage en bouwt twee lagen parkeren op het huidige maaiveld.

Uit de berekening van de restcapaciteit blijkt dat de minimale restcapaciteit van een kolom 1123kN aan normaalkracht bedraagt. Naast de normaalkracht is ook de restcapaciteit van de stabiliteit van belang. Voor de diagonalen is deze berekend, voor de stabiliteitskolommen is bepaald hoeveel deze maximaal op kunnen nemen. De nieuwe krachten die in deze kolommen ontstaan zijn afhankelijk van de normaalkracht en de windbelasting op het gebouw en worden getoetst wanneer de garage wordt uitgebreid.

Voor de uitbreiding van de garage, is onderzoek gedaan naar verschillende bouwsystemen die worden gebruikt voor de bouw van parkeergarages. Om zoveel mogelijke verdiepingen op te kunnen bouwen is gekozen voor een lichtgewicht systeem dat bestaat uit een stalen skelet met kanaalplaatvloeren of met composiet vloeren.

De verschillende onderzoeken in de analysefase hebben geleid tot een programma van eisen (PvE). Het ontwerp van de uitbreiding van de garage moet aan deze eisen moeten voldoen, daarnaast geldt dit PvE als toetsingsinstrument voor het gemaakte ontwerp.

Om de opdrachtgever een keuze te kunnen bieden worden er twee schetsontwerpen verder uitgewerkt. Zowel een variant met kanaalplaat als een variant met composiet vloeren. Beide varianten hebben hun voor- en nadelen die per ontwerp worden behandeld.

Voor het ontwerp in kanaalplaat geldt dat de P+R garage maximaal uitgebreid kan worden met drie verdiepingen. Het ontwerp van Ballast Nedam bestaat ook uit een optopping van drie verdiepingen. Dit ontwerp is dus niet verder uitgewerkt, omdat het aantal parkeerplekken van 2200 hiermee niet kan worden behaald door alleen gebruik te maken van de bestaande garage.

Wanneer de garage wordt uitgebreid met een stalen skelet in combinatie met composietvloeren is het mogelijk de garage uit te breiden met 5 verdiepingen zonder dat er aanpassingen gedaan hoeven te worden aan de bestaande constructie. Voor de uitbreiding geldt dat het trappenhuis midden (T3) in de garage maatgevend is. Bij dit trappenhuis ontstaat trek op de fundering wanneer de garage minimaal wordt belast. Op alle andere steunpunten kunnen minimaal zeven verdiepingen worden opgebouwd.

Wanneer onder dit trappenhuis extra trekpalen worden gerealiseerd kan de ontstane trek onder dit trappenhuis worden opgenomen, waardoor het mogelijk is om overal zeven extra verdiepingen op de bestaande garage te bouwen. Met zeven extra verdiepingen kunnen er in totaal 2275 parkeerplekken gerealiseerd worden. Op deze manier wordt de visie van de gemeente bereikt en hoeft de parkeergarage alleen in verticale richting uitgebreid te worden.

Wanneer de garage uitgebreid wordt met zeven verdiepingen wordt er optimaal gebruik gemaakt van de bestaande constructie. Er zijn slechts een aantal extra funderingspalen nodig, terwijl de uitbreiding met kanaalplaatvloeren gebruik maakt van nieuwe stukken grond, waardoor er vele malen meer funderingspalen nodig zijn. Daarnaast is er geen extra grond nodig, past de uitbreiding met kanaalplaatvloeren minder goed in het huidige bestemmingsplan, geeft een uitbreiding in composiet minder overlast voor de gebruikers van de garage door de kortere bouwtijd en is de composiet uitbreiding geheel demontabel, waardoor deze ook op andere plekken geplaatst kan worden.

3 Inleiding

Dit onderzoeksrapport bestaat uit de conclusies van deelonderzoeken en de uitwerking van de ontwerpen voor de 'Constructieve uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom'. Aan de hand van vooronderzoeken is een programma van eisen (PvE) opgesteld waar de uitbreiding van de P+R garage aan moet voldoen. Door het maken van twee verschillende ontwerpen heeft de opdrachtgever een keuze voor een ontwerp dat gebruikt kan worden voor de uitbreiding van de Kralingse Zoom.

3.1 Aanleiding

De stadsregio Rotterdam wil het verkeer in de binnenstad verminderen. Om dit te realiseren worden P+R plekken buiten het centrum gemaakt, vanwaar kantoren en winkels in de binnenstad gemakkelijk per OV te bereiken zijn. De P+R garages zijn voornamelijk te vinden op locaties nabij snelwegen en het openbaar vervoer rondom de stad.

In 2024 wil de gemeente Rotterdam een totale capaciteit van 18.750 P+R plekken hebben. Op dit moment zijn er totaal 8237 P+R plekken, er zullen in de komende negen jaar dus nog 10.513 plekken bij moeten komen.

Naast dat er een nieuwe parkeergarage gebouwd kan worden, is het ook mogelijk een bestaande garage die op een gunstige plek staat uit te breiden. De P+R Kralingse Zoom is hier een goed voorbeeld van, omdat deze direct is aangesloten op het openbaar vervoer, de kortste reistijd tot het centrum van Rotterdam heeft en gemakkelijk te bereiken is vanaf de snelweg via de speciaal gemaakte doelgroepenstrook.

3.2 Doel van project

Het doel van het project is het ontwerpen van een constructieve uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom. Hierin moet rekening gehouden worden met de mogelijkheden van de locatie en van de garage zelf. De garage is op dit moment berekend op een uitbreiding van drie lagen volgens hetzelfde bouwprincipe dat er nu staat. Wij zijn van mening dat de garage verder uitgebreid kan worden wanneer er gebruik wordt gemaakt van een lichter systeem.

Door het doen van verschillende onderzoeken in de analysefase wordt een programma van eisen voor de uitbreiding opgesteld. Aan de hand van dit PvE worden twee uitbreiding met verschillende systemen ontworpen die worden doorgerekend. De meest geschikte uitbreiding is verder uitgewerkt met tekeningen tot op VO-niveau.

3.3 Probleemstelling

Vanuit de aanleiding en het doel van het onderzoek komt de volgende probleemstelling naar voren:

'Welke constructieve mogelijkheden zijn er voor een uitbreiding van P+R Kralingse Zoom. Zijn er extra parkeerplekken nodig en hoe zit de huidige parkeergarage in elkaar.'

Hierbij wordt de huidige situatie geanalyseerd om de restcapaciteit te bepalen. Hier vanuit kan een ontwerp voor de uitbreiding worden ontwikkeld.

3.1.1 Opdrachtbeschrijving

De concrete opdracht is om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn voor de uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom. In eerste instantie wordt bepaald of het überhaupt mogelijk is om de huidige constructie uit te breiden, om vervolgens de mogelijke uitbreidingen te ontwerpen en hiervan de beste mogelijkheden verder uit te werken.

3.4 Onderzoeksvragen

3.4.1 Hoofdvraag

De hoofdvraag is opgesteld om het onderzoek concreet te maken, de deelvragen zijn opgesteld om uiteindelijk antwoord te kunnen geven op de hoofdvraag. Door middel van onderzoeken wordt er antwoord gegeven op de deelvragen.

De hoofdvraag in ons afstudeeronderzoek luidt als volgt:

‘In hoeverre is het constructief mogelijk de P+R Kralingse Zoom uit te breiden?’

3.4.2 Deelvragen

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. *‘Wat is de huidige stand van zaken met betrekking tot het aantal P+R plekken in en om Rotterdam en naar hoeveel plekken wil de gemeente toe?’*
2. *‘Hoe zit de constructie van de huidige P+R garage in elkaar?’*
3. *‘Hoe is de bestaande situatie gesitueerd in de omgeving en hoe is de P+R garage ingedeeld?’*
4. *‘Wat is de restcapaciteit van de huidige constructie van de P+R garage?’*
5. *‘Hoe is de stabiliteit van de huidige situatie gewaarborgd en kan deze stabiliteit gebruikt worden voor mogelijke uitbreiding?’*
6. *‘Welke alternatieve materialen/systemen zijn er mogelijk voor het uitbreiden van de P+R garage?’*
7. *‘In welke richtingen is het mogelijk de P+R garage uit te breiden?’*
8. *‘Wat is de beste oplossing (binnen de afbakening) voor de uitbreiding van de P+R garage te Kralingse Zoom?’*

De deelvragen worden beantwoord in de analysefase van het onderzoek. De aspecten die hieruit naar voren komen zijn opgenomen in het programma van eisen dat wordt aangehouden voor het ontwerpen van een uitbreidingssysteem.

3.5 Afbakening

In dit onderzoek wordt ingegaan op de constructieve uitbreiding van de P+R garage. Er wordt dus alleen naar constructie gekeken. Bouwkundige aspecten worden achterwege gelaten, deze kunnen worden onderzocht wanneer een uitbreiding in de toekomst daadwerkelijk gerealiseerd gaat worden.

Gedurende het afstudeertraject beperken wij ons op uitbreiding boven de grond. Dit omdat een uitbreiding naar beneden naar ons inzicht binnen het financiële plaatje niet mogelijk is. De kosten van deze oplossing zullen vele malen groter zijn dan uitbreiding in andere richtingen. Mocht het zo zijn dat uitbreiding zijdelings of omhoog niet mogelijk is, dan behoort het uitbreiden omlaag wel tot één van de mogelijkheden.

In het onderzoek naar de uitbreidingssystemen wordt gekeken naar het gebruik van andere materialen dan in de huidige constructie. Er wordt echter geen apart materialenonderzoek uitgevoerd en er wordt geen gebruik gemaakt van materialen die nog niet in de bouw en civiele sector worden toegepast.

Het constructieve voorstel dat tijdens de afstudeerzitting wordt gepresenteerd, wordt tot op VO-niveau uitgewerkt, dit wil zeggen dat de hoofdconstructie is berekend en in kaart is gebracht.

Door antwoord te geven op de deelvragen wordt het project verder afgebakend.

3.6 Leeswijzer

Dit afstudeerrapport bestaat uit conclusies van de deelonderzoeken die zijn gedaan om antwoord te kunnen geven op de deelvragen. Deze onderzoeken zijn bijgevoegd in de bijlage, waarin kan worden nagelezen waar deze conclusies op zijn gebaseerd.

Het programma van eisen is opgesteld aan de hand van de conclusies uit de deelonderzoeken. Bij het maken van de schetsontwerpen zijn deze eisen aangehouden, om tot een reëel ontwerp te komen. Aan de hand van de schetsontwerpen zijn de twee beste ontwerpen verder uitgewerkt en doorgerekend. Van deze berekeningen is een berekeningsrapport gemaakt en is bepaald wat de mogelijkheden zijn voor de opbouw van extra verdiepingen.

Hoofdstuk 4 gaat in op wat P+R precies inhoudt en hoe dit in elkaar zit in zowel de Regio Rotterdam als ter plaatse van de Kralingse Zoom.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 1

Hoofdstuk 5 behandelt mogelijke uitbreidingsrichtingen en de ruimtelijke situatie binnen de garage zelf. In dit hoofdstuk wordt een conclusie over de mogelijke uitbreidingsrichtingen gegeven.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 2

In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de constructieve eigenschappen van de bestaande garage. Hierin wordt bepaald hoe groot de restcapaciteit van de bestaande constructie is, zodat deze gebruikt kan worden voor het ontwerp van een constructieve uitbreiding.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 3

In hoofdstuk 7 wordt onderzoek gedaan naar bestaande systemen voor parkeergarages. Deze systemen worden met elkaar vergeleken om te bepalen welk systeem het meest geschikt is voor een uitbreiding van de Kralingse Zoom.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 4

Hoofdstuk 8 bestaat uit het programma van eisen dat is opgesteld aan de hand van de gedane onderzoeken.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 5

In hoofdstuk 9 worden schetsontwerpen gemaakt aan de hand van het programma van eisen dat is opgesteld in hoofdstuk 8. Per bouwsysteem is er één ontwerp dat verder wordt uitgewerkt.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 6

In hoofdstuk 10 wordt het voorlopig ontwerp opgesteld. Hierin wordt gerekend met maximale en minimale belasting in combinatie met de windbelasting. Op deze manier kan worden bepaald hoeveel verdiepingen er op de huidige constructie gebouwd kunnen worden.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 7 en bijlage 8

In Hoofdstuk 11 wordt het voorlopig ontwerp geoptimaliseerd. De elementen van het voorlopig ontwerp worden gecheckt en waar nodig vergroot. Elementen die te groot zijn uitgevoerd worden verkleind.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 9

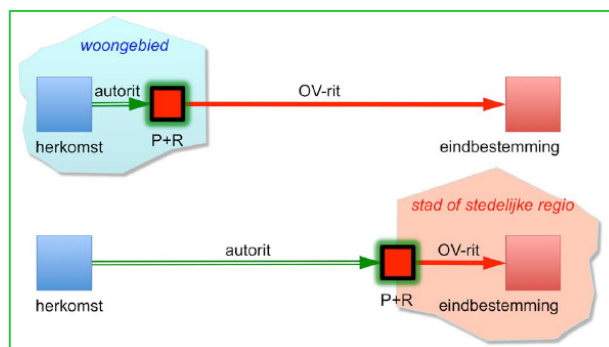
In de conclusie wordt omschreven wat de best mogelijke uitbreiding voor de P+R Kralingse Zoom is. In de aanbeveling worden de ontwerpen vergeleken en wordt onderbouwd waarom het ontwerp in Composiet het beste ontwerp is voor de uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom.

Bijbehorende bijlage: Bijlage 10

4 Inleiding P+R

Vanaf de jaren '60 is het aantal auto's in Nederland flink gestegen. Door de grote groei in het aantal auto's is het vanaf 1960 ook aanmerkelijk drukker geworden op het Nederlandse wegennet, voornamelijk in de randstad. Daarnaast heeft er binnen Nederland een ruimtelijke ontwikkeling plaatsgevonden die ervoor heeft gezorgd dat steeds meer inwoners verder van de stadscentra af zijn gaan wonen. De combinatie van deze ontwikkelingen heeft geleid tot het idee 'Parkeer en Reis' oftewel P+R beter bekend als 'Park-and-Ride'.

Omdat de afstand naar het openbaar vervoer voor steeds meer mensen niet te voet of met de fiets te overbruggen is, is men op strategische plaatsen P+R plekken gaan realiseren. Voornamelijk op plaatsen nabij treinstations voor verdere verplaatsing over grotere afstanden en nabij OV-haltes in binnenstedelijk gebied voor verplaatsing over kortere afstanden (Zie figuur 2)¹.

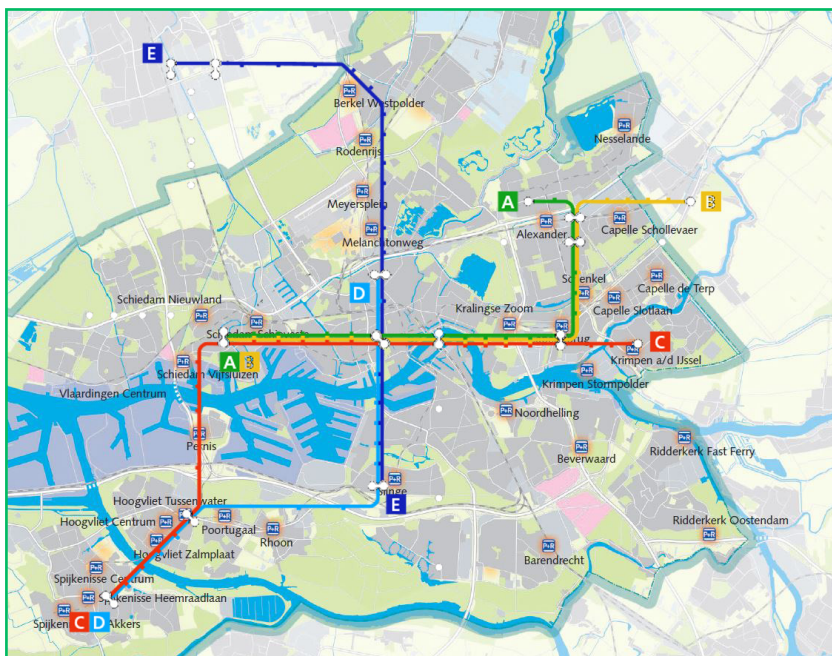


Figuur 2. Gebruik P+R (Bron: Corridor studie P+R)

4.1 P+R regio Rotterdam

Het P+R-beleid in de stadsregio Rotterdam moet ervoor zorgen dat de hoeveelheid auto's in de binnenstad afneemt. Kantoren en winkels in de binnenstad moeten gemakkelijk per OV bereikbaar zijn vanaf de P+R plekken buiten het centrum. Zoals te zien in figuur 3 zijn de P+R garages voornamelijk te vinden op locaties nabij snelwegen en het openbaar vervoer rondom de stad.

De huidige capaciteit van P+R-locaties in de stadsregio Rotterdam telt per januari 2014 8237 parkeerplekken. De P+R garages zijn vooral geconcentreerd in de richtingen Berkel en Rodenrijs, langs de N471, in de richting Utrecht, langs de N219 en in de richting Spijkenisse, langs de N492. Rotterdam telt vijf metrolijnen. Wanneer de kaart van het metronetwerk en de kaart met P+R locaties over elkaar worden gelegd wordt duidelijk dat de P+R locaties grenzen aan het metronetwerk van Rotterdam, waardoor men vanaf de P+R locatie met het metronetwerk de binnenstad kan bereiken.



Figuur 3. P+R plekken en metronetwerk Rotterdam

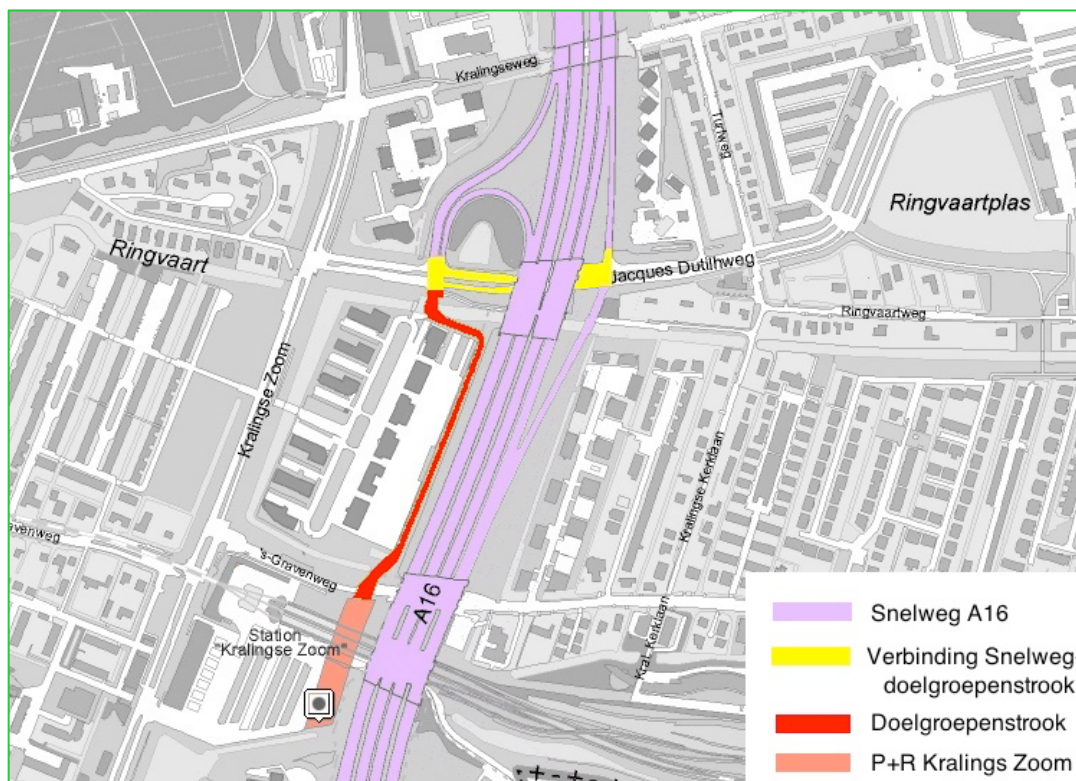
¹ Baander, A. & Hoorn, A.I.J.M. van der. (1980) De corridor studie Parkeer en Reis. Verkeerskunde, 31(7)

4.2 P+R Kralingse Zoom

De P+R Kralingse Zoom is gesitueerd naast en boven het metrostation Kralingse Zoom en naast de snelweg A16, vanwaar de garage met een speciaal hiervoor gerealiseerde doelgroepenstrook wordt bereikt. De garage is in oktober 2013 opgeleverd en bevat in totaal 1046 parkeerplekken, daarnaast zijn er op het naastgelegen parkeerterrein op het maaiveld nog 690 plekken. In de toekomstvisie van de gemeente Rotterdam staat dat men de P+R Kralingse Zoom in de toekomst wil uitbreiden naar 2200 plekken. Ballast Nedam heeft voor deze uitbreiding al een ontwerp klaar liggen, dit ontwerp kan door buitenstaanders nog niet worden ingezien. Wel is bekend dat de uitbreiding bestaat uit drie lagen boven op de bestaande garage, een verlenging in zuidelijke richting en twee nieuwe bouwlagen op het bestaande maaiveld.² Voor deze uitbreiding komen de plekken op het huidige maaiveld te vervallen, alle 2200 plekken bevinden zich dan dus in de garage. In totaal zullen er 1154 extra parkeerplekken gerealiseerd moeten worden.

4.2.1 Gebruik en ligging

Forenzen vanaf de A20 vanuit Gouda en de A16 vanuit Dordrecht komen samen op de ring Rotterdam-oost, de parkeergarage ligt hier direct aan de snelweg (Zie figuur 4). Voor deze Forenzen is de P+R Kralingse Zoom de laatste mogelijkheid om te parkeren en dus het dichtstbijzijnde station tot het centrum van Rotterdam. Het is vanaf de P+R Kralingse Zoom nog acht minuten met de metro tot het centrum van de stad. Per dag maken ongeveer 12.000 reizigers gebruik van het OV bij het station Kralingse Zoom. Niet alleen automobilisten maar ook studenten en personen die op de Kralingse Zoom werken reizen via het station.



Figuur 4. Aanrijroute P+R Kralingse Zoom

² *Stadsregio Rotterdam*. (2010, 23 juni). Portefeuillehoudersoverleg Verkeer en Vervoer, vergadering 23 juni 2010. Herijking PenR uitvoeringsprogramma. Geraadpleegd op 16 februari 2015, van <http://stadsregio.nl/sites/stadsregio.nl/files/files/Agendastukken/ver%202010-06-23%2005%20herijking%20openr%20uitvoeringsprogramma.pdf>

4.2.2 Toekomst P+R Kralingse Zoom

Voordat de P+R garage wordt uitgebreid is het van belang om te weten of een uitbreiding daadwerkelijk nodig is. Tot december 2014 stond de garage iedere dag vol, maar sinds de invoering van het parkeerbedrag van €2,00 per dag vanaf 1 januari 2015 zijn de gebruikersaantallen afgenomen tot 70%. De P+R te Kralingse Zoom heeft echter wel de meeste potentie voor een uitbreiding, dit heeft een aantal hoofdoorzaken (Zie bijlage 1).

De Kralingse Zoom ligt op de ideale locatie, langs de snelweg en heeft een minimale reistijd naar het centrum van Rotterdam.

Er is een groei aan kantoren in het centrum van Rotterdam en op de Kop van Zuid. Wanneer deze groei zich doorzet zal de behoefte aan extra parkeerplekken toenemen. Wanneer de behoefte aan parkeerplekken in het centrum toeneemt zal hiermee ook de overlast van auto's toenemen in het centrum, daarnaast is er in het centrum niet overal plaats om meerdere parkeerplekken te realiseren, waardoor de vraag naar P+R plekken zal stijgen.

Sinds de invoering van het parkeertarief van €2,00 per dag zijn de gebruikersaantallen gedaald. Wanneer men toch met de auto de stad in gaat en daar parkeert zullen de kosten echter nog veel hoger zijn. Qua reistijd is de auto net iets sneller. De vraag blijft dan wel of die paar minuten een bedrag van minimaal €21,00 waard zijn. Ook is de vraag of de gemeente er goed aan heeft gedaan om het tarief van €2,00 in te voeren. Wanneer men juist in de binnenstad het parkeertarief verder had verhoogd in plaats van in een aantal P+R garages buiten de stad, wordt het juist aantrekkelijker om gebruik te maken van een P+R plek en wordt de parkeeroverlast in de stad verminderd.

Arbeiders die op dit moment nog gebruik maken van het gratis parkeren op Katendrecht zullen bij invoering van betaald parkeren ook op zoek gaan naar een goedkopere parkeermogelijkheid. Hiervoor zou de Kralingse Zoom een passende oplossing kunnen bieden.

Wanneer het stedenbouwkundig plan Brainpark centrum en de uitbreiding van de Erasmus universiteit uitgevoerd gaan worden, wordt de vraag naar parkeervoorzieningen in de nabije omgeving van de Kralingse Zoom ook groter. De Kralingse Zoom is voor reizigers naar deze bestemmingen een ideale locatie om te parkeren. Wanneer de kantoortorens op het maaiveld worden geplaatst zullen de huidige parkeerplekken op het maaiveld verdwijnen. Door de bestaande garage uit te breiden kunnen deze parkeerplekken worden vervangen. Reizigers met bestemming Kralingse Zoom zullen geen gebruik maken van het OV. Wanneer deze mensen gebruik maken van de P+R zal voor hen wel een speciale regeling getroffen moeten worden, zodat ook zij voor een gereduceerd tarief kunnen parkeren.

Tot slot is de gemeente Rotterdam bezig met het verder verbeteren van het OV-netwerk. Hoe beter dit netwerk wordt hoe aantrekkelijker het wordt om gebruik te maken van P+R garages.

Met het oog op de toekomst zal de uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom dus waarschijnlijk zijn. Omdat er meerdere factoren zijn die invloed hebben op het aantal parkeerplekken en deze factoren niet allemaal tegelijk van toepassing worden zou een uitbreiding in meerdere fases ideaal zijn. Zo kan er stukje voor stukje ingespeeld worden op de extra vraag naar P+R plekken op de Kralingse Zoom. Het is van belang dat de gemeente Rotterdam het gebruik van P+R parkeren dan wel extra gaat promoten, zodat iedereen bekend is met dit principe en er bij de gebruikers bekend is wat de voordelen zijn in vergelijking met parkeren in de stad.

5 Huidige situatie

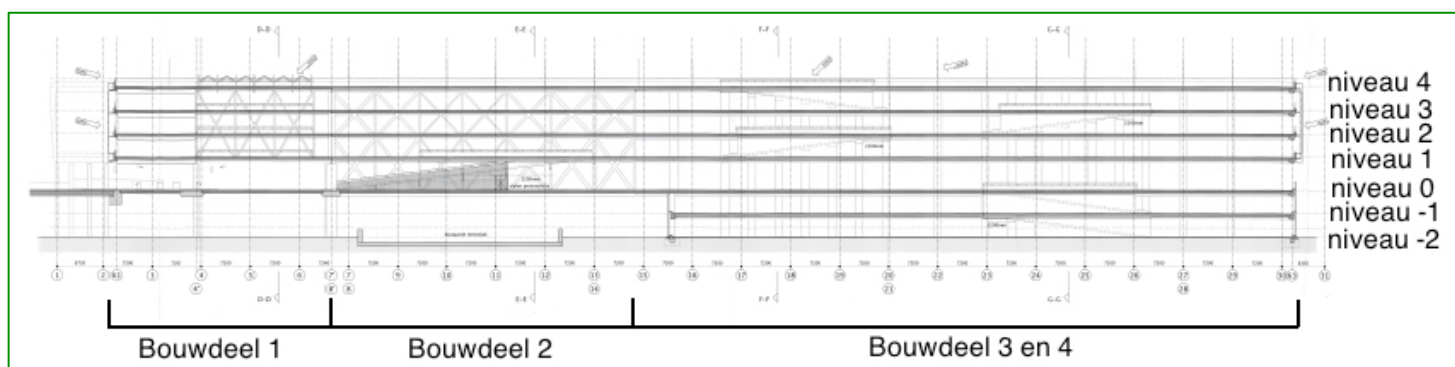
In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de huidige situatie van de P+R Kralingse Zoom. Er wordt gekeken naar de opbouw van de garage en de omgeving om te kunnen bepalen in welke richtingen de garage uitgebreid kan worden.

5.1 Opbouw Kralingse Zoom

De P+R Kralingse Zoom is opgedeeld in vier bouwdelen, bouwdeel 1 en 2 bestaan uit in het werk gestorte kolommen met daarboven staal en bouwdeel 3 en 4 bestaan uit prefab beton. De vloeren in het gebouw bestaan uit kanaalplaat met een druklaag van minimaal 70mm.

Er is toentertijd voor verschillende constructies gekozen in verband met de uitvoering. Bouwdeel 2 van de garage loopt boven de metrolijn en het station Kralingse Zoom. Om de metro zo kort mogelijk te hinderen is de constructie boven de metro uitgevoerd in een prefab stalen constructie die binnen drie weken is geplaatst. Onder bouwdeel 1 moet in de toekomst de bus komen te rijden dus ook hier worden, net als boven de metro, op de onderste twee lagen geen parkeerplekken gerealiseerd.

De doelgroepenstrook sluit aan het op stalen deel waar de gebruikers binnenrijden op de tweede verdieping, deze verdieping wordt niveau 0 genoemd. In bouwdeel 3 en 4 wordt wel op het huidige maaiveld en de verdieping daarboven geparkeerd. Deze verdiepingen worden aangeduid met niveau -1 en -2 (Zie figuur 5).



Figuur 5. Nummering bouwdelen en niveaus

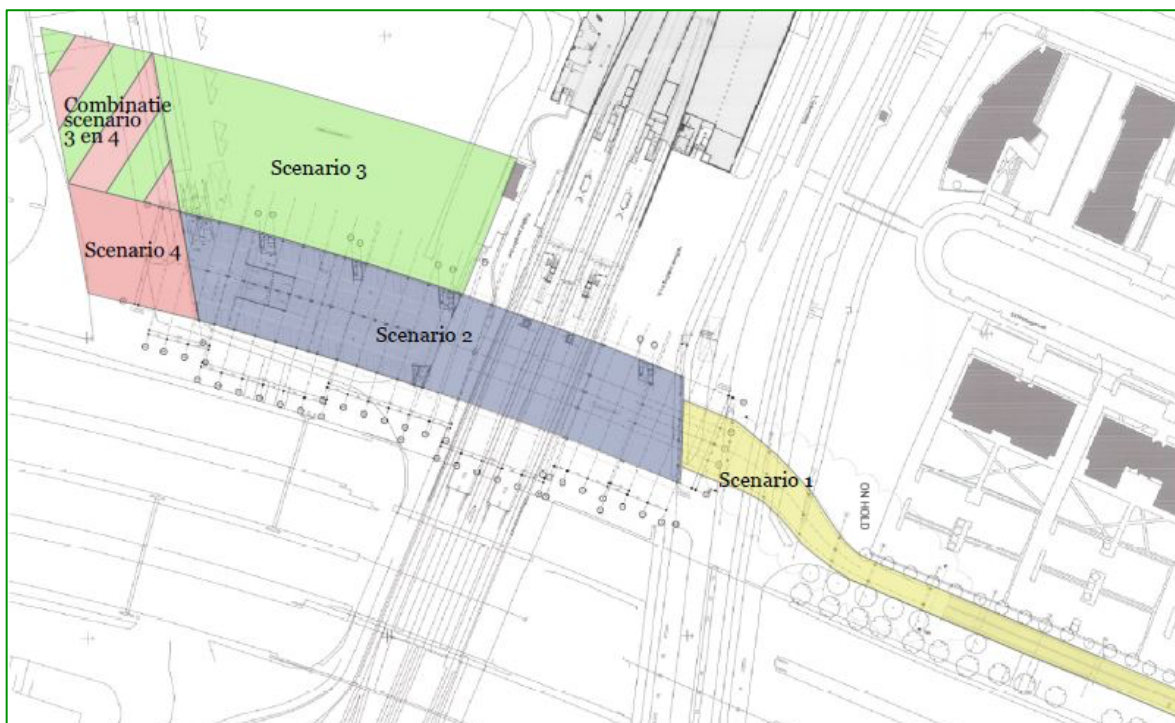
5.2 Uitbreidingsmogelijkheden

De P+R garage ligt direct aan de snelweg A16 in het deelgebied Kralingse Zoom van de gemeente Rotterdam. De garage wordt omringd door verschillende bebouwing die invloed heeft op een mogelijke uitbreiding van de garage. Om de garage uit te breiden dient er rekening gehouden te worden met het bestemmingsplan deelgebied Kralingse Zoom, de toekomstvisie van het deelgebied en het bestaande programma van eisen.

Uit het onderzoek 'huidige situatie' (Zie bijlage 2) komt naar voren dat er niet uitgebreid kan worden buiten de perceelgrenzen, omdat men dan te maken heeft met een ander bestemmingsplan. Er wordt niet dusdanig ver uitgebreid dat de uitbreiding van de garage voor belemmering van het stedenbouwkundig plan Brainpark centrum zorgt. Wanneer er in westelijke richting wordt uitgebreid dient rekening gehouden te worden met een nieuw te vormen maaiveld op niveau 0 en er wordt niet uitgebreid in de richting van de snelweg.

Ruimtelijk gezien blijven er vier uitbreidingsscenario's over (Zie figuur 6), elk van deze scenario's heeft zijn consequenties voor de uitbreiding en het omliggende gebied. In deze scenario's zijn alle eisen meegenomen en wordt onderscheid gemaakt of een uitbreiding binnen of buiten het bestaande bestemmingsplan valt. Daarnaast wordt aangegeven of het

reëel is om een uitbreiding buiten het bestemmingsplan te ontwerpen, dit heeft voornamelijk te maken met het deelgebied van het bestemmingsplan waarin een uitbreiding terecht komt.



Figuur 6. Uitbreidingsscenario's

5.2.1 Scenario 1; Boven doelgroepenstrook

In scenario 1 wordt ingegaan op een uitbreiding boven de bestaande doelgroepenstrook. Voor dit scenario moet het bestemmingsplan aangepast worden, omdat er op dit moment een maximale bouwhoogte van zes meter wordt aangegeven. De huidige aansluiting van de doelgroepenstrook op de P+R ligt op 5,5 meter hoogte, dus om voldoende vrije hoogte in de rijbaan te houden is het onmogelijk om onder de zes meter bouwhoogte te blijven.

Daarnaast wordt een deelgebied met bestemming 'groenaanleg' gebruikt om op te bouwen. Omdat vanuit de afdeling bouwvergunning wordt aangegeven dat een aanpassing aan het bestemmingsplan voor dit deelgebied nauwelijks wordt goedgekeurd valt deze mogelijkheid af voor een uitbreiding van de garage.

5.2.2 Scenario 2; Verticale uitbreiding

Scenario 2 bestaat uit een uitbreiding in verticale richting boven op de bestaande garage. Wanneer uitbreiding in deze richting plaats vindt moet het bestemmingsplan aangepast worden omdat deze uitbreiding binnen een deelgebied valt waar reeds hoogbouw is, is de kans dat uitbreiding in deze richting wordt goedgekeurd redelijk groot. Er zal dan wel aangetoond moeten worden dat een uitbreiding noodzakelijk is. Dat uitbreiding een toegevoegde waarde heeft wordt aangetoond in het onderzoek 'P+R beleid' (Zie hoofdstuk 4.2.2).

5.2.3 Scenario 3; Op bestaand maaiveld

Bij scenario 3 wordt er uitgebreid in de richting van de straat Kralingse Zoom op het bestaande maaiveld met een maximum lengte van 30 meter. In dit scenario moet rekening gehouden worden met een nieuw maaiveld dat op niveau 0 moet ontstaan volgens de toekomstvisie van de Kralingse Zoom bij uitbreiding van de garage in deze richting. Uitbreiding kan hier dus op meerdere manieren, bijvoorbeeld door het aanhangen van een constructie op hogere verdiepingen, door uitbreiding op niveau -1 en -2 of door een combinatie van voorgaande mogelijkheden.

Wanneer de nieuwe situatie niet hoger wordt dan 23 meter is het niet nodig het bestaande bestemmingsplan te wijzigen. Wordt de uitbreiding wel meer dan 23 meter hoog dan is dit wel het geval.

5.2.4 Scenario 4; Verlengen garage

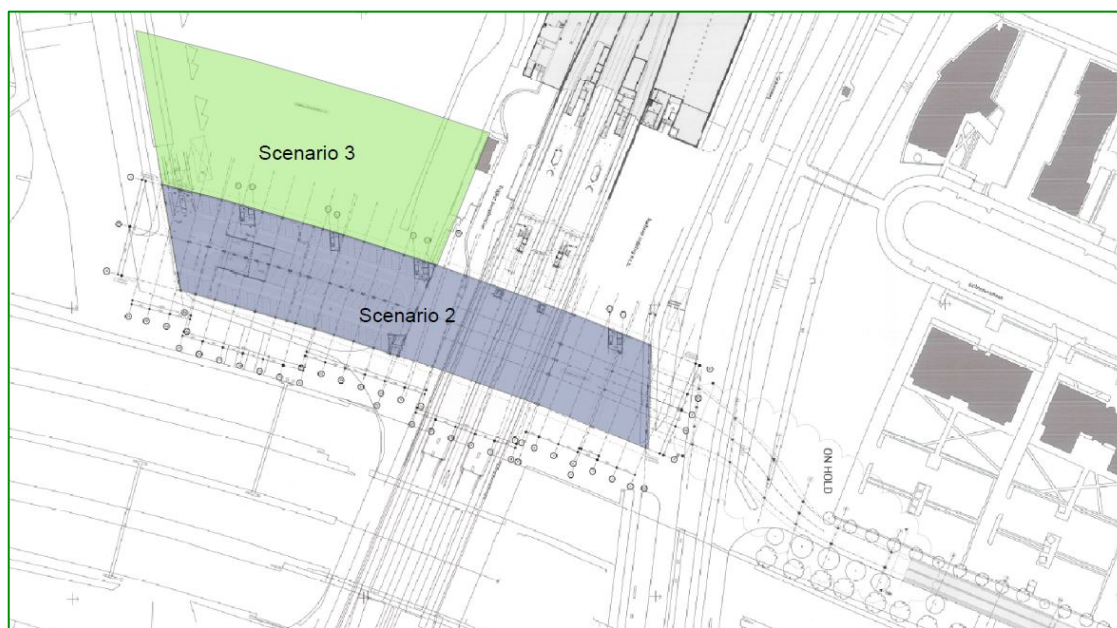
In scenario 4 wordt de bestaande garage uitgebreid in zuidelijke richting, oftewel verlengd. In geval van deze uitbreiding wordt gebruik gemaakt van een stuk gebied dat in het bestemmingsplan de functie 'groenaanleg' heeft. Wanneer er in deze richting uitgebreid wordt, moet er een aanpassing aan het bestemmingsplan gedaan worden. Ook hier geldt dat een aanpassing in het bestemmingsplan waarschijnlijk niet wordt goedgekeurd. Een uitbreiding in deze richting zal dus niet verder worden uitgewerkt.

5.2.5 Combinatie scenario's

Naast de keuze voor één van de scenario's is het mogelijk om verschillende scenario's te combineren. Hiervoor gelden dezelfde aspecten als voor de verschillende scenario's op zich.

5.2.6 Conclusie scenario's

Aan de hand van de ruimtelijke uitbreidingsrichtingen en de mogelijkheden tot het aanpassen van het bestaande bestemmingsplan blijven er twee uitbreidingsrichtingen over, namelijk uitbreiding in verticale richting boven op de bestaande garage en uitbreiding in de richting van de Kralingse Zoom, scenario 2 en 3 (Zie figuur 7).



Figuur 7. Conclusie scenario's

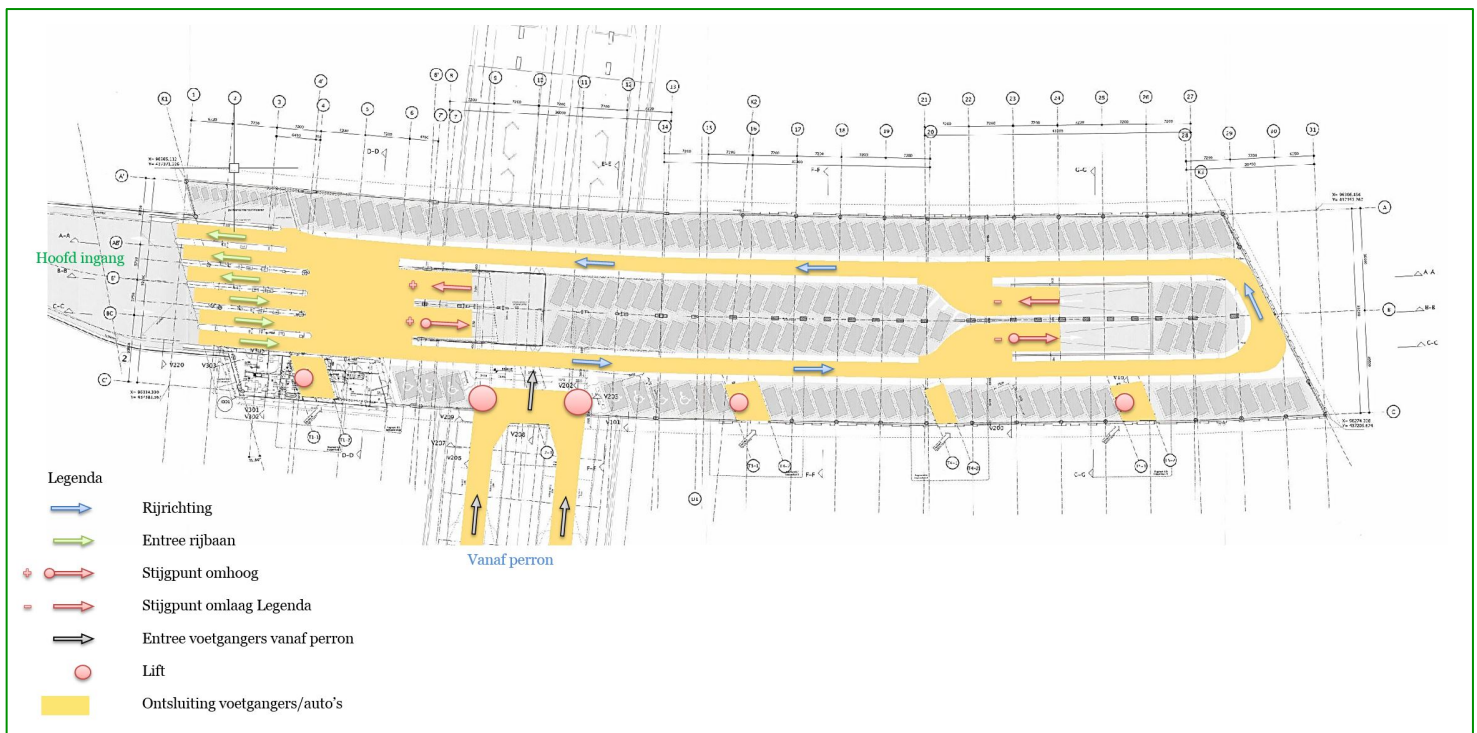
In eerste instantie wordt gekeken naar scenario 2, een ontwerp in verticale richting. Met deze uitbreiding wordt het bestaande gebouw optimaal benut en is het niet nodig extra grond te gebruiken, hoeft er geen nieuwe fundering gerealiseerd te worden en kan de bestaande routing binnen het gebouw doorgezet worden.

Om het totaal van 2200 parkeerplekken te realiseren zijn in totaal nog 1154 parkeerplekken extra nodig (Zie hoofdstuk 4.2). Per hele verdieping zijn er op dit moment 175 parkeerplekken, wat neerkomt op zeven extra verdiepingen. Uit oogpunt van het nieuwe maaiveld op niveau 0, komen de parkeerplekken op dit niveau te vervallen, waardoor er dus acht extra parkeerlagen nodig zijn om het totaal van 2200 plekken te realiseren. Wanneer dit aantal extra parkeerlagen niet haalbaar is kan er verder uitgebreid worden volgens scenario 3. Deze uitbreiding valt echter buiten de afbakening van dit onderzoek.

5.3 Ruimtelijke situatie garage

Bij het uitbreiden van de P+R garage is niet alleen de ruimtelijke situatie van belang, maar speelt de organisatie binnen de garage ook een rol. Om zo min mogelijk aanpassingen te hoeven doen aan de bestaande garage moet een uitbreiding goed aansluiten op de bestaande garage. Bij uitbreiding moet rekening worden gehouden met het behouden van de huidige routing binnen de garage, dit geldt zowel voor de voetgangers als voor automobilisten (Zie figuur 8). Een uitbreiding van de garage moet aansluiten op deze routing, zodat er zo min mogelijk parkeerplaatsen verloren gaan. De bestaande doelgroepenstrook blijft de hoofdentree van de garage en er zal een secundaire entree moeten blijven bestaan voor noodgevallen.

De bestaande trappenhuizen zijn gerealiseerd in de westgevel van de garage, deze trappenhuizen blijven bestaan. Indien nodig worden er extra trappenhuizen toegevoegd, zodat de vluchtroute binnen de garage altijd minder bedraagt dan de 35 meter die nu maximaal is. De huidige gevel van de garage is een op zichzelf staande constructie, bij uitbreiding wordt deze zoveel mogelijk intact gehouden.



Figuur 8. Hoofdontsluiting niveau o

6 Restcapaciteit

Wanneer de garage wordt uitgebreid heeft dit invloed op zowel de restcapaciteit van de normaalkracht als op de stabiliteit, omdat de uitbreiding van de garage zorgt voor normaal- en dwarskracht. Deze krachten worden via de bestaande constructie afgedragen op de fundering. De nieuwe krachten op de fundering kunnen een nieuwe druk- of trekkracht veroorzaken. Deze nieuwe kracht op de fundering wordt getoetst aan de hand van de maximale druk- of trekkracht die de palen op kunnen nemen. In bijlage 3 is het totale onderzoek naar de restcapaciteit van de bestaande garage toegevoegd.

Om de huidige krachten in de garage te achterhalen en de restcapaciteiten te bepalen is gebruik gemaakt van verschillende documenten uit het bestaande constructierapport van Ballast Nedam. Deze documenten zijn opgesomd in de literatuurlijst, waar precies wordt aangegeven waar de gebruikte getallen van Ballast Nedam zijn terug te vinden.

6.1 Restcapaciteit normaalkracht

In totaal zijn er 77 steunpunten in de bestaande constructie waarop verder gebouwd kan worden. Elk van deze steunpunten staat direct boven een funderingspoer die een bepaalde restcapaciteit heeft. Om duidelijkheid te creëren zijn de steunpunten genummerd (Zie figuur 10).

6.1.1 Berekeningsmethode

Omdat de garage is ontworpen om later uit te breiden met een tweede fase van drie verdiepingen kan het gewicht van deze drie verdiepingen gebruikt worden voor het ontwerp van een nieuwe uitbreiding. Samen met de restcapaciteit in de fundering vormen deze restcapaciteiten het totaal aan normaalkracht dat per steunpunt aan de bestaande constructie kan worden toegevoegd.

Naast de restcapaciteit in de fundering is ook bepaald wat de maximaal opneembare normaalkracht in de kolommen is. Wanneer de restcapaciteit in de fundering groter wordt dan de normaalkracht die de kolom kan opnemen, wordt de maximaal opneembare normaalkracht van de kolom maatgevend.

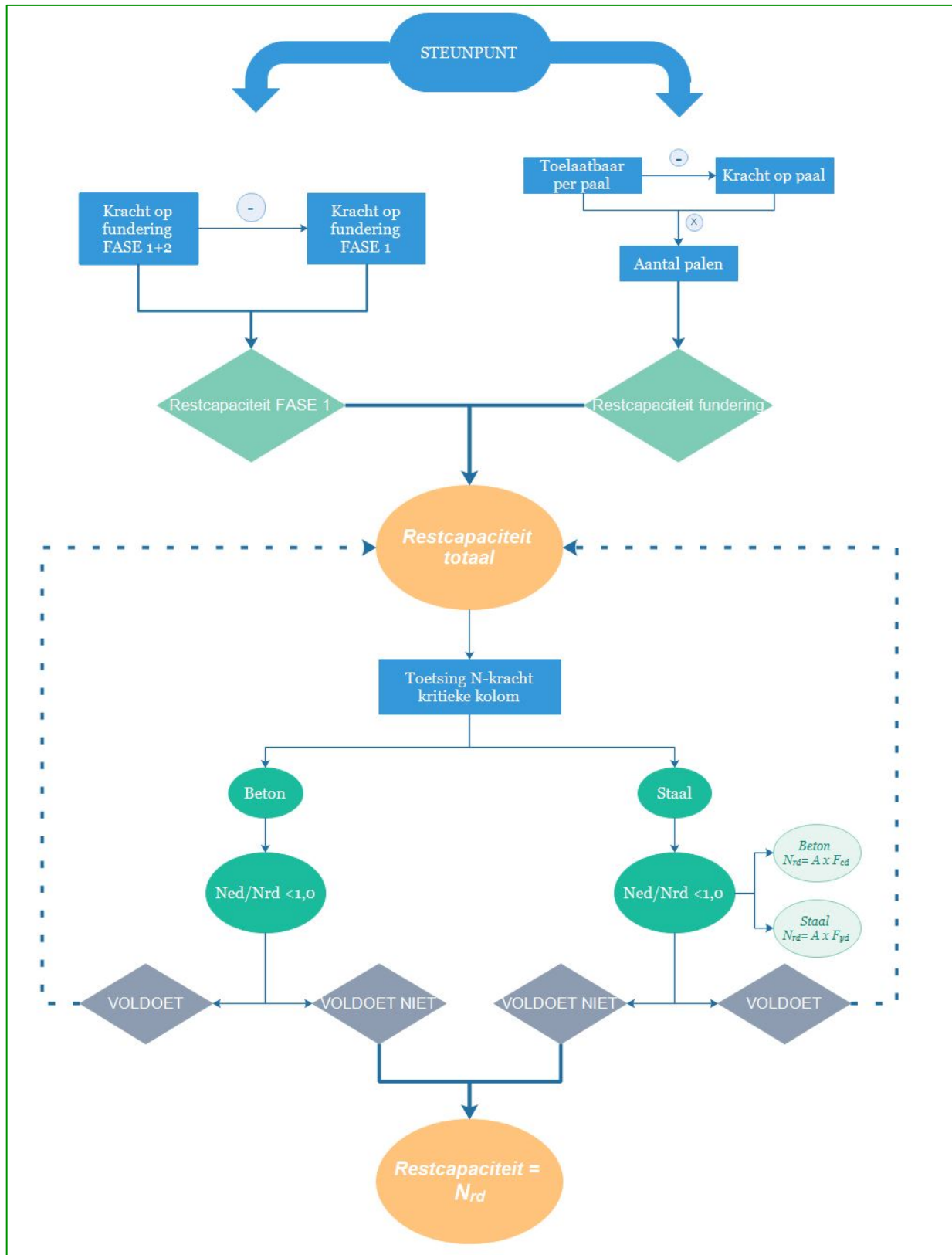
Om de restcapaciteit te berekenen is een stroomschema opgesteld. Wanneer men in de toekomst de restcapaciteit van de normaalkracht van een bestaande parkeergarage wil berekenen kan men dat doen door dit schema te volgen (Zie figuur 9). Dit stroomschema is gebruikt voor elk steunpunt waar in de toekomst op verder gebouwd kan worden.

6.1.2 Resultaten

Uit de berekening van de restcapaciteit van de normaalkracht blijkt dat er grote verschillen zijn in de restcapaciteit van de verschillende steunpunten waarop verder gebouwd kan worden. Opvallend is dat steunpunt 7 meer oppervlakte moet dragen dan steunpunt 11, terwijl steunpunt 7 een stuk minder restcapaciteit heeft.

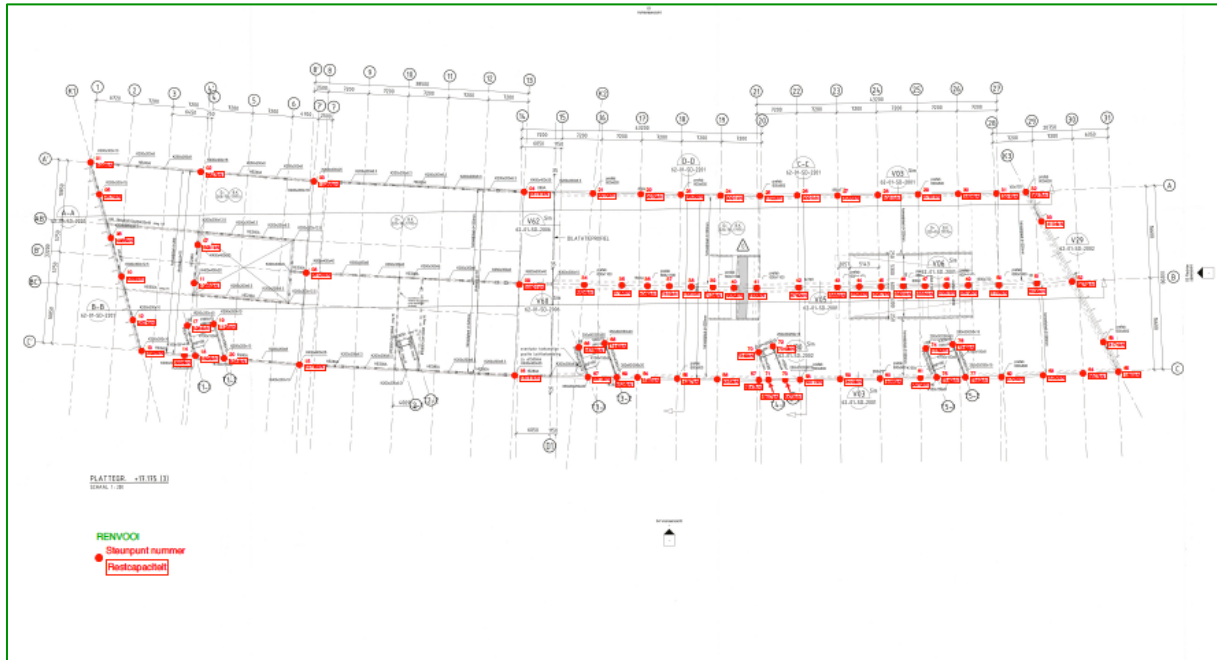
In bouwdeel 3 en 4 zitten grote verschillen in de restcapaciteit in as B. De grootste restcapaciteit hier bedraagt 9979kN, terwijl de kleinste restcapaciteit 3483kN op kan nemen. In het vervolg van het onderzoek moet hier rekening mee gehouden worden, zodat de verticale uitbreiding van het gebouw geoptimaliseerd wordt.

De restcapaciteiten van alle 77 steunpunten zijn weergegeven in figuur 10.



Figuur 9. Stroomschema berekening restcapaciteit normaalkracht

Op deze bladzijde moet de kaart met steunpuntsnummers en restcapaciteit op A3

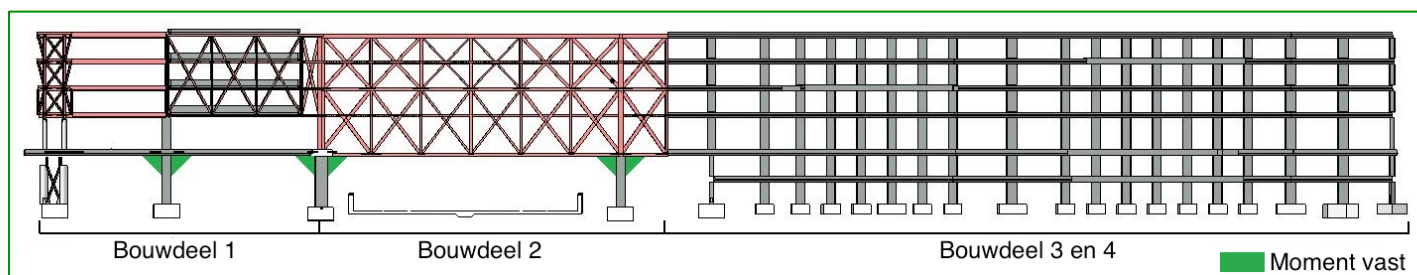


Figuur 10. afbeelding

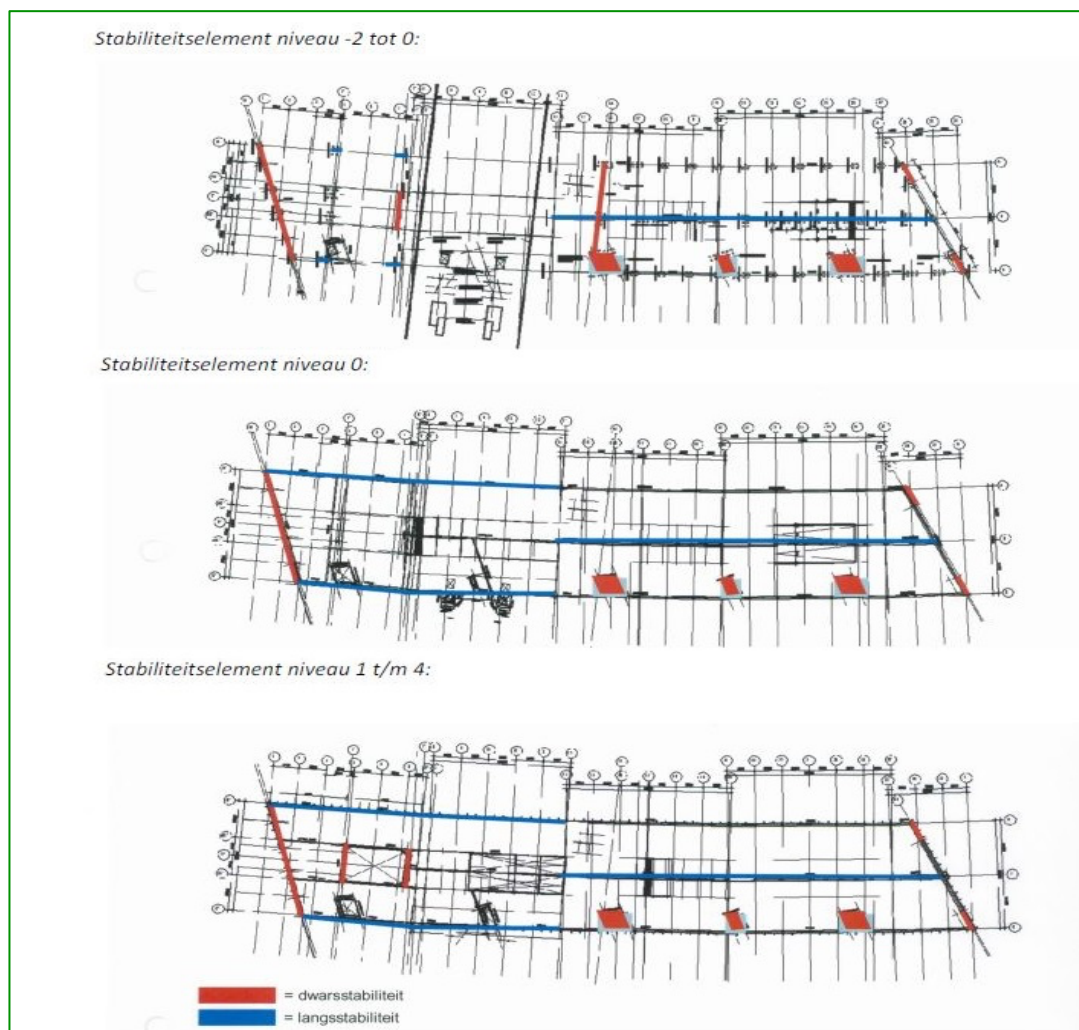
6.2 Restcapaciteit stabiliteit

De stabiliteit van het gebouw wordt op verschillende manieren gewaarborgd. In bouwdeel 1 bestaat niveau 0 t/m 4 uit een stalen constructie met diagonalen om de horizontale krachten af te dragen. Op as A, B en C in bouwdeel 2 wordt gebruik gemaakt van grote vakwerken waaronder in het werk gestorte kolommen staan die moment vast zijn verbonden aan de staalconstructie. Deze kolommen moeten alle krachten naar de fundering overbrengen.

Bouwdeel 3 en 4 bestaan uit prefab beton waarin de stabiliteit in de dwarsrichting wordt verzorgd door diagonalen in de trappenhuisen en in de gevel. De stabiliteit in de langs richting wordt verzorgd door de moment vaste verbindingen tussen de kolommen en liggers in as B. Deze kolommen en liggers werken als het ware als een stabiliteitswand (Zie figuur 11 en 12). De horizontale stabiliteit wordt door een druklaag over de gehele verdieping verzorgd.



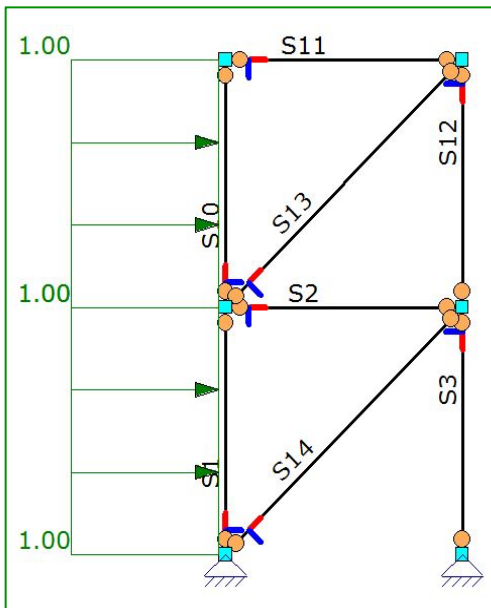
Figuur 11, Doorsnede as B



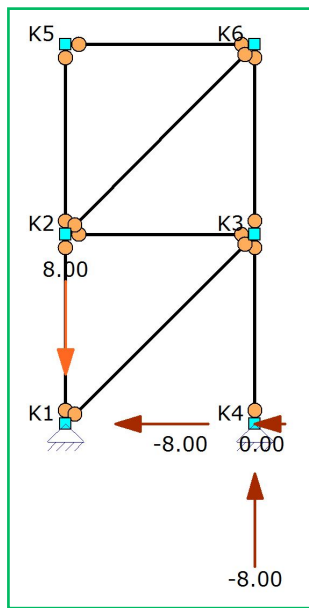
Figuur 12, Plattegrond stabiliteitsvoorzieningen

6.2.1 Invloed op bestaande constructie

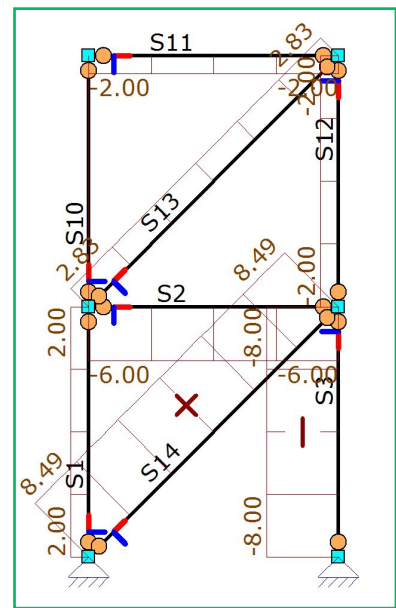
Een uitbreiding kan op verschillende manieren op een bestaande constructie bevestigd worden. Deze bevestigingsmethoden oefenen elk verschillende krachten uit op de bestaande constructie. Om te bepalen hoe een uitbreiding invloed heeft op de bestaande constructie is een matrixstudie gedaan. Hiervoor is een vereenvoudigd model gemaakt, wat los staat van de Kralingse Zoom, waarmee is bepaald wat de invloed van een extra verdieping is. Voor een uitbreiding wordt gebruik gemaakt van een scharnierende oplegging, omdat deze in de praktijk makkelijker te realiseren is dan een moment vaste verbinding (Zie figuur 13 t/m 15).



Figuur 13. Invoer windbelasting



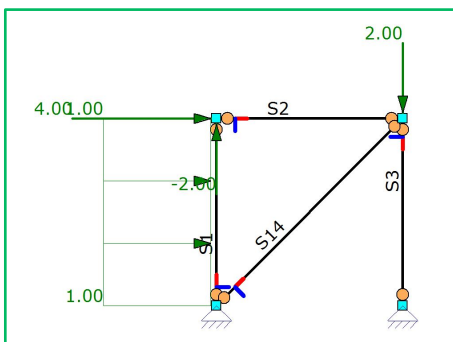
Figuur 14. Reactiekrachten



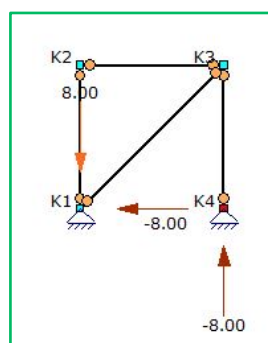
Figuur 15. Normaalkrachten

Uit deze studie blijkt dat een uitbreiding op de bestaande garage zorgt voor een dwarskracht en een normaalkracht op de bestaande steunpunten. Voor de stabiliteit is het van belang hoeveel extra kracht de bestaande stabiliteitsvoorzieningen af kunnen dragen naar de fundering.

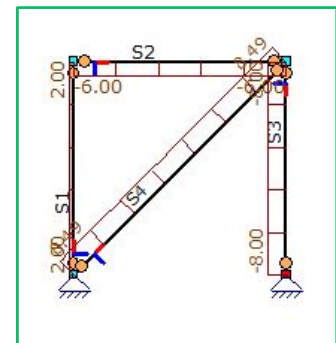
In figuur 16 t/m 18 is een nieuwe schematisering van de bestaande constructie weergegeven. Hierin zijn de belastingen van de extra constructie vervangen door puntlasten op de bestaande constructie, waardoor de normaalkrachten en reactiekrachten gelijk blijven. Aan de hand van dit principe worden de krachten die ontstaan als gevolg van de uitbreiding van de garage op de bestaande garage geschematiseerd.



Figuur 16. Invoer puntlasten extra verdieping



Figuur 17. Reactiekrachten



Figuur 18. Normaalkrachten

6.2.2 Berekeningsmethode

Voor het bepalen van de restcapaciteit in de stabiliteitsvoorzieningen is een stroomschema opgesteld (Zie figuur 19). Dit stroomschema is gebruikt om voor ieder element te bepalen hoeveel extra stabiliteit er opgenomen kan worden. Hierin is onderscheid gemaakt tussen de diagonalen en de kolommen in het gebouw. In deze berekening wordt geen rekening gehouden met een mogelijk optredend 2^e orde effect.

Diagonalen

De restcapaciteit voor de diagonalen wordt bepaald aan de hoeveelheid kracht die in de bestaande situatie maximaal in de diagonalen optreedt en de hoeveelheid kracht die de diagonalen maximaal kunnen hebben. Het verschil tussen deze uitkomsten is de hoeveelheid kracht die extra op de diagonalen uitgeoefend kan worden.

Kolommen

Voor de huidige dwarskracht op de kolommen geldt dat deze is af te lezen in het bestaande constructierapport van Ballast Nedam. De maximaal toelaatbare dwarskracht dient te worden berekend aan de hand van de dwarskracht die het beton op kan nemen en de hoeveelheid beugels die de kolom bevat.

Door het toevoegen van een extra constructie ontstaat extra windbelasting, waardoor de dwarskracht toeneemt. De bestaande kolommen hebben beugelwapening waar nog restcapaciteit in zit. Deze restcapaciteit is bepalend voor de hoeveelheid extra dwarskracht die nog opgenomen kan worden.

6.2.3 Resultaten

Opvallend is dat de diagonalen in trappenhuis T3 groter zijn uitgevoerd dan de diagonalen in de overige trappenhuisen, de restcapaciteit in trappenhuis T3 is ook groter dan in de overige trappenhuisen. Dit heeft te maken met de hoeveelheid (wind)belasting die dit trappenhuis op moet nemen en is gunstig voor een uitbreiding in verticale richting, omdat hier grote krachten op zullen treden als gevolg van de windbelasting.

De prefab betonnen kolommen in as B hebben verschillende afmetingen en restcapaciteiten die tussen de 136kN en de 779kN liggen. Voor het uitbreiden van de garage in verticale richting moet hier rekening mee gehouden worden, om de garage optimaal uit te breiden.



7 Uitbreidingssystemen

Aan de hand van bestaande garages is onderzoek gedaan naar verschillende systemen die worden gebruikt om garages te bouwen (Zie bijlage 4). Het onderzoek gaat in op zes verschillende type garages, waarbij onderscheid is gemaakt tussen het skelet dat bestaat uit liggers en kolommen en de vloeren. De volgende zes type garages zijn onderzocht:

- Prefab beton met kanaalplaatvloer
- Prefab beton met TT-plaatvloer
- IHWG beton met bollenplaatvloer
- Staal met staalplaatbetonvloer
- Staal met composietvloer
- Staal met TT-plaatvloer

De verschillende typen skelet en typen vloeren zijn onderzocht op verschillende punten. De belangrijkste punten die voor de uitbreiding van de Kralingse Zoom aan de orde zijn, zijn het gewicht, de overspanningsmogelijkheden, de bouwtijd en de demontabelheid van de materialen. Deze aspecten zijn van belang, omdat er sprake is van een bestaande garage die verder wordt uitgebreid.

Het gewicht van de nieuwe constructie moet gedragen worden door de bestaande garage, hoe lichter de constructie hoe meer lagen er qua normaalkracht opgebouwd kunnen worden. De overspanning van de constructie is van belang met betrekking tot de overspanningen tussen de steunpunten in het bestaande gebouw, deze overspanning moet gemaakt kunnen worden door de nieuwe constructie. De bouwtijd is van belang zodat de bestaande garage zo min mogelijk overlast heeft van de uitbreiding. Door een korte bouwtijd wordt de overlast beperkt voor de gebruikers van de garage en voor het gebruik van de metrolijn.

Omdat de parkeerbehoefte niet in één keer zal stijgen naar 2200 plekken, heeft een demontabel systeem de voorkeur. Wanneer in de toekomst blijkt dat er te veel is uitgebreid, is het mogelijk de garage te demonteren en de constructieonderdelen op een andere plaats her te gebruiken.

Aan de hand van dit onderzoek is onderstaande matrix opgesteld. Per systeem worden punten toegekend van 1 t/m 5, waarin 1 het minst goed is en 5 het beste. Wanneer één of meerdere systemen gelijk zijn krijgen deze hetzelfde aantal punten toegekend. De bepaling van de toegekende punten is uitgewerkt in bijlage 4.

Tabel 1, Matrix vloersystemen

Vloersysteem	Kanaalplaat	TT-plaat	Bollenplaat	Staalplaatbeton	Composiet
Gewicht	4	1	3	2	5
Overspanning	3	4	2	1	4
Bouwtijd	2	2	1	1	3
Demontabelheid	2	2	1	1	2
Totaal	11	9	7	5	14

Tabel 2, Matrix Skeletsystemen

Skeletsysteem	Prefab beton	IHWG beton	Staal
Gewicht	1	1	2
Overspanning	2	1	3
Bouwtijd	2	1	2
Demontabelheid	1	1	2
Totaal	6	4	9

In bouwdeel 1 en 2 van de P+R Kralingse Zoom kan gebruik gemaakt worden van een stalen skelet, omdat het niet gebruikelijk is een betonnen constructie op een stalen constructie toe te passen. Daarnaast is het niet mogelijk om binnen normale proporties een overspanning van 38,5 meter met beton te maken die nodig is voor de overspanning van de metrolijn.

In combinatie met een stalen skelet is het mogelijk gebruik te maken van TT-plaatvloeren, kanaalplaatvloeren en van composiet vloeren. TT-plaatvloeren zijn in vergelijking met de andere type vele malen zwaarder waardoor deze ongeschikt zijn voor uitbreiding boven op de bestaande garage in verband met de restcapaciteit waar rekening mee gehouden moet worden.

Uit de matrix kan worden opgemaakt dat het meest geschikte systeem een stalen skelet is met een vloer van composiet (Zie figuur 20). Omdat voor composiet nog geen dergelijk grote overspanningen zijn toegepast in de bouwkundige sector en omdat kanaalplaat een toegankelijk lichtgewicht systeem is dat in de bouwkundige sector wel veel wordt toegepast worden deze beide bekeken voor de uitbreiding van de Kralingse Zoom. Door beide systemen uit te werken voor de Kralingse Zoom heeft de opdrachtgever de keuze of hij gebruik wil maken voor een voor gebouwen vernieuwend materiaal of gebruik wil maken van een bekend systeem.



Figuur 20, Composiet parkeergarage Purmerend. (Bron: PARK4ALL bv)

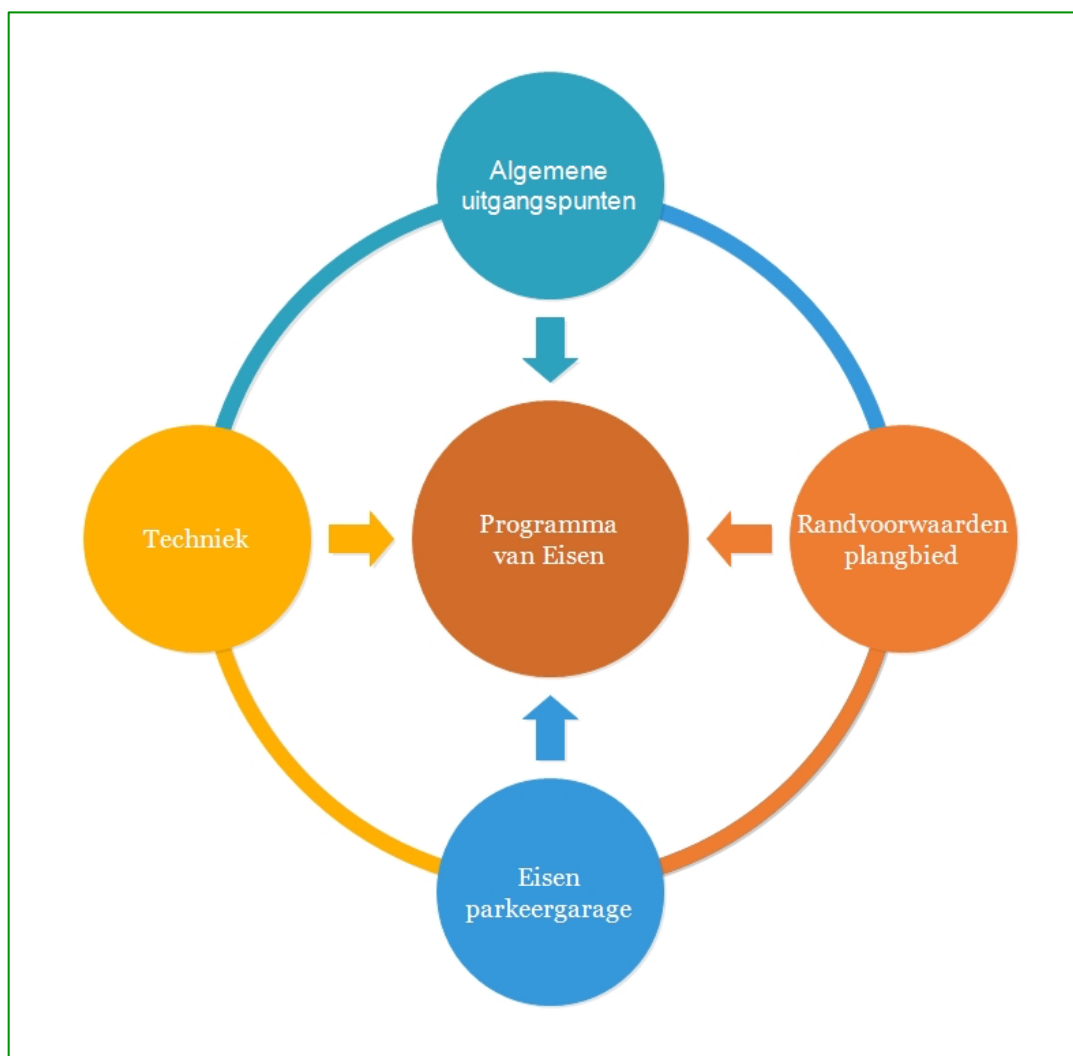
8 Programma van eisen

Aan de hand van de gedane onderzoeken is een programma van eisen opgesteld voor de uitbreiding van de Kralingse Zoom. Naast deze eisen gelden ook de eisen uit het bestaande programma van eisen van de bestaande garage.

Het programma gaat in op verschillende aspecten die van belang zijn voor de uitbreiding van de garage. De onderdelen die in het programma naar voren komen zijn de algemene uitgangspunten, randvoorwaarden plangebied, eisen parkeergarage en de techniek (Zie figuur 21).

In dit programma van eisen is geen rekening gehouden met de brandeisen van de constructie. Voor een dergelijk groot gebouw is dit niet haalbaar om mee te nemen in dit rapport. Wanneer de uitbreiding daadwerkelijk wordt gerealiseerd moet dit nog getoetst worden.

Het programma van eisen wordt gebruikt om schetsontwerpen te maken voor de uitbreiding van de garage in beide uitbreidingssystemen. De systemen die verder worden uitgewerkt kunnen achteraf weer aan het programma van eisen worden getoetst. Het hele programma van eisen is meegeleverd in bijlage 5.



Figuur 21. Opbouw programma van eisen

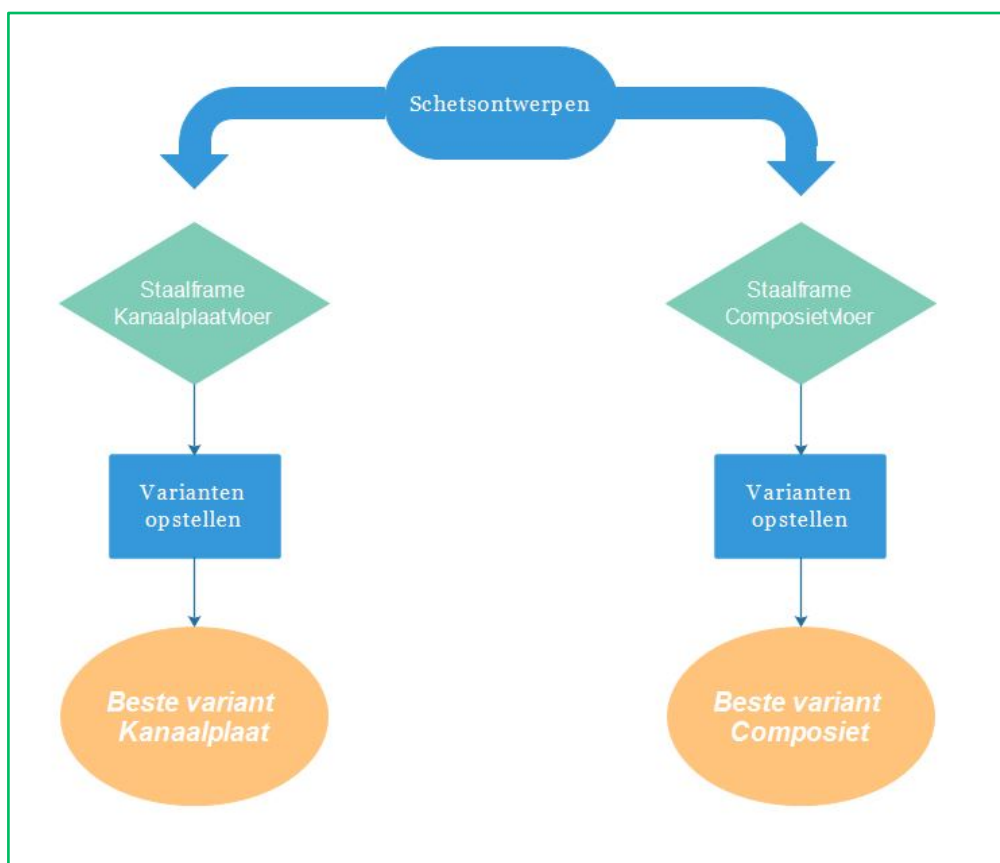
9 Schetsontwerpen

In eerste instantie is alleen gekeken naar een uitbreiding in de hoogte. Wanneer het haalbaar is om 1154 extra parkeerplaatsen te realiseren met een uitbreiding in de hoogte, is het niet nodig de garage in andere richtingen uit te breiden. Wanneer het niet mogelijk is voldoende plekken met uitbreiding in de hoogte te creëren, kan er uitgebreid worden in westelijke richting op het bestaande maaiveld.

Voor zowel een uitbreiding in staal met kanaalplaat als voor een uitbreiding in staal met composietvloeren zijn verschillende schetsontwerpen gemaakt en is per systeem de beste variant gekozen (zie figuur 22). Hierbij is rekening gehouden met de overspanningsmogelijkheden van de vloeren en de overspanningsmogelijkheden van de staalconstructie. Om zoveel mogelijk verdiepingen bovenop de bestaande constructie te bouwen is het van belang dat er zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van de bestaande steunpunten. Dit is één van de uitgangspunten voor het schetsontwerp.

Voor het berekenen van de vloeren en liggers wordt de maatgevende overspanning genomen. Om een vergelijking in gewicht te kunnen maken is uitgegaan van een steunpunt waarop de hoeveelheid normaalkracht per ontwerp is berekend. Op deze manier kan globaal bepaald worden wat het maximaal aantal op te bouwen verdiepingen is. In het hoofdstuk 'voorlopig ontwerp' wordt de beste variant voor composiet en kanaalplaat verder in een 3d model uitgewerkt en wordt het precieze aantal op te bouwen verdieping bepaald aan de hand van de normaalkracht en de stabiliteit.

In bijlage 6 zijn de verschillende schetsontwerpen toegevoegd, hierin is onderscheid gemaakt tussen de vloeren in kanaalplaat en de vloeren in composiet.

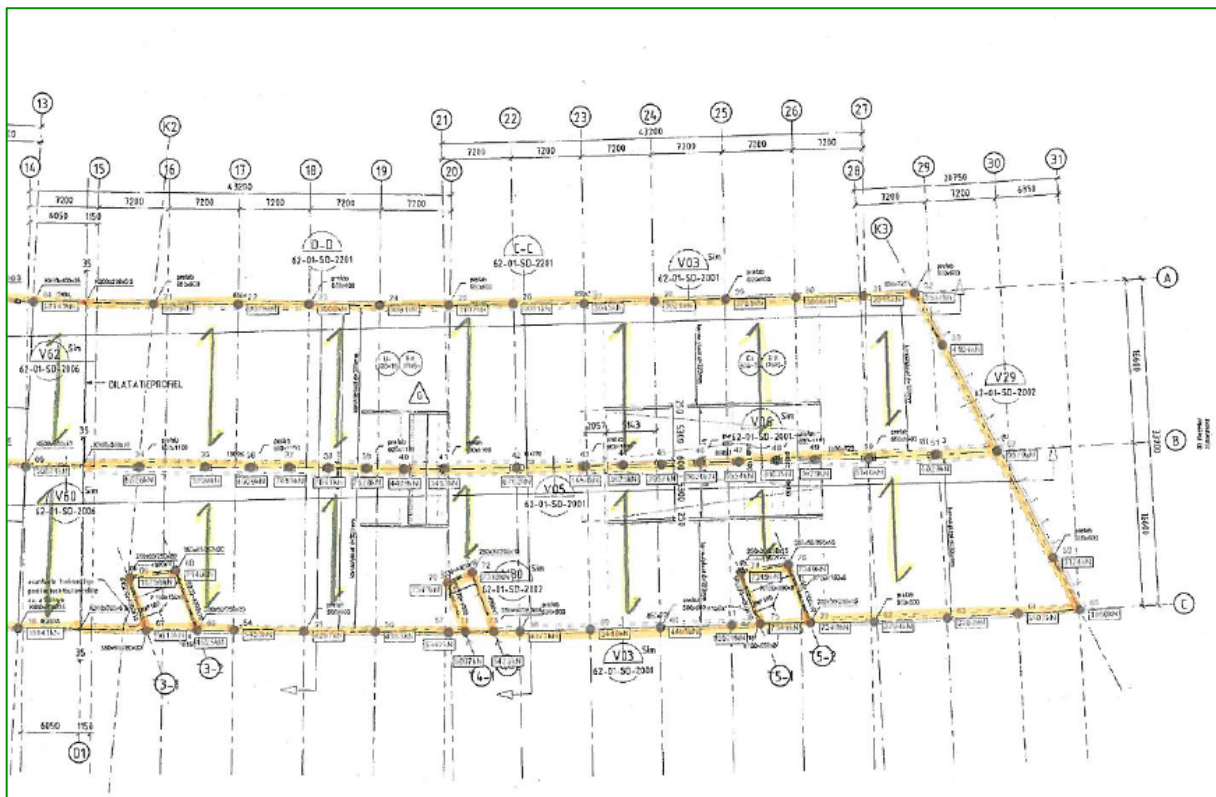


Figuur 22. Methode schetsontwerpen

9.1 Kanaalplaat

Voor kanaalplaat blijkt de eerste variant de beste oplossing. De vloeren overspannen hier in één keer, waardoor er geen secundair staal nodig is (Zie figuur 23). In de andere ontwerpvarianten worden de ligger afmeting erg groot, waardoor het niet reëel blijkt om deze verder uit te werken. Daarnaast is de eerste variant gebaseerd op de bestaande situatie, waarin de kanaalplaatvloeren in één keer overspannen tussen de hoofdliggers op de langsassen.

De maximale overspanning die moet worden gemaakt bedraagt 16,6 meter, hiervoor wordt gebruik gemaakt van een kanaalplaat 400 vloer. Om gewicht te besparen kan er in plaats van een druklaag gebruik gemaakt worden van hamerkopslagen, die zorgen voor de schijfwerking tussen de platen. Uit de berekening voor de maatgevende ligger blijkt hier een IPE600 ligger nodig te zijn. Deze maten worden in latere instantie, wanneer de uitbreiding bekend is verder uitgewerkt.



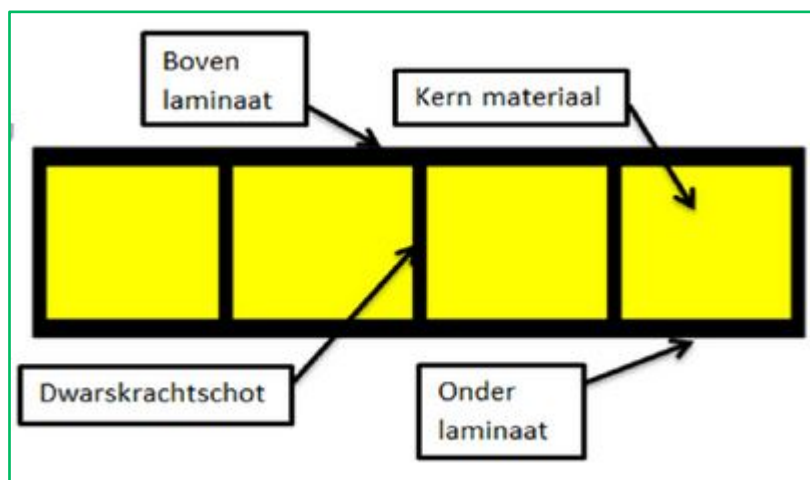
Figuur 23, Schetsontwerp kanaalplaat variant 1 bouwdeel 3 en 4

De andere varianten in kanaalplaat zijn niet haalbaar. De variant waarin gebruik wordt gemaakt van spanten zorgt voor een minder goede verdeling over de steunpunten, waardoor deze niet optimaal worden gebruikt en het maximaal aantal op te bouwen verdiepingen verminderd. Wanneer er gebruik wordt gemaakt van secundair staal ontstaan er grote puntlasten in het midden van de primaire liggers, wat zorgt voor grote momenten en dus voor veel grotere liggerafmetingen dan in variant 1.

9.2 Composiet

Composiet is een nieuw materiaal dat op dit moment voornamelijk wordt toegepast bij het bouwen van bruggen. Bruggen van composiet zijn tot nu toe gemaakt met een overspanning tot 30 meter. De opbouw van deze brugdekken bestaat uit een boven en onder laminaat met daartussen schotten en schuim (Zie figuur 24). Grote voordelen van composiet zijn het lichte gewicht van de elementen en het onderhoudsvrije aspect.³

In Nederland is er op dit moment één parkeergarage gebouwd met composiet vloerdelen. Deze vloerdelen hebben een hoogte van slechts 50mm en een overspanning van 1,2 meter. Voor de uitbreiding van de P+R Kralingse Zoom is naar een optimalisatie toe gewerkt tussen deze afmeting en de afmeting die gebruikt wordt voor composiet bruggen.



Figuur 24. Opbouw composietvloer. (Bron: Compositestructures)

9.2.1 Eigenschappen composiet

Composiet bestaat uit vezels die met elkaar worden verbonden door hars. Er kan gebruik gemaakt worden van verschillende vezelsoorten. Voor de bouw van bruggen en voor de parkeergarage in Purmerend is gebruik gemaakt van glasvezelcomposiet.

Composiet is qua eigen gewicht niet veel lichter dan andere materialen, het heeft een eigen gewicht 18kN/m³. Door het beperkte materiaalgebruik voor een vloerelement wordt het gewicht sterk verminderd. Nadeel van composiet is de doorbuiging van de elementen. De doorbuiging is daarom in de meeste gevallen de maatgevende factor voor het toepassen van composieten elementen.

Composiet vloer elementen worden onderling verbonden door middel van klemmen. Door de verschillende vloervelden aan elkaar te koppelen krijg je een samenwerkend geheel wat weer voordelig is voor de doorbuiging. De vloeren kunnen volgens hetzelfde principe aan de dragende liggers gekoppeld worden. Een ander systeem voor het koppelen van elementen zijn 'hollo-bolts', dit kan vergeleken worden met het principe van holle wand pluggen.

9.2.2 Schetsontwerpen composiet

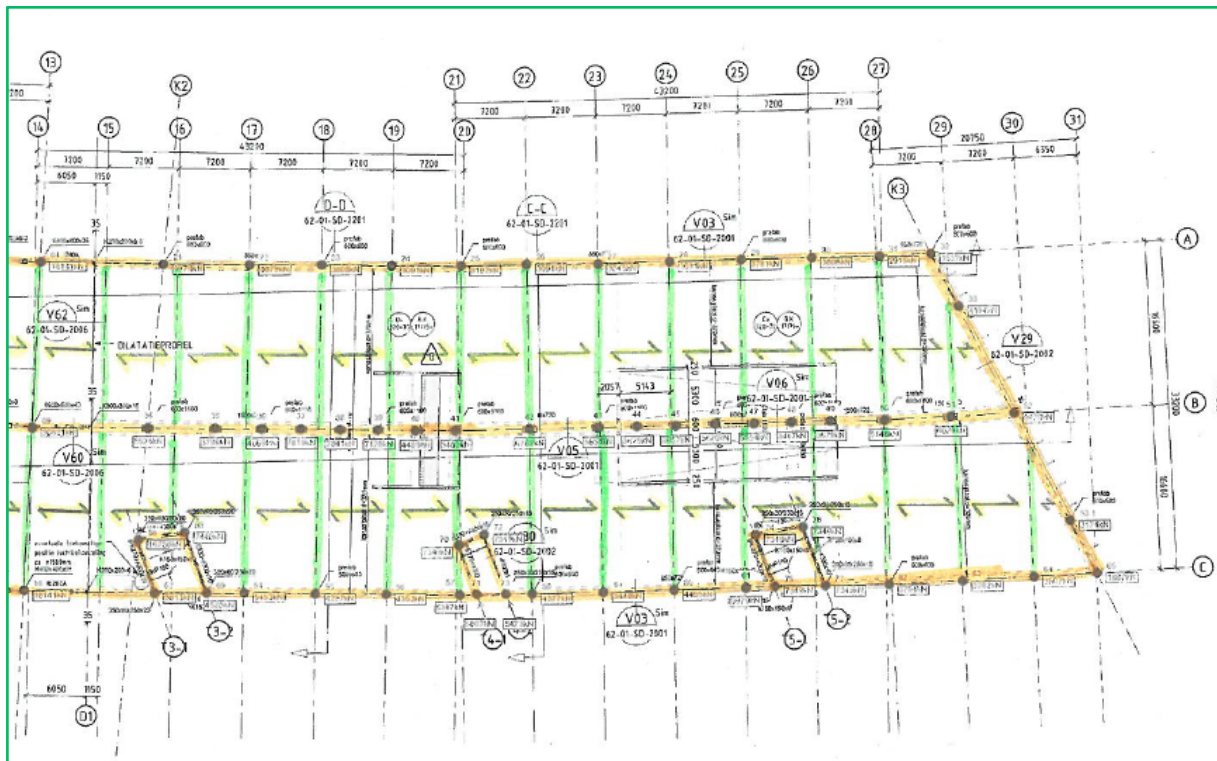
Om een goed ontwerp te maken voor een composietvloer is de doorbuiging van het vloerveld bepalend. In de verschillende varianten wordt de overspanningslengte van de composietvloer veranderd. Dit heeft invloed op het materiaalgebruik van zowel het stalen frame, als op de hoeveelheid composiet in het vloerveld dat moet worden gebruikt.

Voor composiet zijn drie schets varianten gemaakt, waarin er één gelijk is aan het ontwerp in kanaalplaat met een vloeroverspanning van 16,6 meter. Het voordeel hiervan is dat er net als bij kanaalplaat geen gebruik gemaakt hoeft te worden van secundair staal, het nadeel is de grote vloerhoogte en dus het materiaalgebruik van composiet.

³ Composite structures. (2012-2013). Composiet brug. Geraadpleegd op 3 juni 2015, van <http://www.compositestructures.nl/composiet-bruggen>

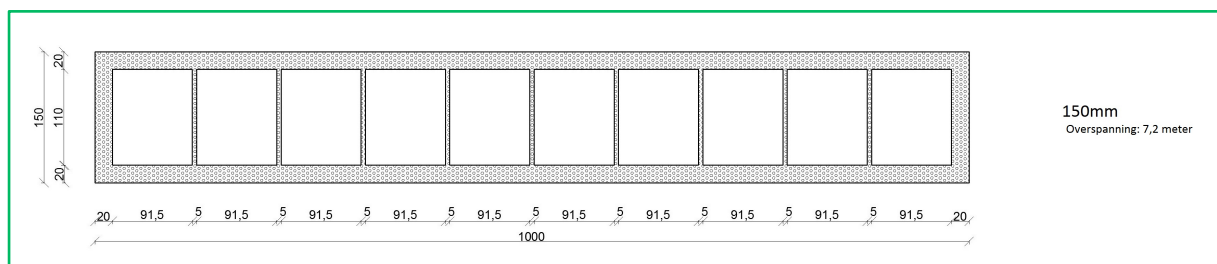
Een tweede ontwerp is gebaseerd op een bestaande garage van composiet in Purmerend. In deze garage wordt gebruik gemaakt van een vloeroverspanning van slechts 1,2 meter, waardoor de vloerhoogte minimaal blijft. Nadeel hiervan is dat het gebruik van secundair staal toeneemt. De toename in secundair staal heeft voornamelijk consequenties in de uitvoering. Tijdens de uitvoering moeten er een stuk meer verbindingen worden gemaakt, waardoor deze oplossing qua bouwtijd niet optimaal is.

Om een oplossing te vinden tussen het besparen op secundair staal en het besparen op vloerhoogte is een ontwerp gemaakt met vloeroverspanningen van maximaal 7,2 meter. Op deze manier kan de vloer worden gerealiseerd met een hoogte van 150mm (zie figuur 26). De secundaire liggers kunnen op deze manier dienen als oplegging voor de vloervelden, deze liggers kunnen tevens gebruikt worden om windverbanden tussen te plaatsen (Zie figuur 25).



Figuur 25. Schetsontwerp composiet variant 3

Deze laatste variant is in het voorlopig ontwerp verder uitgewerkt, hierin wordt ook verder ingegaan op de stabiliteit en wordt berekend hoe veel het gebouw daadwerkelijk uitgebreid kan worden.



Figuur 26. Composiet doorsnede 150mm

10 Voorlopig ontwerp

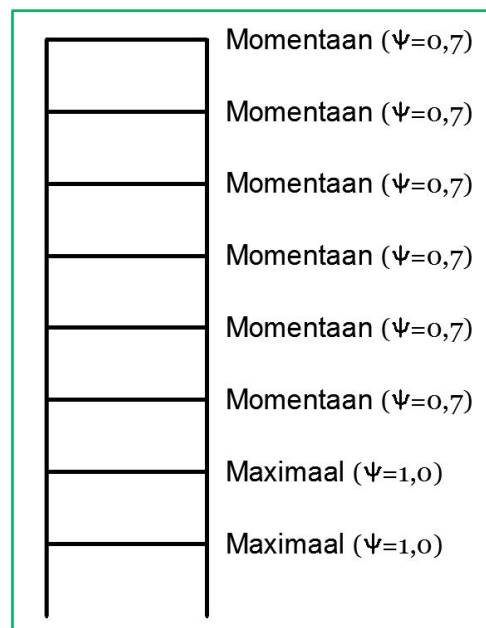
Voor beide schetsontwerpen is een voorlopig ontwerp gemaakt, dat is doorgerekend met de hulp van het programma 'Robot analyses' dat is gekoppeld aan Revit. Aan de hand van de berekeningen is bepaald hoeveel verdiepingen er precies per steunpunt op de bestaande garage opgebouwd kunnen worden. Deze berekening is gemaakt voor zowel alleen normaalkracht voor een indicatie van het aantal verdiepingen, als voor een combinatie van windkracht en belasting, om de extra druk en mogelijke trekbelasting op de bestaande funderingspalen en de kolommen te bepalen.

10.1 Methode

Om te bepalen hoeveel verdiepingen er op de huidige constructie gebouwd kunnen worden is een verdieping geheel in 3d uitgewerkt. Deze verdieping is een keer met maximale en een keer met minimale belasting uitgewerkt. Vervolgens is per steunpunt (Zie hoofdstuk 6) bepaald hoeveel verdiepingen er op een bestaand steunpunt gebouwd kunnen worden, waarbij er is gerekend met twee verdiepingen maximaal en de overige verdiepingen momentaan (Zie figuur 27).

Wanneer is bepaald hoeveel verdiepingen aan normaalkracht er maximaal opgebouwd kunnen worden, worden alle stabiliteitsvoorzieningen in 2d doorgerekend en getoetst om te bepalen hoeveel verdiepingen de huidige stabiliteitsvoorzieningen extra kunnen opnemen. Voor de stabiliteit is met zowel de maximale als de minimale belasting gerekend om de maximale druk en trek in de kolommen en de fundering te bepalen.

De volgende rekenwaarden in (Zie tabel 3) zijn gehanteerd bij de berekeningen van de uitbreiding op de bestaande constructie⁴:



Figuur 27. Rekenwaarden maximale normaalkracht

Tabel 3, Belastingen

Onderdeel	q_{rep}	Momentaan factor Ψ
E.G. composiet 150mm	0,88 kN/m ²	-
E.G. kanaalplaat 400mm	4,81 kN/m ²	-
E.G. Gevel	3,2 kN/m ²	-
E.G. Glazen pui (trappenhuis)	0,8 kN/m ²	-
Veranderlijke belasting trappenhuis	4,0 kN/m ²	0,7
Veranderlijke belasting vloer	2,0 kN/m ²	0,7

⁴ Berekeningsrapport Ballast Nedam. (2012). revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening

De windbelasting is bepaald aan de hand van NEN-EN 1991-1-4. Omdat er in dit onderzoek verder niet wordt ingegaan op het gevelontwerp, is er uitgegaan van de slechtste situatie en dus van een dichte gevel.

Bestaand gebouw: 21,5m

Opbouw 8 verdiepingen: $8 \times 3,245\text{m} = 26,0\text{m}$

Totaal hoogte uitbreiding: $21,5 + 26 = 47,5\text{m}$

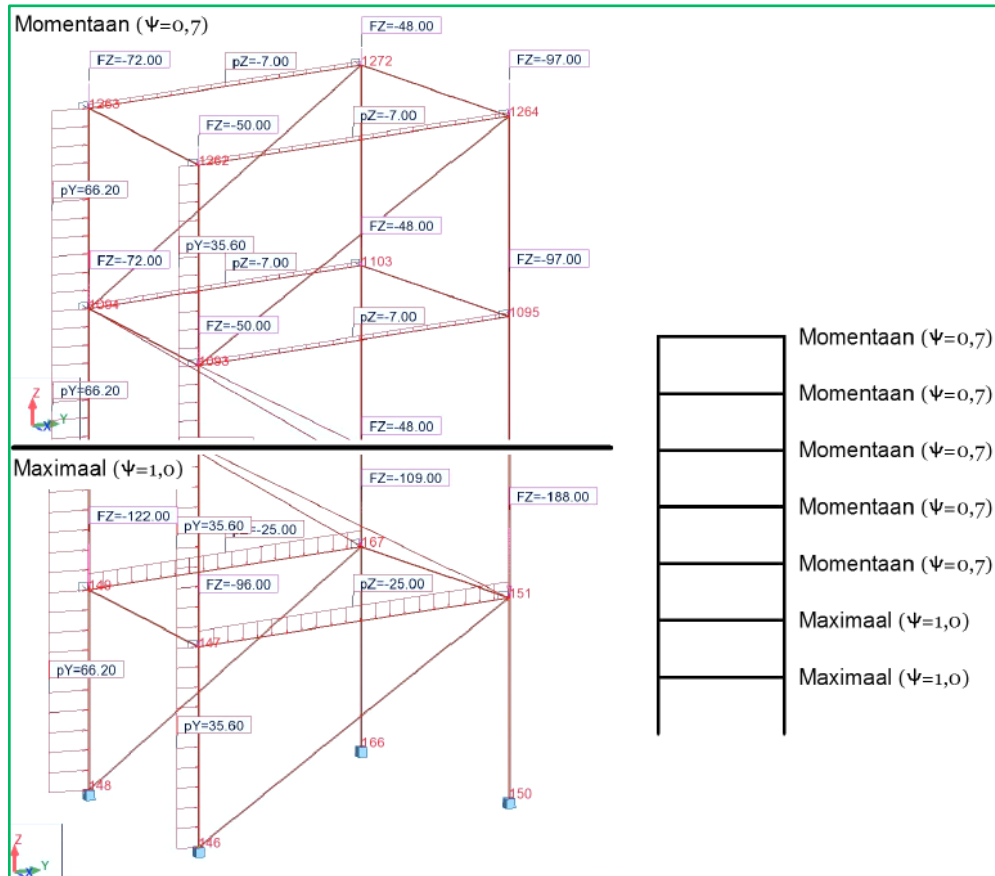
Windgebied II, bebouwd (Volgens Ballast Nedam) $\rightarrow P_w = 1,21\text{kN/m}^2$

Inclusief druk en zuiging en veiligheid $\rightarrow P_w = 1,21 \times (0,8+0,4+0,02) \times 1,5 = \mathbf{2,2 \text{ kN/m}^2}$.

10.2 Composiet

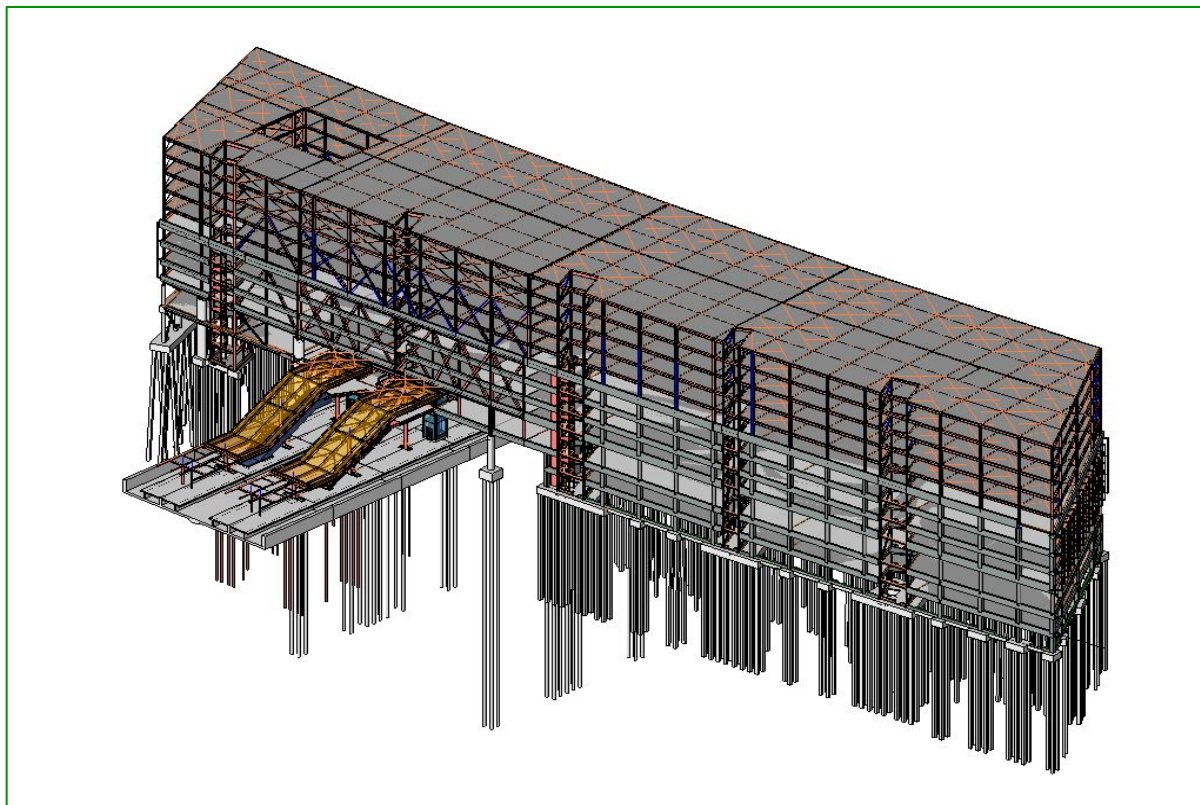
Wanneer er alleen met de normaalkracht wordt gerekend, waarin rekening wordt gehouden met twee verdiepingen maximaal en de overige verdiepingen momentaan, kunnen er maximaal negen verdiepingen op de bestaande garage worden gebouwd. Behalve ter plaatste van steunpunt 3, hier kunnen maximaal zeven verdiepingen opgebouwd worden. Omdat er acht verdiepingen nodig zijn om alle 1154 extra parkeerplekken te realiseren wordt er in de verdere berekening uitgegaan van acht verdiepingen. Onder steunpunt 3 moet in dit geval een extra funderingspaal geslagen worden om ook hier uit te kunnen breiden met acht verdiepingen.

Wanneer wordt gerekend met een combinatie van maximale en minimale belasting in combinatie met windbelasting is bepaald wat de maximale druk- en trekbelasting op de palen is (Zie figuur 28 voor de invoer van trappenhuis T3). Met deze berekening blijkt dat er meerdere steunpunten zijn die niet met acht verdiepingen uitgebreid kunnen worden. Een uitbreiding van zeven verdiepingen blijkt wel haalbaar op alle steunpunten, behalve ter plaatse van trappenhuis T3.



Figuur 28. Invoer belastingen maximaal trappenhuis T3

Trappenhuis T3 moet een groot deel van de windbelasting op het gebouw opnemen, omdat het trappenhuis naast de overspanning van de metro is geplaatst. De helft van de windbelasting op het vakwerk boven de metro moet worden afgedragen via trappenhuis T3. De grote windbelasting op trappenhuis T3 heeft voornamelijk invloed op de trek die ontstaat wanneer het gebouw minimaal wordt belast. Bij minimale belasting kunnen er ter plekke van dit trappenhuis slechts vijf verdiepingen extra worden opgebouwd (Zie figuur 29). Wanneer er extra trekpalen onder trappenhuis T3 worden geslagen kunnen er overal zeven verdiepingen worden opgebouwd.

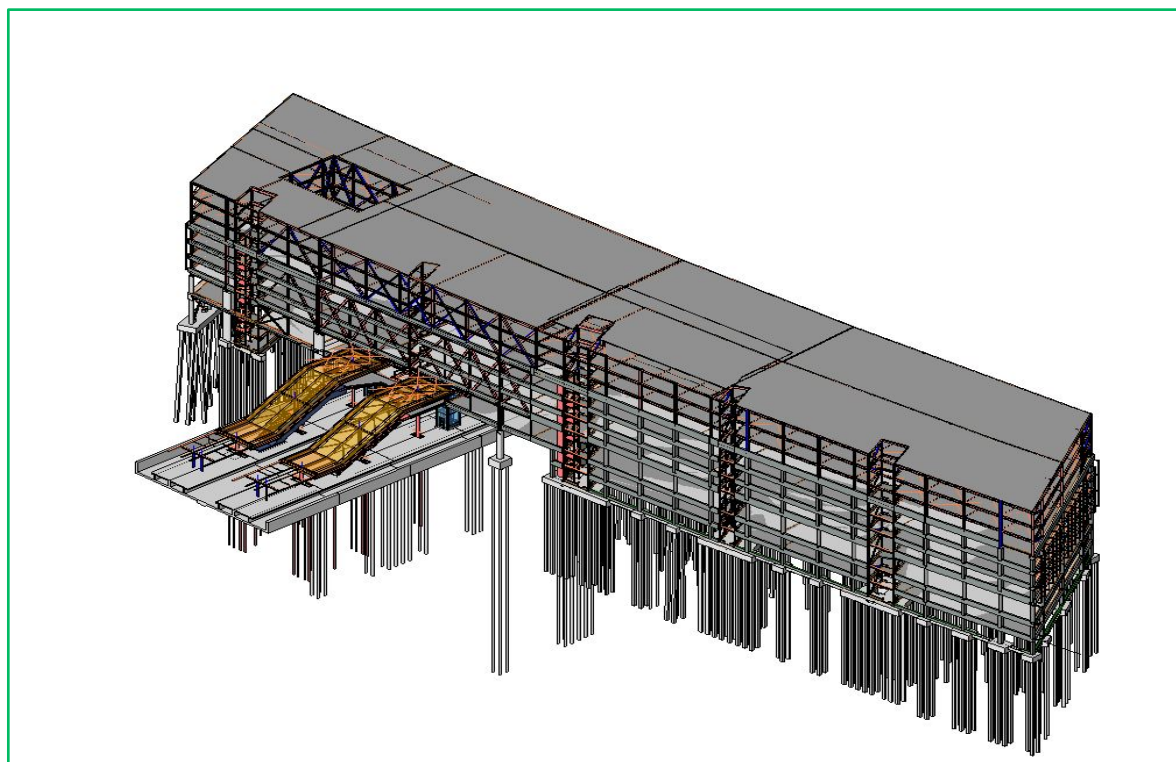


Figuur 29. Uitbreiding composiet vijf verdiepingen

De invoer van de krachten zijn bijgevoegd in bijlage 7. Van het maatgevende trappenhuis T3 is ook de uitvoer bijgevoegd. De uitvoer van alle elementen kan worden opgevraagd en is digitaal te verkrijgen.

10.3 Kanaalplaat

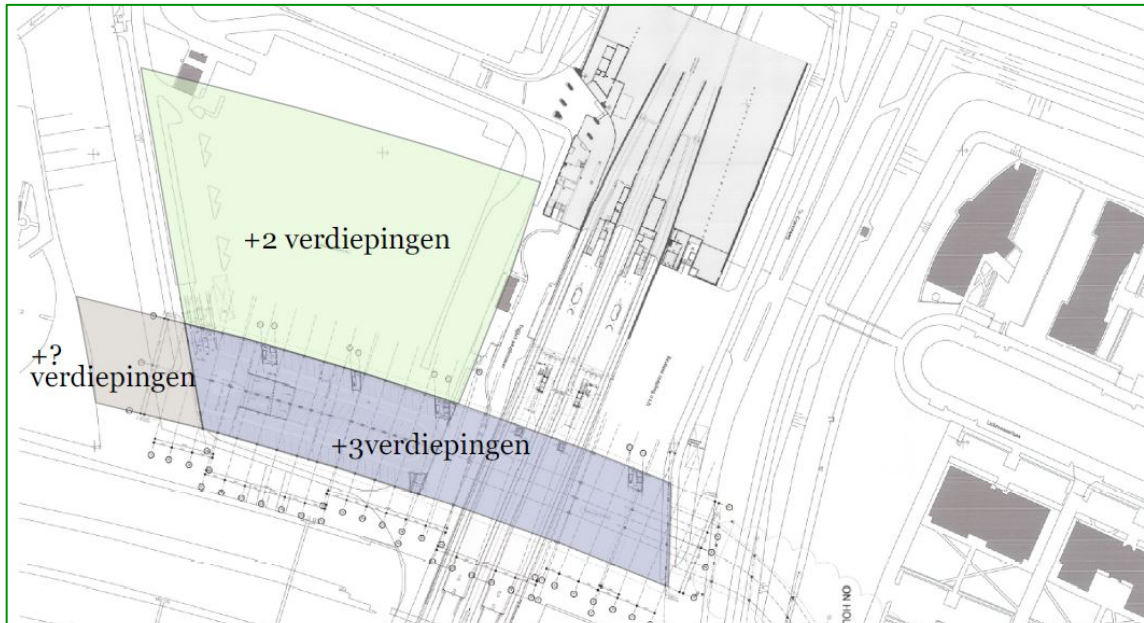
Uit de berekening van de normaalkracht voor kanaalplaat (Zie bijlage 8) blijkt dat er met dit systeem maximaal drie verdiepingen op gebouwd kunnen worden. Dit komt overeen met de berekening van Ballast Nedam voor een uitbreiding in de hoogte. Omdat ons ontwerp er hetzelfde uit komt te zien als dat van Ballast Nedam heeft het geen toegevoegde waarde om dit ontwerp verder uit te werken. Bij Ballast Nedam is een ontwerp voor een uitbreiding van drie verdiepingen al gemaakt. Met een uitbreiding van drie verdiepingen (Zie figuur 30) worden 425 extra parkeerplekken gerealiseerd. Dit voldoet niet aan het aantal van 1154 extra parkeerplekken die benodigd zijn.



Figuur 30. Uitbreiding kanaalplaat drie verdiepingen (zonder vloervelden)

10.4 Conclusie voorlopig ontwerp

Met een uitbreiding in kanaalplaat kunnen er drie verdiepingen boven op de bestaande constructie gebouwd worden. Omdat er met drie verdiepingen slechts 425 extra parkeerplekken gerealiseerd kunnen worden heeft Ballast Nedam een ontwerp gemaakt voor een uitbreiding in meerdere richtingen. Hoe dit ontwerp precies in elkaar zit wil Ballast Nedam niet vrijgeven. Wel is bekend dat er wordt uitgebreid met drie verdiepingen boven op de bestaande garage, de garage in de zuidelijke richting wordt verlengd en dat er op het huidige maaiveld twee verdiepingen moeten komen waarop het nieuwe verhoogde maaiveld dan kan worden gerealiseerd (Zie figuur 31).



Figuur 31. Uitbreiding Ballast Nedam

Het ontwerp in kanaalplaat heeft geen toegevoegde waarde om verder uit te werken, omdat dit plan al is verwerkt in een uitbreidingsplan van Ballast Nedam. Een uitbreiding in staal met composietvloeren heeft daarentegen wel toegevoegde waarde omdat men op deze manier de garage uit kan breiden met vijf extra verdiepingen zonder aanpassingen te hoeven doen in het bestaande ontwerp.

Met het toevoegen van extra trekpalen met een capaciteit van minimaal 2957 kN ter plaatse van trappenhuis T3 kan met de garage zelfs uitbreiden met zeven verdiepingen. Op deze manier kunnen er 1225 extra parkeerplekken gerealiseerd worden, waardoor het niet meer nodig is om de garage in andere richtingen uit te breiden. Wanneer niveau 0 geen andere gebruiksfunctie krijgt en dus gebruikt wordt voor parkeren, levert een uitbreiding met zeven verdiepingen een totaal van 2271 parkeerplekken op.

11 Toetsing maatgevende elementen

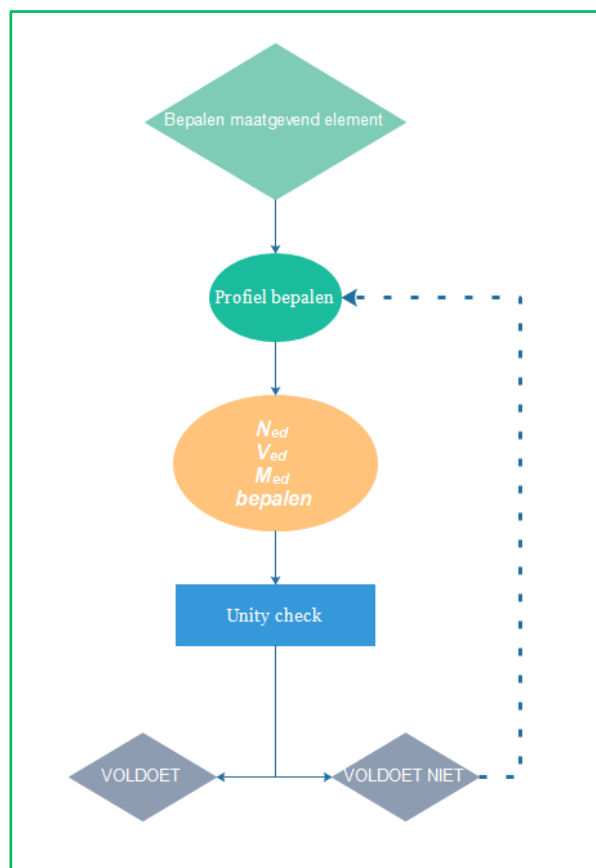
Aan de hand van de berekeningen in hoofdstuk 10 kan het voorlopig ontwerp geoptimaliseerd worden. Tijdens het maken van de schetsontwerpen zijn er profielen in het ontwerp berekend aan de hand van het maximaal optredend moment. Deze profielen zullen in dit hoofdstuk verder uitgewerkt en getoetst worden. Het totale berekeningsrapport van alle elementen is in bijlage 9 terug te vinden.

11.1 Methode

Allereerst zijn alle maatgevende elementen in kaart gebracht. De hoofddraagconstructie bestaat uit kolommen, primaire liggers en secundaire liggers. De kolommen worden op verdieping één t/m drie anders gedimensioneerd dan op verdieping vier t/m zeven, omdat naarmate men hoger in het gebouw komt er minder belasting op deze profielen werkt.

Naast de maatgevende kolommen en liggers worden ook de vakwerken getoetst, omdat hier andere krachten op werken. Als laatste worden de diagonalen in het gebouw getoetst op maximale druk – en trekkrachten in de elementen.

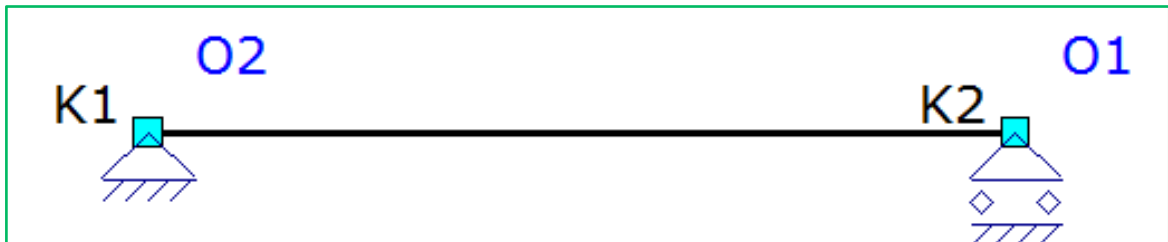
Voor zowel het toetsen van de diagonalen als het toetsen van de kolommen wordt het onderstaande stroomschema gebruikt (zie figuur 32). De toetsing van de maatgevende kolom op de eerste verdieping van de uitbreiding is ook één keer met de hand berekend om te bepalen of de resultaten uit de computer berekening overeen komen met de handberekening. Uit deze handberekening blijkt dat de unity checks overeenkomen met de unity checks uit de computer. Hierdoor zijn alle andere elementen verder met de computer bepaald. Wanneer de berekening met de computer gemaakt wordt valt stap drie in het stroomschema weg, omdat krachten automatisch berekent en getoetst worden in de computer aan het desbetreffende profiel.



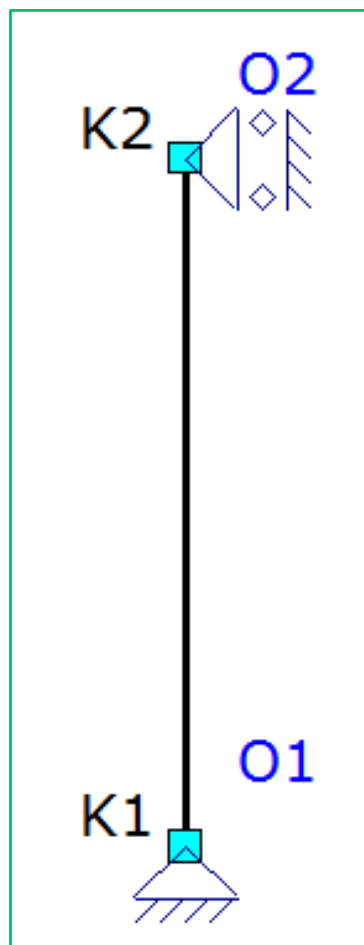
Figuur 32. Stroomschema berekening elementen

11.2 Invoer

Er is voor elk maatgevend element en voor de vakwerken een aparte berekening in 'Robot structural analysis' gemaakt. De liggers zijn geschematiseerd als twee scharnierende opleggingen (zie figuur 33) en de kolommen zijn geschematiseerd zoals in figuur 34. De vakwerken zijn in hun geheel in 3d doorgerekend waarna de profielen zijn getoetst. De profielen die niet voldoen zijn aangepast en weer doorgerekend totdat alle profielen voldoen aan de unity check.



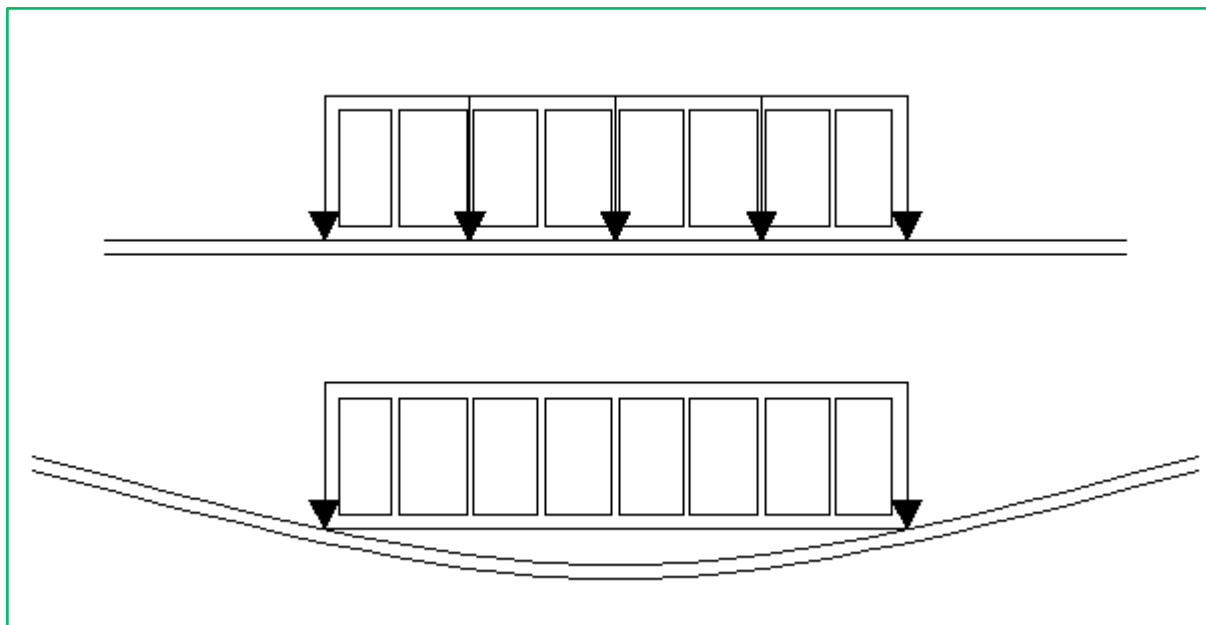
Figuur 33. Schematisering ligger op twee steunpunten



Figuur 34. Schematisering kolom

11.3 Conclusie toetsing elementen

De overspanning die de secundaire ligger maakt is 16,6 meter. In het ontwerp liggen de vloeren dwars op deze profielen, wat betekent dat bij een grote doorbuiging van de vloeren niet meer als q-last op de ligger werken (Zie figuur 35). Hierdoor ontstaat er scheurvorming in de vloeren. Om dit probleem te voorkomen moeten de IPE600 profielen met een zeeg uitgevoerd worden.



Figuur 35. Doorbuiging ligger

In tabel 4 is een totaal overzicht van alle toegepaste elementen binnen het gebouw te zien. Alle elementen zijn in de constructieve tekeningen verwerkt die zijn bijgevoegd in bijlage 10.

Tabel 4. Constructieve elementen

Onderdeel	Profiel
Kolommen verdieping 1 t/m 3	HEA 360
Kolommen verdieping 4 t/m 7	HEA 300
Primaire liggers gevel verdieping 1 t/m 7	IPE 400
Primaire liggers as B verdieping 1 t/m 7	IPE 600
Secundaire liggers verdieping 1 t/m 7	IPE 600

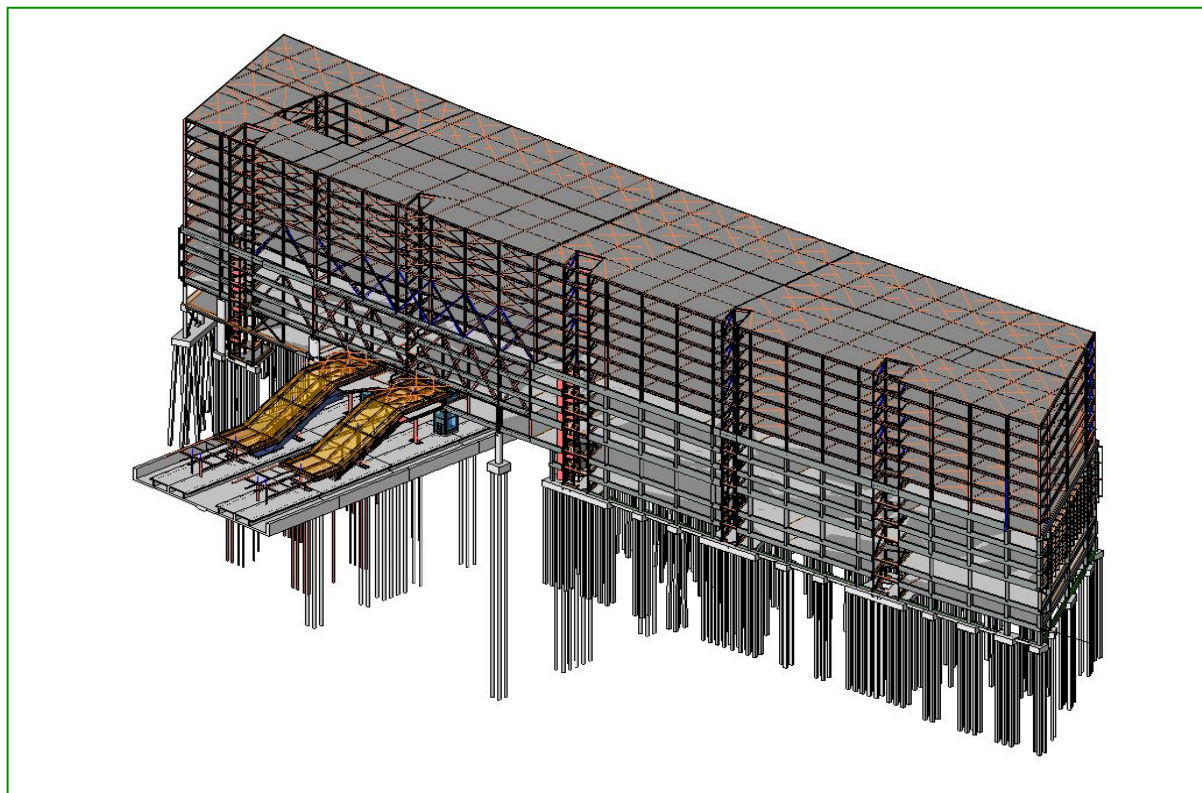
*De vakwerken en de stabiliteitsdiagonalen zijn berekent in de bijlage en verwerkt in de tekeningen.

12 Conclusie

De visie van de gemeente geeft aan dat men in 2024 een totaal van 2200 P+R plekken wil realiseren nabij de metrohalte Kralingse Zoom. Dit aantal lijkt een reëel aantal wanneer de stad Rotterdam zich verder ontwikkelt zoals dit nu gebeurt. De P+R Kralingse Zoom is sinds de invoering van het betaald parkeren niet meer volledig bezet. Wil er uiteindelijk een uitbreiding naar 2200 plekken plaatsvinden dan zal de invoering van betaald parkeren wel afgeschaft moeten worden. Omdat de stad zich geleidelijk ontwikkelt zou het ideaal zijn om de garage in fases uit te breiden.

Wanneer de bestaande garage wordt uitgebouwd met een stalen frame in combinatie met kanaalplaatvloeren kunnen er maximaal drie extra verdiepingen op de bestaande garage bijgebouwd worden. Om de 2200 parkeerplekken te realiseren die in de visie van de gemeente naar voren komen, moet er naast verticaal ook horizontaal uitgebreid worden. In dit rapport wordt dit ontwerp niet verder uitgewerkt, omdat de uitbreiding van Ballast Nedam ook bestaat uit drie extra verdiepingen boven op de bestaande situatie. In dit ontwerp is naast een verticale uitbreiding een uitbreiding van twee verdiepingen op het bestaande maaiveld en een uitbreiding in de lengte gerealiseerd.

Een uitbreiding in staal met composietvloeren heeft wel toegevoegde waarde, omdat men met deze uitbreiding vijf extra verdiepingen boven op de bestaande garage kan bouwen zonder dat er aanpassingen gedaan hoeven te worden aan de huidige constructie. Maatgevend hierin is trappenhuis T3 waar de fundering de optredende trek niet op kan nemen bij een uitbreiding van meer dan 5 verdiepingen. De overige steunpunten kunnen maximaal worden uitgebreid met zeven verdiepingen. Wanneer men extra trekpalen onder dit trappenhuis plaatst die minimaal 2957kN aan trek op kunnen nemen kunnen er ook op trappenhuis T3 zeven verdiepingen worden opgebouwd (Zie figuur 36) (Zie bijlage 10).



Figuur36. Uitbreiding composiet 7 verdiepingen

13 Aanbeveling

De aanbeveling aan de hand van dit onderzoek is het plaatsen van extra trekpalen onder trappenhuis T3. Op deze manier kan de bestaande garage in de hoogte uitgebreid worden met zeven extra verdiepingen. Met zeven extra verdiepingen kunnen $7 \times 175 = 1225$ extra parkeerplekken gerealiseerd worden waardoor het totaal aantal plekken op 2271 komt wanneer de parkeerplekken op niveau 0 behouden blijven. Hiermee wordt de visie van 2200 parkeerplekken voor de Kralingse Zoom behaald.

Het toepassen van zeven extra verdiepingen boven op de bestaande garage is een betere oplossing voor de Kralingse Zoom dan de uitbreiding van Ballast Nedam. Dit heeft een aantal oorzaken.

Ten eerste heeft de uitbreiding van Ballast Nedam grote gevolgen voor het bestemmingsplan, de kans dat deze wijzigingen door de vergunninghouder goed worden gekeurd zijn een stuk kleiner dan de aanpassingen in het bestemmingsplan voor een uitbreiding alleen in verticale richting.

Ten tweede moet er voor de uitbreiding van Ballast Nedam een extra fundering worden gemaakt voor de uitbreidingen in westelijke en in zuidelijke richting. Voor de uitbreiding met zeven verdiepingen zijn slechts een aantal extra trekpalen nodig ter plaatsen van trappenhuis T3.

Ten derde is een uitbreiding in composiet een stuk sneller uitgevoerd dan een uitbreiding in beton. Wanneer de bestaande garage wordt uitgebreid in composiet zal de gebruiker van de garage veel minder last ondervinden van de bouw van de uitbreiding, omdat de uitvoeringstijd een stuk korter is.

Ten vierde is een groot voordeel van een uitbreiding in composiet dat deze uitbreiding demontabel is. Wanneer blijkt dat er te veel extra parkeerplekken zijn gerealiseerd is het mogelijk een deel van de garage te demonteren en ergens anders te plaatsen. Omdat het gewicht van een composiet garage dermate licht is, kan een garage in composiet op een andere locatie op het maaiveld geplaatst worden met een beperkte fundering.

Tot slot is er nog een verschil in de materiaalprijzen van kanaalplaat en composiet. Composiet is een duurder materiaal dan beton, waardoor de vloerelementen qua kosten hoger uitvallen. Omdat er bij een uitbreiding in composiet geen extra fundering nodig is en er geen extra grond opgekocht hoeft te worden in het verlengde van de garage en op het bestaande maaiveld komen deze kosten te vervallen. Ook de kosten voor de uitvoering vallen minder hoog uit, omdat de uitvoering een stuk minder lang duurt dan de uitvoering van de garage volgens het ontwerp van Ballast Nedam.

14 Literatuurlijst

De gebruikte getallen om de restcapaciteit van de verschillende steunpunten en staven te bepalen komen uit de berekeningsrapporten van Ballast Nedam. In onderstaande literatuurlijst wordt verwezen naar de stukken waar verschillende informatie vandaan is gehaald.

Onderdeel	Document
Stramienen	1. Tekeningen Ballast Nedam 2. TABEL 1 - overzicht paalbelastingen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Materialen	1. Tekeningen Ballast Nedam
Afmetingen profielen	1. Tekeningen Ballast Nedam
Poernummer	2. TABEL 1 - overzicht paalbelastingen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Aantal palen	1. Tekeningen Ballast Nedam 2. TABEL 1 - overzicht paalbelastingen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Kracht op fundering fase 1 + 2	3. Bijlage 6 Belastingen palen en poeren - Rz NL UGT as K1 – 15 (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening) 4. Rz NL-UGT trappenhuizen 15 en 20 (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Kracht op fundering fase 1	5. Bijlage 6 Belastingen palen en poeren - Rz UGT as K1 – 15 (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening) 6. Bijlage 6 Rz UGT trappenhuizen 15 en 20 (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Toelaatbaar per paal	2. TABEL 1 - overzicht paalbelastingen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Kracht op paal	2. TABEL 1 - overzicht paalbelastingen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening) 4. Bijlage 6 Rz NL-UGT trappenhuizen 15 en 20 (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Oppervlakte profielen	7. Bijlage 5 Doorsnede (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Betonklasse	7. Bijlage 5 Doorsnede (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Staalklasse	7. Bijlage 5 Doorsnede (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Oppervlakte profielen	7. Bijlage 5 Doorsnede (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Staafkrachten	8. Bijlage 8 – N NL UGT as B kolommen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)

N _{ed} , max <i>druk</i>	9. Bijlage 8 – N NL UGT as B kolommen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
V _{ed} , max	10. Bijlage 8 – Vy NL UGT as B kolommen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening) 11. Bijlage 7 – in het werk gestort beton kolommen (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0003 3D-model: Gewichts- en stabiliteitsberekening)
Wapening	12. Adviesbureau Snijders. Berekening wapening kolommen as B bouwdeel 3/4 . (rapport 1208-KB14). 13. Ballast Nedam. Kolomberekeningen. (revisie D document: 10080103-30-00-CA-0016)

15 Bronvermelding

¹ Baander, A. & Hoorn, A.I.J.M. van der. (1980) De corridor studie Parkeer en Reis. Verkeerskunde, 31(7)

² *Stadsregio Rotterdam*. (2010, 23 juni). Portefeuillehoudersoverleg Verkeer en Vervoer, vergadering 23 juni 2010. Herijking PenR uitvoeringsprogramma. Geraadpleegd op 16 februari 2015, van <http://stadsregio.nl/sites/stadsregio.nl/files/files/Agendastukken/ver%202010-06-23%2005%20herijking%20openr%20uitvoeringsprogramma.pdf>

³ *Composite structures*. (2012-2013). Composiet brug. Geraadpleegd op 3 juni 2015, van <http://www.compositestructures.nl/composiet-bruggen>

16 Bijlagen

Bijlage 1; Onderzoek parkeren P+R Kralingse Zoom
Bijlage 2; Onderzoek huidige situatie
Bijlage 3; Onderzoek restcapaciteit en stabiliteit
Bijlage 4; Onderzoek uitbreidingssystemen
Bijlage 5; Programma van eisen
Bijlage 6; Onderbouwing schetsontwerp
Bijlage 7; Berekeningsrapport voorlopig ontwerp composiet
Bijlage 8; Berekeningsrapport voorlopig ontwerp kanaalplaat
Bijlage 9; Toetsing elementen voorlopig ontwerp
Bijlage 10; Tekeningen