

# **Hofpleintoren**

## **Uitgangspunten rapport**

**DO-H001**

**0044012**

15 September 2023

Revisie P03

Revisie	Beschrijving	Opgesteld door	Datum	Gecontroleerd
P01	Draft issue for CC3 checking	TU	21-08-2022	TN
PO2	Vertaling naar NL	TU	28-04-2023	DV
P03	Aanpassingen voor WABO	TU	15-09-2023	DV

[https://burohappold.sharepoint.com/sites/044012/02\\_Documents/03\\_Reports/VO\\_H001 Basis of Design Report/DO-H001 Uitgangspunten rapport.docx](https://burohappold.sharepoint.com/sites/044012/02_Documents/03_Reports/VO_H001 Basis of Design Report/DO-H001 Uitgangspunten rapport.docx)

### Rapport Disclaimer

Dit rapport is opgesteld door Buro Happold ("BH") ten behoeve van RED Company voor het Definitief Ontwerp. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van BH kan door geen enkele andere partij dan RED Company een beroep worden gedaan op dit rapport. BH accepteert geen aansprakelijkheid of verantwoordelijkheid voor gevolgen van het gebruik van dit rapport door een derde partij, ongeacht of de aard van dat gebruik overeenstemt met het doel waarvoor dit rapport werd opgesteld. Dit rapport is opgesteld voor RED Company en alleen RED Company kan op de inhoud van dit rapport afgaan waarbij de aansprakelijkheid en verantwoordelijkheid van BH met betrekking tot de inhoud van dit rapport is onderworpen aan de uitdrukkelijke contractvoorwaarden die gelden tussen BH en RED Company. De bevindingen van BH in dit rapport zijn gebaseerd op de ten tijde van het opstellen van dit Rapport beschikbare informatie zoals uiteengezet in dit rapport; alle daarvan afwijkende informatie moet worden beschouwd als onvoorzien door, en onvoorzienbaar voor BH. Het rapport mag niet worden opgevat als beleggings- of financieel advies.

Openbaarmaking of vermenigvuldiging van dit rapport mag alleen geschieden in zijn geheel. Het aanbrengen van wijzigingen in en/of aanvullingen op dit rapport is voorbehouden aan BH. Ondanks alle betrachte zorgvuldigheid is BH niet aansprakelijk voor schade, van welke aard ook, als gevolg van onjuistheden in of problemen veroorzaakt door (elektronische of andere) communicatie ten aanzien van dit rapport.

Dit rapport bevat vertrouwelijke informatie. Indien u als niet-geadresseerde, anders dan via BH of RED Company, kennis neemt van dit rapport of delen ervan, wordt u verzocht de afzender hiervan onmiddellijk op de hoogte stellen met een kopie van dat bericht aan BH en RED Company, en dit rapport te vernietigen.

auteur

datum

15.09.2023

goedgekeurd

handtekening

datum

15.09.2023

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1	Doel van het document	5
1.2	Opbouw van het document	6
<b>2</b>	<b>Projectomschrijving</b>	<b>7</b>
2.1	Algemeen	7
2.2	Locatie	7
2.3	Fasering	8
2.4	Gebouwomschrijving	8
<b>3</b>	<b>Voorschriften en referenties</b>	<b>10</b>
3.1	Van toepassing zijnde voorschriften	10
3.2	Rapporten Buro Happold	10
3.3	Externe referenties	11
<b>4</b>	<b>Constructieprincipe</b>	<b>12</b>
4.1	Algemeen	12
4.2	Verticale belastingafdracht	12
4.3	Stabiliteit	16
4.4	Dilatatie	18
4.5	Flexibiliteit en uitbreidbaarheid	18
4.6	Grond interactie en komvorming	18
4.7	Relaties tot andere disciplines	18
<b>5</b>	<b>Materialen</b>	<b>22</b>
5.1	Beton	22
5.2	Staal	25
5.3	Staal-beton doorsnedes	25
<b>6</b>	<b>Veiligheid en belastingen</b>	<b>26</b>
6.1	Veiligheid	26
6.2	Belastingen	27

<b>7</b>	<b>Vervormingen en trillingen</b>	<b>36</b>
7.1	Vervormingen en horizontale verplaatsingen	36
7.2	Dynamica en trillingen	38

# 1 Inleiding

## 1.1 Doel van het document

Dit document behandelt de uitgangspunten en aannames van de centrale toren (de Hofpleintoren) van project RISE. Hieronder vallen de scope, de voorschriften, materiaal parameters, sterkte, stabiliteit, comfort en robuustheid.

De functie van het document is vierledig:

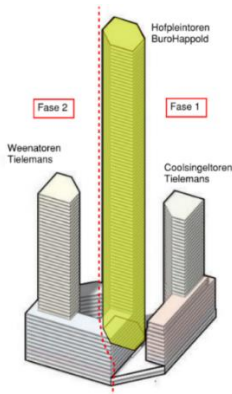
- Het uitgangspunten rapport dient als grondslag voor alle door Buro Happold op te stellen documenten.
- Het uitgangspunten rapport geeft opdrachtgever, ontwerpteamleden en toetsende instanties inzicht in het constructieve concept. Dit als toelichting op het opgestelde constructieve reken- en tekenwerk en eventuele modellen.
- Het uitgangspunten rapport geeft een overzicht van de afspraken die in de voorafgaande fase(s) met de opdrachtgever dan wel met het ontwerpteam zijn vastgelegd.
- Het uitgangspunten rapport geeft een overzicht van de aandachtspunten en te onderzoeken aspecten voor de volgende fase(s).

Het uitgangspunten rapport is een dynamisch document dat per ontwerpfase wordt aangevuld en bijgewerkt. In het document wordt de lezer meegenomen door het proces en zodoende wordt er steeds verder in detail getreden.

Tabel 1—1 Referentielijst

Document	Omschrijving
VO-H002 Robuustheid rapport	De robuustheid van het gebouw wordt bekeken in dit rapport.
VO-H003 Stabiliteitsrapport	Dit document vat het constructief ontwerp van het stabiliteitssysteem samen van de Hofpleintoren.
VO-H004 Elementen rapport	Hierin worden de berekeningen van de constructieve onderdelen beschreven.
Technische tekeningen	

Het project betreft drie woontorens die gescheiden zijn met dilataties in de laagbouw. Dit rapport betreft de Hofplein toren van project RISE: de centrale 275 meter hoge toren. De andere twee torens en de plinten worden ontworpen door Tielmans. Binnen de scope van Buro Happold valt de toren tot aan de poer met alle onderdelen tot aan de scheiding met de andere gebouwen. De fundering inclusief de poer wordt beschreven in de documenten omtrent de Weena plint van Tielmans.



Figuur 1—1 Omvang van het ontwerp is in licht groen weergegeven

## 1.2 Opbouw van het document

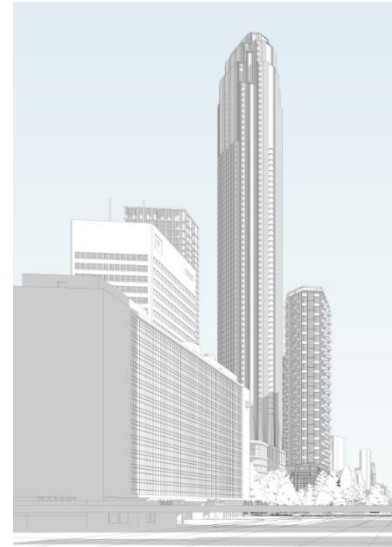
Het document bevat de uitgangspunten voor het constructief ontwerp van de Hofpleintoren. Als eerst wordt er in hoofdstuk 2 een projectomschrijving gegeven, waarin de randvoorwaarden en fasering worden aangeduid. Vervolgens worden de van toepassing zijnde voorschriften en referenties behandeld in hoofdstuk 3. Hier worden zowel de richtlijnen vanuit de Eurocode beschreven, als de voorschriften voor hoogbouw in Nederlands. Ook wordt de samenhang met documenten van andere disciplines beschreven.

Hoofdstuk 4 gaat in op de beschrijving van de constructie, waarbij de principes voor de krachtsafdracht worden behandeld. Dit dient als basis voor het globale beeld van de hoofddraagconstructie. Om de uitgangspunten voor de berekeningen vast te stellen worden in hoofdstuk 5 de materialen behandeld en in hoofdstuk 6 de veiligheid en belastingen. Er wordt ingegaan op de verschillende maatregelen voor veiligheid in de berekening, resulterend in de belastingcombinaties. Vervolgens worden de verschillende soorten belastingen op de constructie beschreven, welke als basis dienen voor de berekeningen. Tot slot worden in hoofdstuk 7 de eisen aan bruikbaarheid behandeld, op vervormingen en trillingen.

## 2 Projectomschrijving

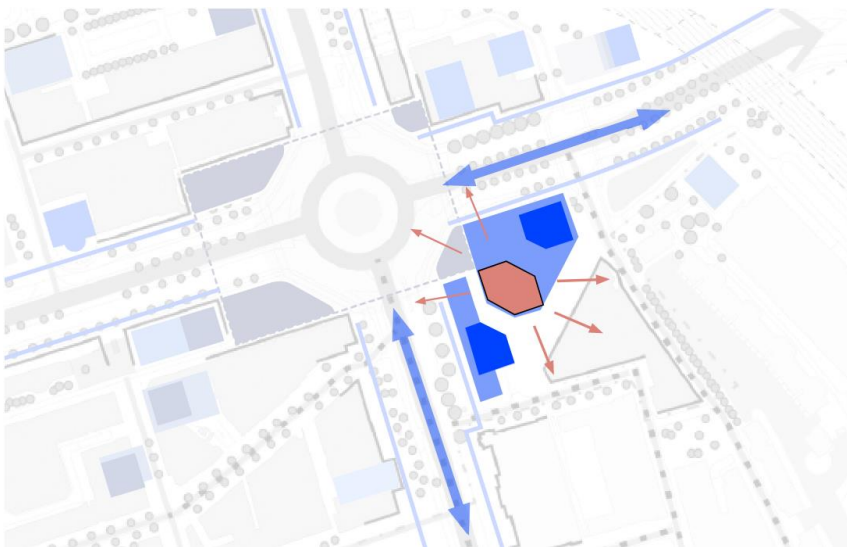
### 2.1 Algemeen

Onderdeel van het RISE project is de Hofpleintoren. Deze toren zal 275 meter hoog worden tot de dakrand met 84 verdiepingen. De onderste tien verdiepingen krijgen een commerciële invulling. De bovenliggende verdiepingen zijn ingevuld met appartementen, met uitzondering van één verdieping voor gezamenlijk gebruik en één verdieping voor techniek.



### 2.2 Locatie

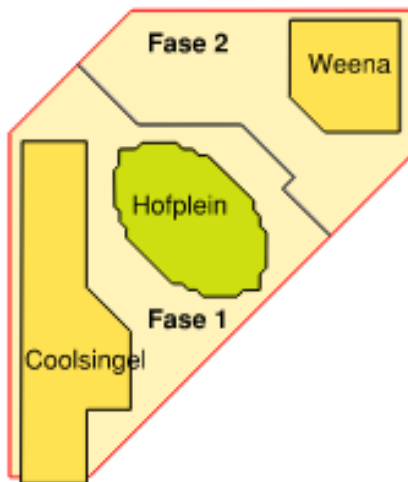
De nieuwbouwlocatie van de Hofpleintoren bevindt zich naast de rotonde op het Hofplein, bij de kruising van de Coolsingel en Pompenburg in Rotterdam, Nederland.



Figuur 2-1 Project locatie

## 2.3 Fasering

Het project zal de huidige gebouwen vervangen, de bouw is in twee fases opgedeeld, vanwege tijdelijke herhuisvesting van de huidige bewoners. De Hofpleintoren is onderdeel van fase 1. Een dilatatie van kelder tot de top tussen fase 1 en 2 zal ervoor zorgen dat de bouwdelen volledig los van elkaar kunnen worden gebouwd. Naast de dilatatie door fasering zal er ook een dilatatie worden toegepast om de Hofpleintoren los te houden van de rest van fase 1. Dilataties worden verder toegelicht in hoofdstuk 4.4.



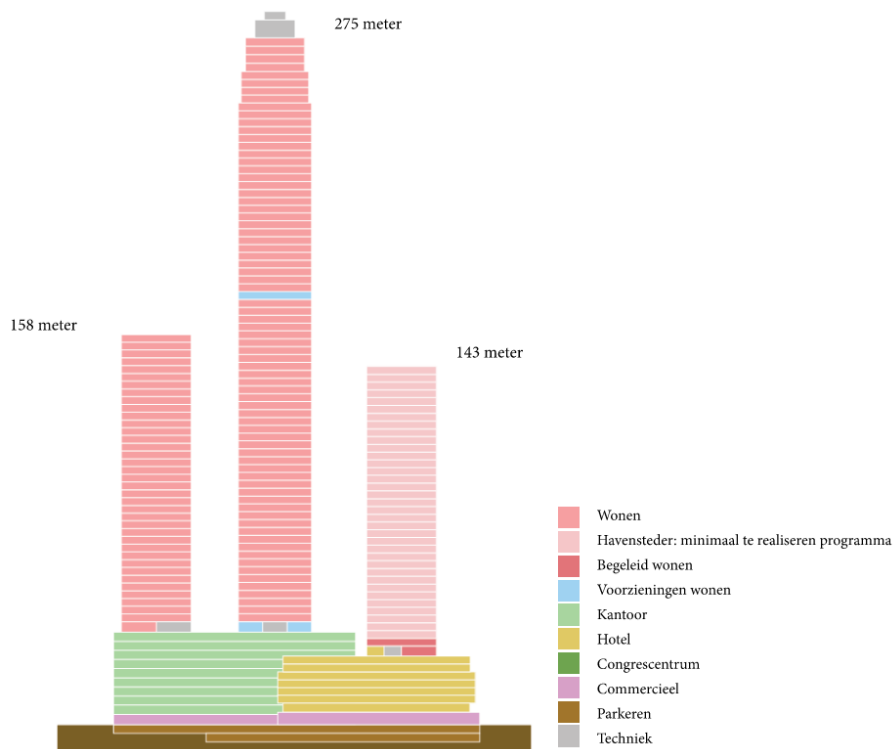
Figuur 2-2 Projectfasering

## 2.4 Gebouwomschrijving

Het gebouw bestaat uit twee kelderverdiepingen, een tien verdiepingen hoog plint gebouw en een toren tot aan verdieping 84. Samen met de dak installaties, waaronder een lift uitloop, wordt de totale hoogte 286 meter. De toren heeft een diamantvorm met een maximale breedte van 50 meter en 30 meter diepte. Dit leidt tot een slankheid van 9,53 (286/30).

- In de kelder bevindt zich een installatieruimte en parkeergelegenheid voor auto's en fietsen.
- De begane grond biedt ruimte voor commerciële, maatschappelijke en restaurant functie, fiets parkeren en dient als de toegangsverdieping voor de kantoren en appartementen.
- Verdieping 1 tot en met 9 heeft een kantoorfunctie met op verdieping 8 en 9 extra installatietechniekrumten.
- Verdieping 10 heeft installatietechniekrumten en een kinderdagverblijf en gezamenlijke ruimtes voor de bewoners van de toren. Hier zal ook de toegang tot de daktuin zijn.
- Verdiepingen 11 tot en met 84 hebben een woonfunctie, behalve verdieping 52.
- Verdieping 52 heeft een gemeenschappelijke functie met o.a. gastenkamers en een bibliotheek. Deze verdieping functioneert ook als een verzamelplek tijdens brand. Vanaf hier kunnen mensen rechtstreeks met de lift naar beneden om zodoende de evacuatie tijd te verkorten.





**Figuur 2—3 Functie indeling RISE**

De verdiepingshoogtes zijn als volgt:

- Verdieping K-2 tot 09 3,7m
- Verdieping 10 3,9m
- Verdieping 11 tot 80 3,14m
- Verdieping 81 tot 84 3,4m

De hoofddragconstructie van de toren wordt uitgevoerd in gewapend beton. Dit wordt volledig uitgevoerd met in het werk gestort beton.

## 3 Voorschriften en referenties

### 3.1 Van toepassing zijnde voorschriften

Bouwbesluit 2012 en de vigerende normen.

#### 3.1.1 Nederlandse standaarden (Eurocodes)

Tabel 3—1 Nederlandse standaarden toegepast op de Hofpleintoren

Referentie	Titel
NEN EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp
NEN EN 1991	Belastingen op constructies
NEN EN 1992	Ontwerp en berekening van betonconstructies
NEN EN 1993	Ontwerp en berekening van staalconstructies
NEN EN 1994	Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies
NEN EN 1997	Geotechnisch ontwerp
NEN EN 206-1	Beton – Deel 1: specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit.
NEN 9997	Geotechnisch ontwerp van constructies
NTA 4614	Convenant hoogbouw

#### 3.1.2 Andere voorschriften

Tabel 3—2 Overige voorschriften toegepast op de Hofpleintoren

Referentie	Titel
CUR-Aanbeveling 106	Beton met fijne fracties uit BSA-granulaten als fijn toeslagmateriaal
CUR-Aanbeveling 111	Staalvezelbeton bedrijfsvloeren op palen – dimensionering en uitvoering
CUR-Aanbeveling 112	Beton met betongranulaat als grof toeslagmateriaal
Grafieken en Tabellen voor Beton (GTB) 2013" van Betonvereniging	

### 3.2 Rapporten Buro Happold

Tabel 3—3 Documenten Buro Happold

Nr.	Naam	Datum
VO-H00	Documentenlijst	15/09/2023
VO-H000	Samenvatting	15/09/2023
VO-H002	Robuustheid en systematische risicoanalyse	15/09/2023
VO-H003	Gewichts- en stabiliteitsrapport	15/09/2023
VO-H004	Elementen rapport	15/09/2023
VO-H005	Duurzaamheidsrapport	15/09/2023

### 3.3 Externe referenties

#### 3.3.1 Architecten tekeningen

Het ontwerp en constructieve tekeningen zijn gebaseerd op de tekeningen van de architect.

- 230827 PHC RISE OV.0100 Plattegronden – Hofpleintoren, dd. 27-08-2023

#### 3.3.2 Installatietechniek

Het ontwerp gaat uit van een rapport van DVP-SC.

- Rapportage technische installaties voor aanvraag omgevingsvergunning, dd. 26-08-2022

#### 3.3.3 Brandveiligheid

Een rapport van Peutz vormt de basis voor het ontwerp van brandveiligheid

- H 6985-6-RA-003 van 22 september 2022

#### 3.3.4 Locatie onderzoek

MOS heeft de locatie onderzocht en een bouwkuip ontwerp gemaakt.

- R2000582-04 v3 - Funderingsadvies project RISE van 27 Juli 2023
- R2000582-05 v2 - Damwandberekeningen project RISE van 24 augustus 2022

#### 3.3.5 Windtunnel testrapporten

Het wind rapport van Peutz:

- HE 6985-3-RA-003, dd. 7 juli 2023

Review windtunnelrapportage TNO:

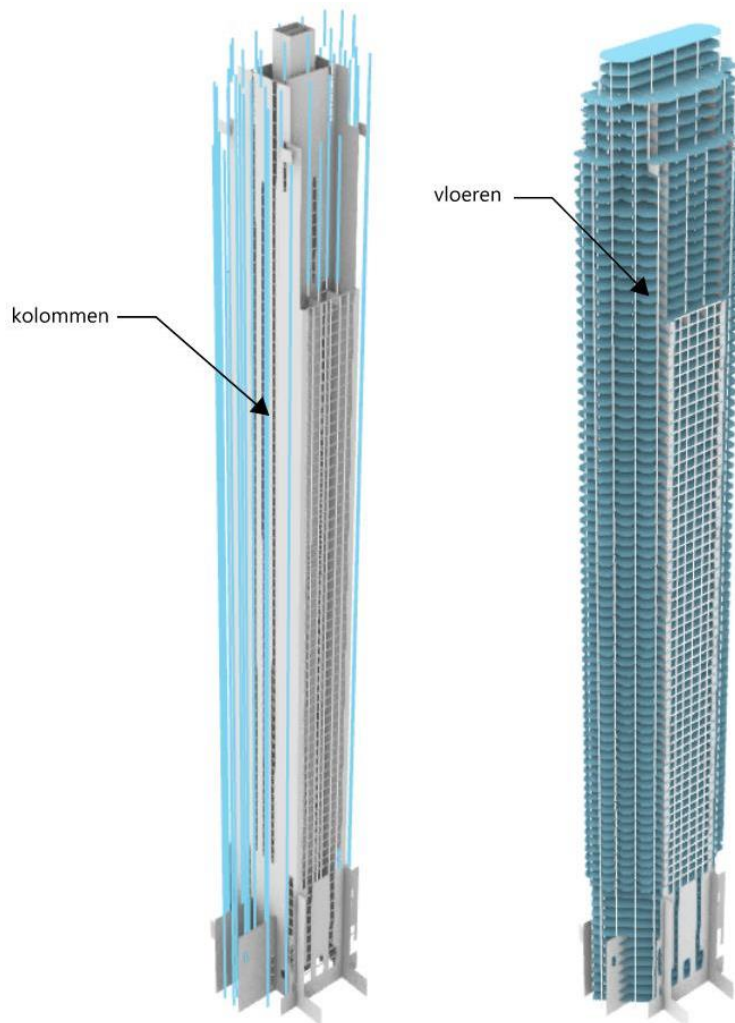
- TNO 2023 R11427, dd. 27-07-2023



#### 4.2.1 Hoofddraagconstructie

De dragende wanden en kolommen zijn ontworpen met verschillende beton sterktes afhankelijk van de verdieping, zie hoofdstuk 5.1 en tekeningen.

- Kolommen van gewapend beton met afmetingen van 400x400mm tot 1000x1000mm.
- Dragende wanden van gewapend beton met een dikte variërend van 400mm tot 800mm.
- Dragende liftwanden van gewapend beton met een dikte van 210mm.

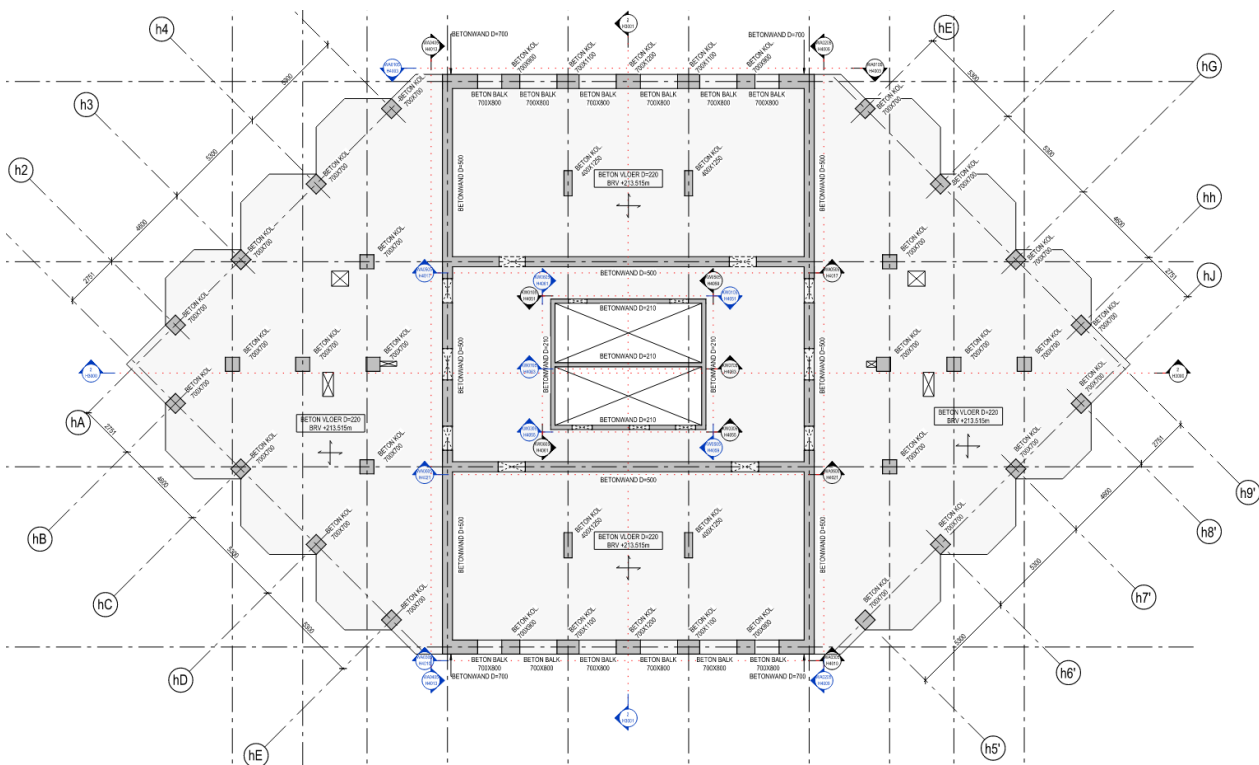


Figuur 4-2 Verticaal systeem

## 4.2.2 Vloeren

De gewapend betonnen vloeren overspannen over de kolommen en hebben een variërende dikte van 220mm tot 400mm. Deze vloeren worden in het werk gestort en plaatselijk wordt er extra wapening toegepast om pons te voorkomen of als trekbanden voor robuustheid.

De verticale belasting wordt door de kernwanden en kolommen naar de fundering geleid. De beperkingen in de poer grootte zorgen voor de behoefte om het gewicht zo laag mogelijk te houden. Het gebruik van meerdere kolommen, om de vloer overspanning klein te houden, leidt dan ook tot een relatief dunne vloer.



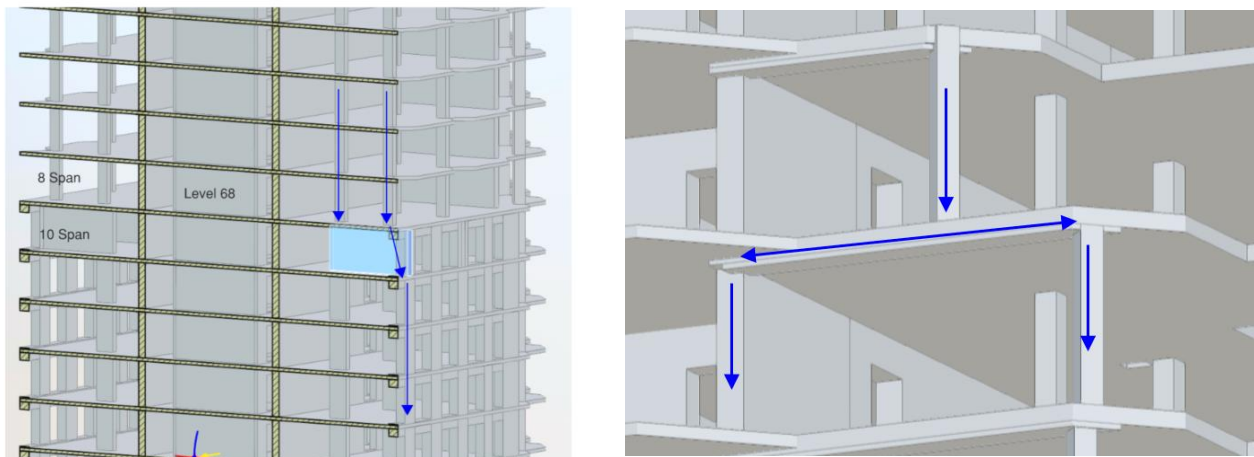
Figuur 4-3 Typisch vloer ontwerp

### 4.2.3 Lokale verspringingen

Het stapelen van 84 verdiepingen resulteert in hoge verticale krachten onder in de toren. Op een aantal verdiepingen vindt een verspringing plaats vanwege een kleiner gekozen boven gelegen vloeroppervlak. De kolommen in de gevel staan dan niet meer recht onder elkaar. Er wordt voor gekozen deze verspringingen zo hoog mogelijk in de toren te plaatsen omdat dan de benodigde overdrachtselementen dan minimaal zijn, daarnaast verkleint dit het risico op voortschrijdende instorting.

Er is een overdrachtsconstructie nodig van verdieping 67 naar 68, welke uitgevoerd zal worden als een volle wand ligger. De wand kan de excentriciteit van de verticale draagconstructie opnemen en de kracht overdragen tussen de twee stramienien.

Op de overdracht van verdieping 82 naar 83 wordt er een balk ontworpen om een wijziging van kolomposities mogelijk te maken. Dit is een kolom die twee verdiepingen en een dak draagt door de lage normaalkracht kan dit opgelost worden met een balk.



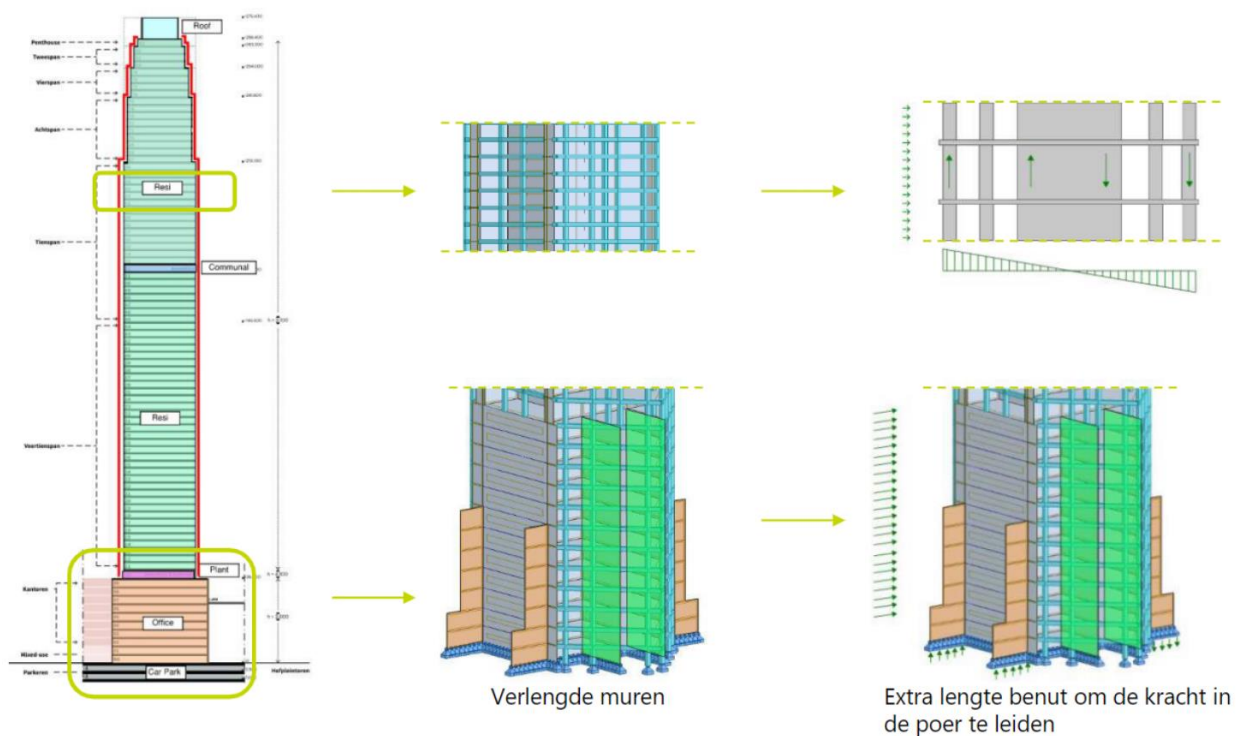
Figuur 4-4 Verspringingen in de toren, links door middel van volle wand ligger, rechts door middel van geïntegreerde balk

### 4.3 Stabiliteit

De constructie van zeer hoge torens wordt, in het algemeen, bepaald door stijfheid en niet door sterkte. Met name de horizontale krachten hebben een grote impact op het ontwerp. Daarom wordt er een ontwerp gemaakt dat efficiënt is ontworpen voor sterkte en er wordt extra materiaal toegevoegd om in horizontale stijfheid te voldoen.

Na een uitgebreide studie is een stabiliteitsconcept gekozen van een rechthoekige kern met vleugelwanden en hamerkopmuren aan het uiteinde. De vleugelwanden lopen tot aan de gevel om voldoende stijfheid te genereren. Een extra stijfheidsmaatregel is de toevoeging van een vierendeelvakwerk in de gevel bestaande uit kolommen en balken, dit zorgt ervoor dat er een buisconstructie ontstaat.

De toren heeft een relatief kleine voetafdruk waardoor de hoge belasting een uitdaging vormt voor de fundering. De vleugelwanden worden extra verlengd in de kelderverdiepingen, om zo de krachten verder te spreiden over de poer. De oranje en groene kleur illustreren de verlengde wanden in verschillende richtingen.



**Figuur 4-5 Zijwaartse belasting afleiding**

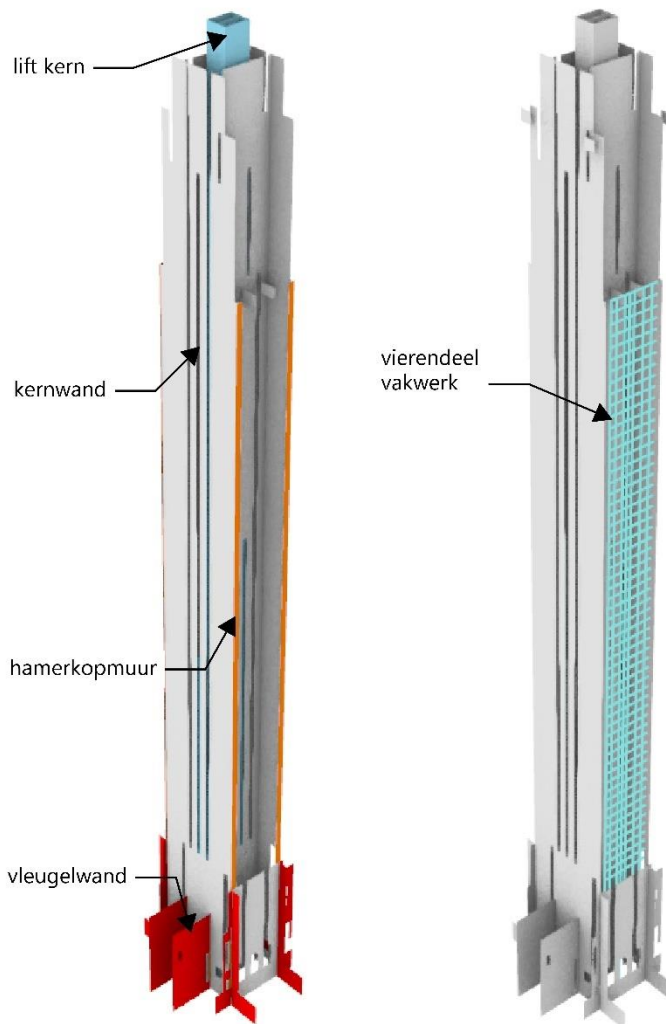
Het stabiliteitssysteem bestaat uit gewapend betonnen wanden als kern, een betonnen vierendeel vakwerk en vleugelwanden:

- 400mm tot 800mm dikke gewapend betonnen kernwanden
- 700mm\*800mm gewapend betonnen gevel balken, moment vast verbonden met gewapend betonnen kolommen
- 800mm dikke gewapende vleugelwanden

De zijwaartse belasting wordt conventioneel via de gevel naar het stabiliteitssysteem geleid. De kracht loopt van de gevel naar de vloeren en daarna verdeelt het zich via de vloeren over de wanden en het momenten frame. Vanuit daar wordt de kracht geleid naar de poer en vervolgens de grond in via de poer met paalfundering.



De volgende twee plaatjes illustreren de posities van de stabiliteitselementen: de stabiliteitskern met vleugelwanden en vierendeelvakwerk.



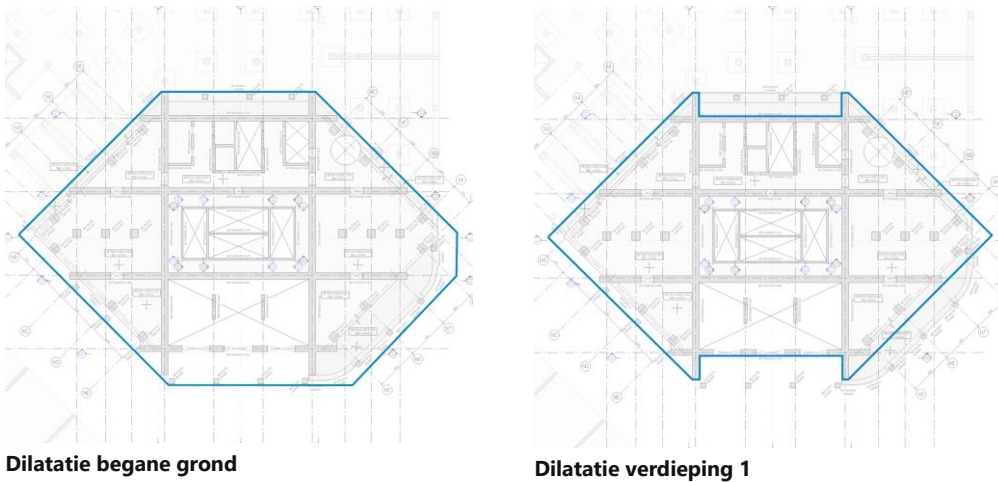
**Figuur 4-6 Stabiliteitssysteem**

In VO-H003 Gewichts- en stabiliteitsrapport wordt hier verder op in gegaan.

#### 4.4 Dilatatie

Eerder in het rapport is de fasering van de bouw en daarmee de dilatatie naar voren gekomen. De voeg wordt zo dicht mogelijk bij de omtrek van de Hofpleintoren geplaatst om de fasering van de bouw te volgen en de torens onafhankelijk van elkaar te maken. Daarnaast moet het de impact opvangen van verschillen in zettingsgedrag.

Een gedeelte van de plint is meegenomen in het ontwerp van de Hofpleintoren. Dit bleek bij de keuze van de dilatatie locatie voordelig te zijn om de verlengde vleugelwanden mee te nemen en om voldoende stijfheid in de laagbouw te realiseren.



Figuur 4-7 Gebouw dilatatie locatie voor verschillende verdiepingen

#### 4.5 Flexibiliteit en uitbreidbaarheid

In het ontwerp is geen rekening gehouden met zowel horizontale als verticale uitbreidbaarheid.

#### 4.6 Grond interactie en komvorming

Vanuit de geotechnisch adviseur is een zettingsdiagram geleverd. De interactie tussen de grond en de toren, inclusief de fundering moet beschouwd worden. De exacte komvorming vormt geen onderdeel van de scope van Buro Happold, maar de impact op de constructie boven de poer wel. De komvorming wordt verder beschreven in VO-004 Elementen Rapport. Hier wordt ook beschreven wat de komvorming als invloed heeft op de spanningen in de wanden.

#### 4.7 Relaties tot andere disciplines

##### 4.7.1 Brandveiligheid

De brandveiligheid voor de Hofpleintoren is gebaseerd op het rapport van Peutz.

Tabel 4—1 Brandwerendheid verschillende onderdelen

Element	Brandveiligheid [min]
Dakconstructie	180
Vloeren	180
Kolommen	180

Kelder	180
--------	-----

NEN EN 1992-1-2 geeft een minimale afstand  $a$  voor wapening en een minimale dikte van het element voor de gegeven brandveiligheid periode.

Tenzij anders weergegeven is het veilig aan te nemen dat de uitnuttingsgraad in geval van brand 0,7 is. Er is aangenomen dat de wanden enkel aan 1 kant blootgesteld worden aan brand. Dit geldt niet voor de kolommen, die worden aan meerdere zijden blootgesteld. Voor kolomafmetingen wordt gekeken naar methode A en B van EN 1992-1-2, welke verder wordt toegelicht in DO-H004 Elementenrapport.

**Tabel 4—2 Brandwerendheid eisen elementen**

Element	Verdieping	Hoogte [m]	Minimale afmetingen voor element	Minimale wapeningsafstand $a$
Balken	Alle		Min breedte 400mm	50mm
Kolommen	K2-9	3,7	600mmx600mm	75mm
	10	3,9	600mmx600mm	75mm
	11-76	3,14	450mmx450mm	70mm
	76-80	3,14	350mmx350mm	63mm
	81-84	3,4	350mmx350mm	63mm
Vloeren	Alle		200mm	45mm
Wanden*	Alle		210mm	50mm

\*de minimale afstand tot de as is gegeven tot de maatgevende wapening, binnen de wanden is dit de verticale wapening. De horizontale wapening en eventuele beugels liggen daarmee dus buiten de zone.

Voor hoge sterkte beton C90/105 dient een extra maatregel genomen te worden om spatten te voorkomen. Volgens NEN-EN 1992-1-2 kunnen verschillende maatregelen toegepast worden, waarbij voor de Hofpleintoren uitgegaan wordt van Maatregel D: meer dan 2 kg/m<sup>3</sup> monofilament propyleen vezels toevoegen aan het betonmengsel.

## 4.7.2 Bliksembeveiliging

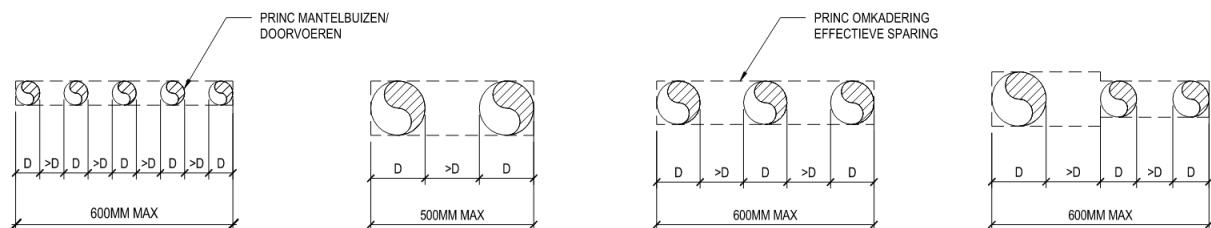
Beveiliging tegen blikseminslag zal in het wapeningsontwerp zitten. Hier wordt in een later stadium op ingegaan.

## 4.7.3 Onderwerpen voor coördinatie

Iedere vloer en balk moet 50mm ruimte hebben onder het bouwkundig plafond voor toleranties en vervormingen.

### 4.7.3.1 Kleine openingen in dragende vloeren en wanden

Onderstaand figuur laat de maatvoering zien voor meerdere kleine openingen en kan worden gebruikt voor wanden en vloeren.



#### OPMERKINGEN:

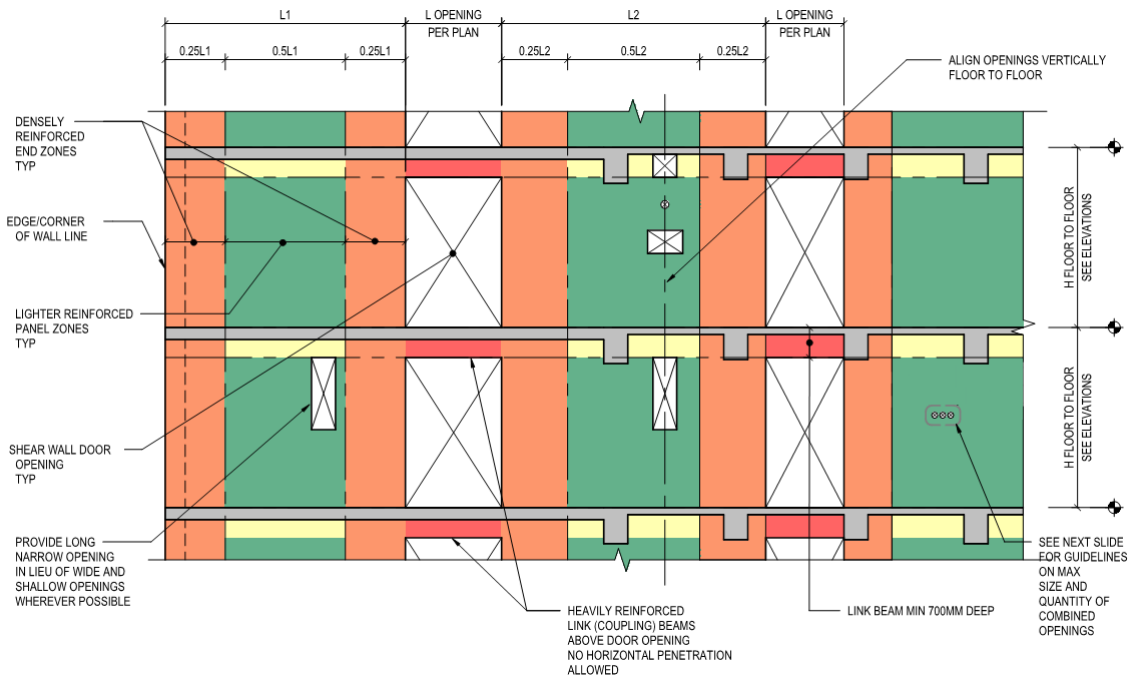
1. GEEN EXTRA WAPENING IS VEREIST VOOR VLOER/WAND OPENINGEN KLEINER DAN OF GELIJK AAN 200 MM IN DIAMETER MET EEN TUSSENRUIMTE GROTER DAN 3X DE DIAMETER VAN DE GROOTSTE OPENING.
2. VOOR OPENINGEN DIE NIET VOLDOEN AAN NOOT 1, MOETEN DE MEERVOUDIGE OPENINGEN WORDEN BEHANDELD ALS EEN MUUROPENING MET AFMETINGEN AANGEGEVEN DOOR DE OMTREK VAN EFFECTIEVE OPENINGEN IN HET DETAIL. DE EFFECTIEVE OPENING MOET VOLDOEN AAN DE EISEN VAN DETAIL "TYPISCHE WAPENING BIJ VLOER/WANDOPENING".
3. BIJ MEERDERE OPENINGSGROEPEN MINIMAAL 1,0 m TUSSENRUIMTE AANHOUDEN.

## 7 | PRINCIPE DETAIL VOOR WAND/VLOER OPENINGEN

**Figuur 4-8 Regelgeving installatie openingen – meerdere openingen in vloeren en wanden**

### 4.7.3.2 Openingen in stabiliteitswanden

Openingen voor installaties of leidingen in de hoofddragconstructie of in de stabiliteitswanden zijn onoverkomelijk. Vroeg in de ontwerpfase moet dit worden meegenomen, daarom staan hieronder regels voor installatie openingen in stabiliteitswanden.



**Figuur 4-9 Regelgeving voor installatie openingen – typische stabiliteitsmuur**

Zoals te zien in Figuur 4-9 mogen er geen openingen voorkomen in de lateien, de dragende balken boven een opening. Dit is gecommuniceerd met de installatie adviseur en wordt in het ontwerp dus ook voorkomen.

## 5 Materialen

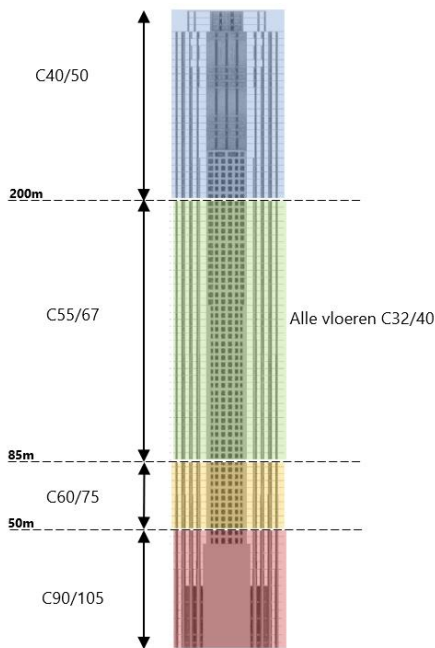
Een overzicht van de gebruikte materialen wordt in dit hoofdstuk gegeven. Op tekeningen of specificaties kunnen verschillen optreden, de tekeningen zijn daarbij leidend.

### 5.1 Beton

#### 5.1.1 Betonsterktes

De betonsterkte keuze is gebaseerd op de beschikbare technologie in overleg met de aannemer. Er is daarbij een directe relatie tussen de op te pompen hoogte en de betonsterkte.

- Super hogesterktebeton C90/105 kan tot 50m hoogte
- Hogesterktebeton C55/67 kan tot 200m hoogte, C60/75 is ook mogelijk maar kostbaar
- Betonsterkte C40/50 en lager heeft geen limiet.



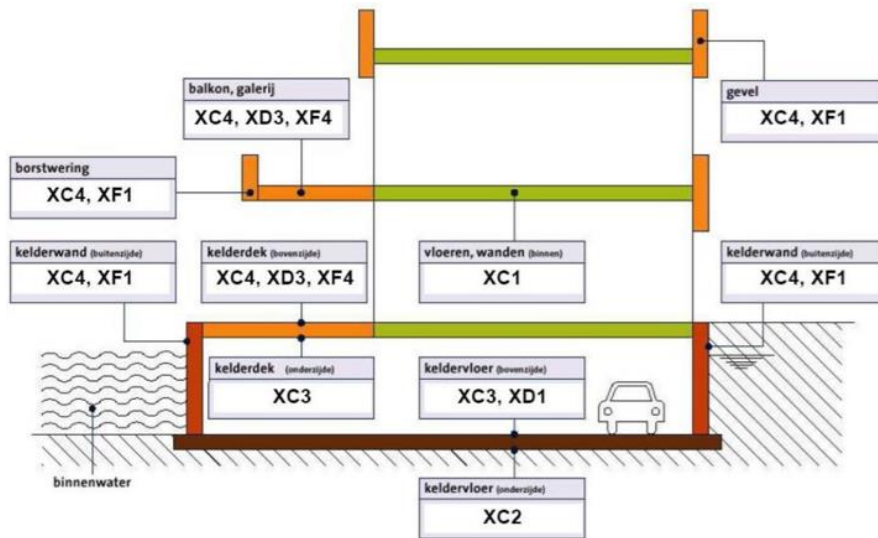
Figuur 5-1 Betonsterkte klassen op hoogte-indeling

### 5.1.2 Milieuklasse en betondekking

De milieuklassen voor de te bouwen onderdelen staan genoteerd in de onderstaande tabel per locatie. De betondekking is bepaald conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011/NB:2016+A1:2020 nl. De volgende uitgangspunten zijn gebruikt in het ontwerp:

- Wapening tot 40mm voor kolommen en wanden
- Wapening tot 32mm voor balken
- Wapening tot 25mm voor vloeren
- Beugels minimaal 10mm

Locatie	Element type	Milieuklasse	Minimale dekking	Minimale afstand a
Gestort beton permanent in aanraking met grond	Alle	XC4, XF1	75mm	
Beton in aanraking met grond of buitenmilieu	Alle	XC4, XD3, XF4	50mm	
Beton in een binnen omgeving	Intern beton	XC1	25mm	Kolom 70mm Muur 55mm
	Beton in garage	XC3, XD1	30mm	
	Gevel	XC4, XF1	25mm	



Figuur 5-2 Milieuklasse beton voorbeeld

De eisen van milieuklasse en brand combinerend resulteert in de volgende dekking per elementengroep.

Tabel 5—1 Vereiste dekking per onderdeel

Element	Verdieping	Dekking	Maatgevende eis
Balken	Alle	34mm	Brand
Kolommen	K2-9	62mm	Brand
	10	62mm	Brand
	11-76	57mm	Brand
	76-80	50mm	Brand
	81-84	50mm	Brand
Vloeren	Overig	39mm	Brand
	K2	80mm	Milieuklasse
Wanden	Alle	34mm	Brand

### 5.1.3 Betoneigenschappen

Tabel 5—2 Toegepaste betoneigenschappen

Eigenschap	Waarde
Dichtheid	25 kN/m <sup>3</sup> (beton inclusief wapening)
Elasticiteitsmodulus	$E_{cm} = 33$ tot $44$ kN/mm <sup>2</sup> voor sterkteklasse C32/40 tot C90/105
Poisson verhouding	$\nu = 0,2$ (0 indien gescheurd)
Thermische expansie coëfficiënt	$\alpha = 10 * 10^{-6}/^{\circ}C$ (waarde is afhankelijk van type toeslagmateriaal)

### 5.1.4 Scheurvorming

Een minimale hoeveelheid wapening is nodig om scheurvorming tegen te gaan in de vloeren. Extra aandacht moet uitgaan naar scheurvorming in de keldervloeren en begane grondvloer. Conform cl 7.3.2(2) in NEN EN 1992-1-1 geldt hiervoor de waarde van  $A_{s,min}$ .

De betonsterkte heeft veel invloed op de scheurwijdte. Aangezien er hogesterktebeton wordt gebruikt zijn er strengere criteria. De volgende ontwerpaannames worden gevolgd:

- Berekeningen van scheurwijdte houden rekening met hogere beton sterkteklassen dan zal worden gebruikt
- Voor de kubussterkte zal een bovengrens worden gegeven. Dit wordt meegenomen in de beton specificatie

Scheurwijdte criteria volgt uit tabel 7.1N in NEN EN 1992-1-1/+NA:

- Gewapende elementen 0,4 mm
- Kelderbak 0,2 mm

### 5.1.5 Wapeningsstaal

Wapeningsstaal is aangenomen als B500B, met een vloeisterkte  $f_y=500$ N/mm<sup>2</sup>. Dit verzorgt voldoende ductiliteit om 20% herverdeling te gebruiken indien nodig.



## 5.2 Staal

Het ontwerp gebruikt staal profielen en sterktes conform NEN EN 1993-1. De sterktes in het ontwerp zijn de volgende:

- Interne stalen elementen S355 J0
- Externe stalen elementen S355 J2

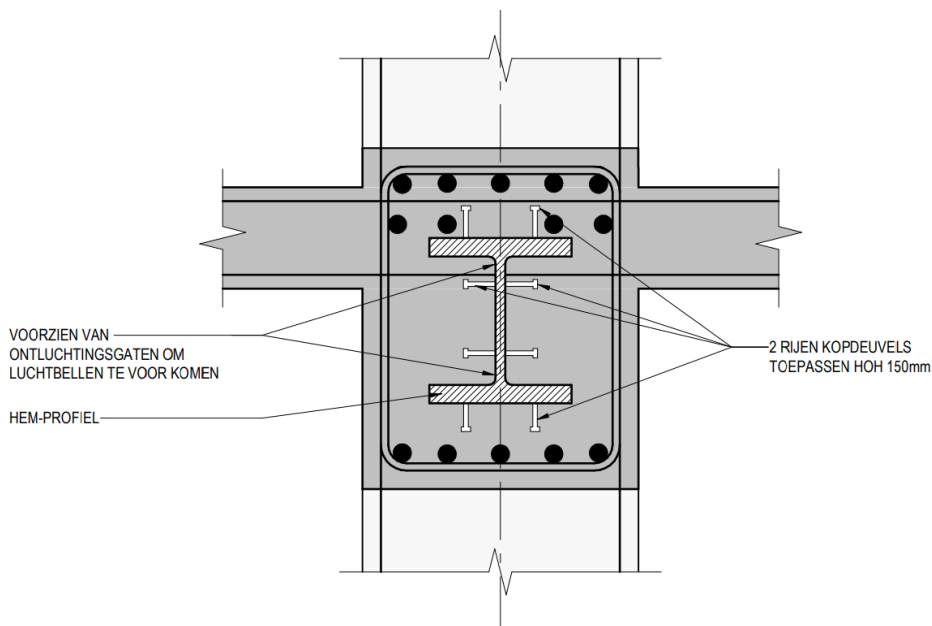
Tabel 5—3 Toegepaste staal eigenschappen

Eigenschap	Waarde
Dichtheid	$\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$
Elasticiteitsmodulus	$E = 210 \text{ kN/mm}^2$
Poission verhouding	$\nu = 0,30$
Thermische expansie coëfficiënt	$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}/^\circ\text{C}$

## 5.3 Staal-beton doorsnedes

Enkele elementen in het stabiliteitssysteem en lateien zijn onderhevig aan hoge trekkrachten. Stalen profielen zullen in het beton worden gestort. Er zal voldoende dekking moeten zijn en deuvels moeten zijn aangebracht.

Deze elementen worden verder beschouwd in het rapport DO-H004 Elementen rapport.



Figuur 5-3 Voorbeeld van staal-beton doorsnede

## 6 Veiligheid en belastingen

### 6.1 Veiligheid

Onderstaand wordt een overzicht gegeven van de gevolgklasse, belastingfactoren en momentaan factoren.

#### 6.1.1 Betrouwbaarheid

Gevolgklasse:	CC3	volgens NEN-EN 1990/+NB tabel B1
Ontwerplevensduurklasse:	4	volgens NEN-EN 1990/+NB tabel 2.1
Ontwerplevensduur:	50 jaar	volgens NEN-EN 1990/+NB tabel 2.1

#### 6.1.2 Belastingfactoren

De bij dit project toe te passen belastingfactoren conform NEN-EN 1990 + NB zijn als onderstaand.

Tabel 6—1 Toe te passen belastingfactoren

Belastingcombinaties	Permanente belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke gelijk met de overheersende
	Normaal (ongunstig)	Gunstig		
<b>Uiterste grenstoestanden (UGT)</b>				
EQU	1,21	0,90	1,65	$1,65 * \psi_{0,i} (i > 1)$
STR/GEO (vgl. 6.10a)	1,49	0,90	$1,65 * \psi_{0,1}$	$1,65 * \psi_{0,i} (i > 1)$
STR/GEO (vgl. 6.10b)	1,32	0,90	1,65	$1,65 * \psi_{0,i} (i > 1)$
Buitengewoon	1,00	1,00	$1,00 * \psi_{1,1}$	$1,00 * \psi_{2,i} (i > 1)$
<b>Bruikbaarheidsgrenstoestanden (BGT)</b>				
Karakteristiek	1,00	1,00	1,00	$1,00 * \psi_{0,i} (i > 1)$
Frequent	1,00	1,00	$1,00 * \psi_{1,1}$	$1,00 * \psi_{2,i} (i > 1)$
Quasi-permanent	1,00	1,00	$1,00 * \psi_{2,1}$	$1,00 * \psi_{2,i} (i > 1)$

#### 6.1.3 $\Psi$ -factoren

Variabele belasting mag worden gereduceerd volgens de Nationale Bijlage van NEN EN 1991-1-1 clausule 6.3.1.2 (11) met momentaan factoren. Behalve de ongunstigste twee boven elkaar gelegen vloeren, mogen alle variabele vloerbelastingen op de resterende vloeren worden vermenigvuldigd met  $\Psi_0$ . Daken algemeen toegankelijk moeten als vloer worden beschouwd. De momentaan factoren uit tabel A1.1 van NEN-EN 1990+A1 zijn:

Tabel 6—2 Momentaan factoren voor variabele belasting

Functie	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
Woon-, verblijfruimtes Cat A	0,4	0,5	0,3
Kantoorruimtes Cat B	0,5	0,5	0,3
Verkeersruimte Cat F	0,7	0,7	0,6
Opslagruimte Cat E	1,0	0,9	0,8
Sneeuw en Wind	0	0,2	0

## 6.2 Belastingen

### 6.2.1 Permanente belastingen

Onderstaand een overzicht van de permanente belastingen welke worden gehanteerd in dit project.

#### 6.2.1.1 Volumieke gewichten

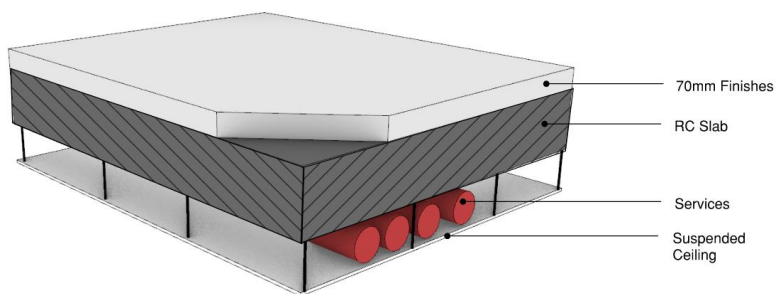
Eigen gewicht van de constructie is berekend met aangenomen waarden in de tabel hieronder.

Materiaal	Eigen gewicht aanname
Beton (ongewapend; gewapend)	24 kN/m <sup>3</sup> ; 25 kN/m <sup>3</sup>
Staal	78,5 kN/m <sup>3</sup>
Afwerklaag	20 kN/m <sup>3</sup>
Grond natte toestand	20 kN/m <sup>3</sup>
Grond droge toestand	17 kN/m <sup>3</sup>
Water	10 kN/m <sup>3</sup>

#### 6.2.1.2 Rustende belasting

Aangenomen rustende belasting van woonruimte vloeren:

Onderdeel	Belasting aanname
70mm Vloerafwerking	1,4kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,25kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>1,8kN/m<sup>2</sup></b>
Gevel gewicht	2,5 kN/m <sup>2</sup>



Figuur 6—1 Aangenomen opbouw standaard vloer

Aangenomen rustende vloerbelasting van kantoor vloeren en interne vloeren van het plint gebouw:

Onderdeel	Belasting aanname
70mm Vloerafwerking	1,4kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,25kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>1,8kN/m<sup>2</sup></b>
Gevel gewicht	2,5kN/m <sup>2</sup>

Aangenomen rustende vloerbelasting van techniekruimten:

Onderdeel	Belasting aanname
70mm Vloerafwerking	1,4kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,25kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>1,8kN/m<sup>2</sup></b>
Gevel gewicht	2,5 kN/m <sup>2</sup>

Aangenomen rustende belasting voor keldervloeren:

Onderdeel	Belasting aanname
20mm isolatie + 65mm vloerafwerking	1,4kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,25kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>1,8kN/m<sup>2</sup></b>

Aangenomen rustende belasting voor dakvloeren

Onderdeel	Belasting aanname
Isolatie en waterdichte lag	0,1kN/m <sup>2</sup>
70mm vloerafwerking	1,4kN/m <sup>2</sup>
Plafond	0,25kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,15kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>1.9kN/m<sup>2</sup></b>

Aangenomen rustende belasting voor externe verdiepingen in het plint gebouw

Onderdeel	Belasting aanname
Daktuin	20kN/m <sup>2</sup>
Afwerking en isolatie	0,2kN/m <sup>2</sup>
Leidingen etc.	0,5kN/m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>20,7kN/m<sup>2</sup></b>

## 6.2.2 Variabele belasting

### 6.2.2.1 Opgelegde vloerbelasting

Variabele belasting conform Nationale Bijlage van NEN EN 1991-1-1.

Variabele belasting is verschillend aangenomen per gebruik (uniforme belasting "NR" zijn niet-reduceerbaar)

**Tabel 6—3 Opgelegde vloerbelasting volgens NEN EN 1991-1-1**

Gebruik	Gelijkmatig verdeelde belasting (kN/m <sup>2</sup> )	Lichte scheidingswanden	Geconcentreerde belasting* (kN)
Kantoor (Cat B)	2,5	1,5	3,0
Dak niet openbaar toegankelijk (Cat H)	1,0		1,5
Woonfunctie - trappen, hallen en gedeelde ruimten (Cat A&B)	3,0		3,0
Woonfunctie – appartement (Cat A)	1,75	1,2	3,0
Woonfunctie – balkon (Cat A)	2,5		3,0
Buitenruimte plintgebouw	5,0		7,0
Garage (Cat F)	2,0		10,0
Techniekrumten (Cat E)	10 (NR)		7,0
Gedeelde ruimten (Cat A)	5,0		7,0
Voorzieningen (Cat A)	5,0	1,2	7,0

\* Geconcentreerde belasting wordt verdeeld over een oppervlakte van 100mm x 100mm.

De geconcentreerde belasting kan hoger uitvallen indien hoogwerkers tijdens de bouw of onderhoud nodig zijn. Met name in gangen en atriums moet hiernaar gekeken worden omdat de waarde tot wel 12,5kN kan oplopen, zie fabrieksgegevens van de hoogwerkers.

De scheidingswanden worden beschouwd als variabele belasting en dus vermenigvuldigd met momentaan factoren bijbehorend bij de functie, daarom zijn er conservatieve waardes aangenomen. Lichte scheidingswanden hebben een aangenomen belasting van 1,2, wat ruim voldoende is voor woonfunctie ruimten. Voor kantoorruimtes wordt 1,5 aangenomen om de functie van flexibiliteit te voorzien. In een volgende fase kan het daadwerkelijke gewicht van de scheidingswanden nader bekeken worden en kan de belasting eventueel verlaagd worden.

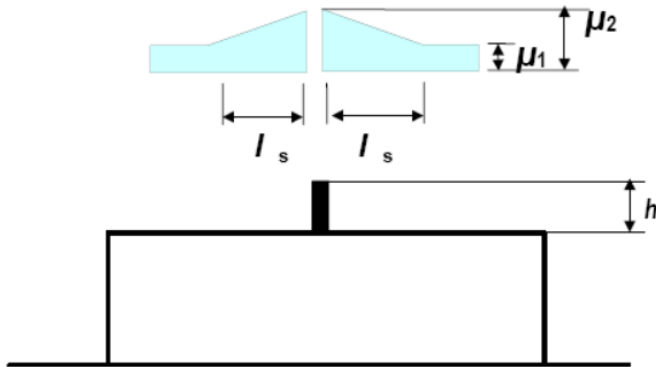
### 6.2.2.2 Sneeuw belasting

Sneeuwbelasting wordt berekend conform NEN EN 1991-1-3. Extra aandacht moet uitgaan naar sneeuwophoping op balkons bij de verspringingen van de toren.

Karakteristieke sneeuwbelasting	$s_k$	0,7	kN/m <sup>2</sup> (NA: cl. 4.1)
Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt	$\mu_i$	0,8	(cl. 5.3)
Blootstellingscoëfficiënt	$C_e$	1,0	(NA: cl. 5.2)
Warmtecoëfficiënt	$C_t$	1,0	(NA: cl. 5.2)
Sneeuwbelasting op het dak	$s = \mu_i C_e C_t s_k$	0,56	kN/m <sup>2</sup>

Sneeuwophoping bij uitstekende delen en obstakels worden berekend conform NEN EN 1991-1-3.

Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt 1	$\mu_1$	0,8 (cl. 6.1)
Sneeuwbelastingvormcoëfficiënt 2	$0,8 < \mu_2 < 2,0$	$\gamma h/s_k$ (cl. 6.2)
Blotstellingscoëfficiënt	$5,0\text{m} < l_s < 15,0\text{m}$	$2h$ (cl. 6.3)



Figuur 6—2 Sneeuwbelasting vormcoëfficiënten bij obstakels

### 6.2.2.3 Balustrade en borstwering belasting

Horizontale belasting op de constructie zal worden berekend volgens de belastingen uit NEN EN 1991-1-1.

Plaats	$q_k$ (kN/m)
Woonfunctie	0,3
Algemene ruimten nabij woonfunctie	0,5
Restaurants en cafés	0,8
Balkon en dak ruimten	0,8
Looppaden in de garage	0,8

### 6.2.2.4 Windbelasting

#### Algemeen

In het beschreven ontwerp worden de Eurocode aanhouden voor de windbelastingen waarbij uitgegaan wordt van een rechthoekige plattegrond, hetgeen conservatief is. Zoals aangegeven in het TNO-rapport kan er in de volgende fase rekening gehouden worden met windbelastingen vanuit de windtunneltesten.


De toegepaste windbelasting kan gereduceerd worden in de volgende fase welke geen afbreuk zal doen aan de hier gepresenteerde principes, maar kan wel leiden tot een verlaging van wapening en/of reductie op de constructieafmetingen van kolommen, balken en wanden.

Windbelasting is conform de Nationale Bijlage en NEN EN 1991-1-4.

## Ontwerpwaarden

Hieronder staan de gebruikte waarden om tot de windbelasting te komen.

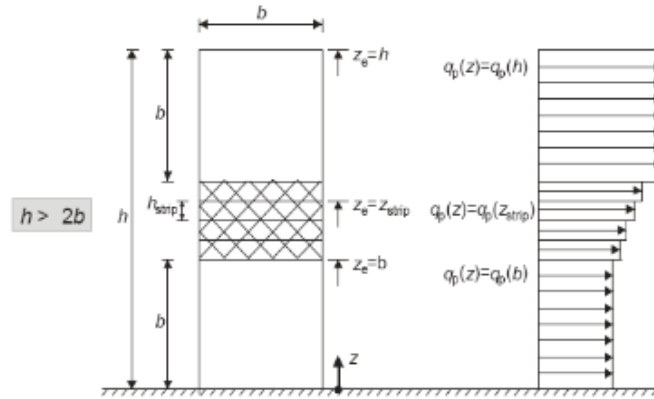
Tabel 6—4 Ontwerpwaarden windbelasting

Ontwerp parameter	Waarde	Referentie
Fundamentele basiswindsnelheid, $v_{b,0}$ Rotterdam bevindt zich in windgebied 2.	27,0m/s	NEN EN 1991-1-4 4.2
 <p>— Kuststrook ■ Windgebied 1 ■ Windgebied 2 ■ Windgebied 3</p>		
Windrichtingsfactor, $C_{dir}$	1,0	NEN EN 1991-1-4 4.2
Seizoensfactor, $C_{season}$	1,0	NEN EN 1991-1-4 4.2
Waarschijnlijkheidsfactor, $C_{prob}$	1,0	NEN EN 1991-1-4 4.2
Ruwheidslengte (table NB.3, cat II), $Z_0$	0,2 m	NEN EN 1991-1-4 4.3
Minimale hoogte (table NB.3, cat II), $Z_{min}$	4 m	NEN EN 1991-1-4 4.3
Orografie factor, $C_0$ ( Conservatieve waarde)	1,0	NEN EN 1991-1-4 4.3
Turbulentiefactor, $K_t$	1,0	NEN EN 1991-1-4 4.4
Afmetingsfactor, $C_s$	0,83	NEN EN 1991-1-4
Dynamische factor, $C_d$	1,2	NEN EN 1991-1-4
Krachtcoëfficiënt, $C_f$	1,6	NEN EN 1991-1-4 & NTA 4614-3
Ontwerp variabele	Waarde	Referentie
Hoogte, $z$	286 m	Vanaf de grond tot het hoogste punt
Referentie gemiddelde (basis)stuwdruk, $q_b$	0,46 kN/m <sup>2</sup>	NEN EN 1991-1-4
Extreme stuwdruk, $q_p$	2,07 kN/m <sup>2</sup>	NEN EN 1991-1-4 4.5

**Geometrie effect windbelasting**

De stuwruk voor de toren wordt bepaald volgens Figuur 6—3 Eurocode stuwruk verdeling voor hoge gebouwen

omdat de hoogte groter is dan tweemaal de breedte van het gebouw.

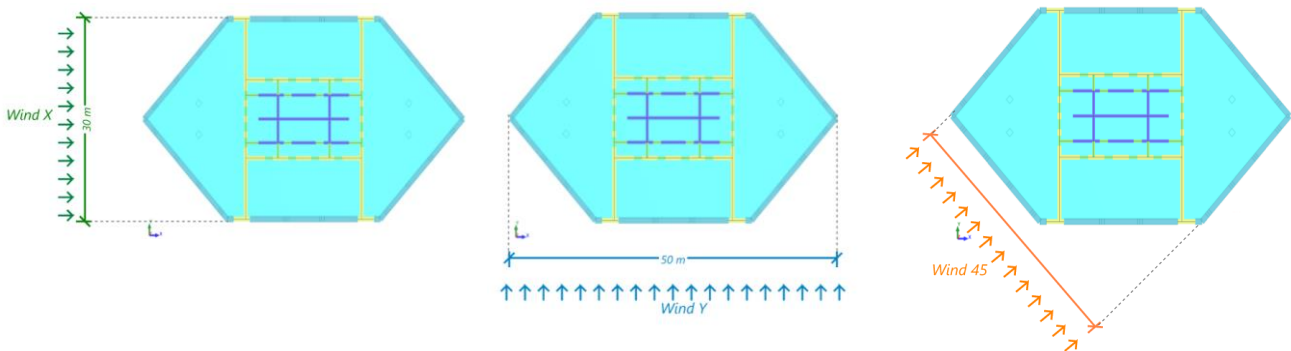


**Figuur 6—3 Eurocode stuwruk verdeling voor hoge gebouwen**

Zie het rapport VO-H003 Gewichts- en Stabiliteitsrapport voor de uitgewerkte windbelasting.

**Windbelasting richting**

Drie hoofdrichtingen zijn gebruikt voor het gebouwontwerp, gekozen op basis van inzicht en ervaring. Het windoppervlak is hierdoor dus 50 meter in een richting en 30 meter in de andere richting. De windtunnel resultaten zullen tot een belastinggeval leiden per 15 graden. Deze zal daarna in het EEM worden ingevoerd.



**Figuur 6—4 Windrichtingen**



### 6.2.2.5 Horizontale belasting ten behoeve van imperfecties

Een horizontale belasting wordt toegepast met het oog op imperfecties van het raamwerk volgens NEN EN 1992-1-1 5.2(7). Hier wordt uitgegaan van de volgende scheefstand:

Ontwerp Parameters	Waarde	Referentie
Waarde gegeven in de nationale bijlage : $\Theta_0$	1/300	NA NEN EN 1992-1-1 5.2
Reductie factor voor de hoogte $\alpha_h$ (L is als 3,1 genomen voor de woonverdiepingen)	1	NEN EN 1992-1-1 5.1
Reductie factor voor aantal elementen $\alpha_m$ (m is als 34 genomen per vloer)	0,72	NEN EN 1992-1-1 5.1
$\Theta$	0,0024	

Er zijn twee imperfectie belastingcombinaties zijn gemaakt voor elke zwaartekracht belasting. Deze komen overeen met de hoofdrichtingen (+X en +Y).

Zwaartekracht belasting combinatie	Overeenkomstige NHL in +X richting	Overeenkomstige NHL in +Y richting
SW	NSW X	NSW Y
slab SDL	slab NSDL X	slab NSDL Y
façade SW	façade NSW X	façade NSW Y

### 6.2.2.6 Verticale belasting door vervoer, kranen en onderhoud

Belastingen door trappen, liften en bijbehorende techniekruimten worden ondersteund door de vloeren.

### 6.2.2.7 Grond- en waterdruk

Het funderingsontwerp is buiten de scope van dit project en kan worden gevonden in de documentatie van Tielemans *MM20029\_Document\_DO-C001\_Uitgangspuntendocument*.

### 6.2.2.8 Grondbelastingeffect op keerwanden

De verwachting is dat er geen keerwanden nodig zijn voor dit project.

### 6.2.2.9 Stootbelasting

Voertuigen met een lage snelheid kunnen botsen op kolommen en onderdelen van de constructie in de kelder. De volgende volgorde van oplossingen wordt gebruikt:

1. Waar mogelijk zullen barrières worden gebruikt om de constructie te beschermen.
2. Waar geen bescherming mogelijk is, wordt de constructie ontworpen op botsingbelasting conform bijlage B van NEN-EN 1991-1-1. Er is aangenomen dat voertuigen met een massa van meer dan 2500 kg niet in de garage kunnen komen.

$$F = \frac{0,5 \times m \times v^2}{\delta_c + \delta_b}$$

$m$  is 1500 kg;

$v$  is 4,5 m/s;

$\delta_c$  is 100 mm, tenzij betere informatie beschikbaar is.

Er wordt aangenomen dat kolommen zich als starre kering gedragen. Daardoor kan de karakteristieke kracht gelijk aan 150kN zijn genomen en deze grijpt aan op 375mm boven het vloerpeil. De belasting mag worden verspreid over 1,5m aan barrière, volgend uit Annex B in NEN EN 1991-1-1. Alle elementen nabij een voertuig route worden hierop ontworpen.

### 6.2.2.10 Temperatuur effect

Thermische belasting moet conform NEN EN 1991-1-5 en bijgaande Nationale Bijlage worden bekeken. Echter wordt er in deze fase niet naar gekeken en ligt de verantwoordelijkheid bij de aannemer.

Er wordt ontworpen op interne spanningen door uitzetting of verkorting van elementen door temperatuur, krimp, kruip en grondzetting.

Er wordt gestreefd om de belasting van bovenstaande effecten te minimaliseren. Indien dit niet of in mindere mate lukt, zijn de equivalente temperatuur belastingen gebruikt.

Aanvangstemperatuur	$T_o$	10	°C (tenzij nader vastgesteld)
Temperatuur binnen omgeving	$T_{in}$	17	°C
Max. luchttemperatuur schaduw	$T_{max}$	30	°C
Min. luchttemperatuur schaduw	$T_{min}$	-25	°C
Directe zonbestraling	$T_{out}$	50	°C (heldere licht)
		60	°C (licht gekleurd)
		75	°C (donker)
Temperatuur ondergrondse delen	$T_{out}$	10	°C

### 6.2.3 Buitengewone belasting

Zie afzonderlijk document VO-H002 Robuustheid.

#### 6.2.3.1 Ontploffingen

Vanwege de gevolgklasse (CC3) van het gebouw moet ontploffingsbelasting mogelijk worden meegenomen in het ontwerp. In een systematische risicoanalyse van het gehele project wordt dit bekeken.

#### Gasexplosie

Belastingen door gasexplosies hoeven alleen te worden gecontroleerd indien er gas wordt gebruikt in een ruimte volgens NEN EN 1991-1-7+C1/NB Bijlage D. Omdat dit gebouw niet aangesloten wordt aan het gasnet hoeft dit niet in acht te worden genomen.

## 7 Vervormingen en trillingen

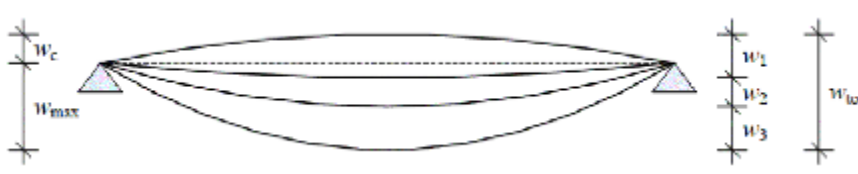
Voor vervormingen en trillingen wordt uitgegaan van de eisen die in NEN-EN 1990 A1.4 zijn opgenomen. De bruikbaarheidscriteria behoren voor elk project te zijn vastgesteld en overeengekomen met de opdrachtgever. Tevens moeten volgens de NB de strengste criteria volgens NEN-EN 1990 A1.4.3, A1.4.4 en NEN-EN 1992 t/m NEN-EN 1999 zijn gebruikt.

### 7.1 Vervormingen en horizontale verplaatsingen

Doorbuigings- en trillingscriteria uit NEN-EN 1990 A1.4 worden gebruikt als limieten. De strengste criteria moeten worden gebruikt volgens NEN-EN 1990 A1.4.3, A1.4.4 en NEN-EN 1992 tot NEN-EN 1999, naast eisen die door de opdrachtgever worden gesteld.

#### 7.1.1 Vloeren en balken

Voor vloeren en balken gelden vervormingscriteria gebaseerd op onderstaand figuur.



Figuur 7—1 Verticale doorbuigingen volgens NEN EN 1990 NB

- $w_c$  zeeg van het onbelaste constructief element
- $w_1$  doorbuiging onder de blijvende belastingen uit de van toepassing zijnde belastingcombinatie
- $w_2$  doorbuiging lange termijn onder quasi-blijvende belastingcombinatie
- $w_3$  doorbuiging onder de veranderlijke belastingen uit de van toepassing zijnde belastingcombinatie
- $w_{tot}$  totale doorbuiging
- $w_{max}$  blijvende totale doorbuiging

De vervormingscriteria zijn conform NEN-EN 1990 cl. A1.4.3

Vloeren met scheurgevoelige wanden ( $w_2 + w_3$ ) (frequente combinatie)	$w_{ij} \leq 1/500 \cdot l_{ep}$
Vloeren en daken intensief door personen gebruikt ( $w_2 + w_3$ ) (frequente combinatie)	$w_{ij} \leq 3/1000 \cdot l_{ep}$
Daken ( $w_2 + w_3$ ) (karakteristieke combinatie)	$w_{ij} \leq 1/250 \cdot l_{ep}$

Indien het uiterlijk van de constructie wordt beschouwd:

Vloeren en daken ( $w_1 + w_2 + w_3$ ) (quasi-blijvende combinatie)	$w_{end} \leq 1/250 \cdot l_{ep}$
---	-----------------------------------

In het geval dat er scheurgevoelige elementen voorzien zijn in het ontwerp, zal de limiet worden beschouwd als een toelaatbare hoekverdraaiing, die een bepaalde verticale verplaatsing met zich meegeeft. Als deze gehandhaafd wordt zal het geen schade aan de constructie-elementen opleveren.

### 7.1.2 Gevel ondersteunende constructie

De constructie, waar de gevelpanelen aan wordt bevestigd en door worden ondersteund, is ontworpen met de volgende criteria:

- Speling tegen verticale vervorming tussen de gevelpanelen: 20mm per paneelvoeg door veranderlijke belasting of differentiële lange termijneffecten
- Speling tegen horizontale vervorming tussen gevelpanelen:  $h/500$

### 7.1.3 Horizontale verplaatsingen

Bij hoge gebouwen kunnen er grote horizontale verplaatsingen optreden aan de top, vaak zijn deze maatgevend in het ontwerp. Aan de volgende eisen moet worden voldaan (NEN-EN 1990 art. A1.4.3(7)):

Gebouwen met meer dan één bouwlaag  $h_{or} \leq h/300$  per bouwlaag  
 $h_{or} \leq h/500$  voor het hele gebouw

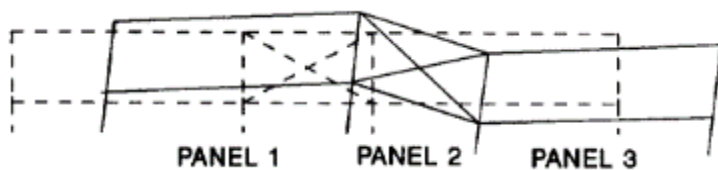
$h_{or}$ : horizontale verplaatsing bij karakteristieke belastingcombinatie (6.14b)

### Totale zijdelingse uitwijking toren

In de normen zijn er criteria voor totale zijdelingse uitwijking. Dit heeft geen significant effect op de bruikbaarheidsgrenstoestand, omdat het geen relatieve vervorming van de gevel of gevelpanelen veroorzaakt, en de liften kunnen hierop worden ontworpen. Conform de National Bijlage is het gebruikelijk een limiet van  $H/500$  aan te houden. Voor zeer hoge gebouwen kan een minder strikte limiet worden gebruikt, indien aan de criteria van horizontale verplaatsing per verdieping wordt voldaan.

### Zijdelingse uitwijking per verdieping en afschuifvervorming (shear racking)

De gevel en wanden kunnen scheuren door overmatige afschuifvervorming. Voor de zijdelingse uitwijking per verdieping is een limiet bepaald van  $h/300$  ( $h$  is verdiepingshoogte) conform de NL Annex met de karakteristieke belastingcombinatie 6.14b.



Figuur 7—2 Voorbeeld afschuifvervorming (shear racking)

Om de schade te bepalen door afschuifvervorming kan een bepaalde index worden gebruikt, de zogenaamde Damage Measurement Index (DMI). Afschuifvervorming kan worden verergerd door ongelijke zettingen of kolomverkorting, dit wordt door DMI ook meegenomen. In een later ontwerp stadium worden de positieve of negatieve effecten van zijdelingse verplaatsing van verdiepingen bekeken en indien nodig meegenomen in het ontwerp.

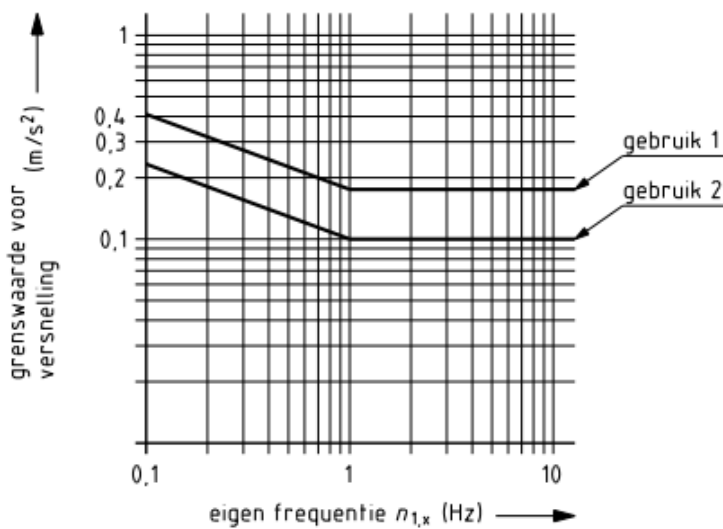
## 7.2 Dynamica en trillingen

### 7.2.1 Dynamica

Het dynamische gedrag is geanalyseerd met behulp van een eigenfrequentie analyse. Het eigengewicht van alle elementen plus andere permanente belastingen zijn allemaal omgezet in dynamische massa's. Er is geen rekening gehouden met variabele belasting behalve in de techniekruimten. Voor de stijfheid van kolommen is het voordelig als er een puntlast op deze kolommen staat, dit is meegenomen in de dynamische massa.

### 7.2.2 Trillingen

De criteria voor het comfort van gebruikers van gebouwen zijn bepaald m.b.v. de Eurocode. Er moet een 1-jarige herhalingsperiode voor de windbelasting zijn gebruikt. De grenswaarde volgt uit onderstaand figuur, NB.3 in de NL Annex van NEN-EN 1990. Het gebouw valt onder categorie "gebruik 2".



Figuur 7—3 Grenswaarde versnellingen voor 1-jarige herhalingsperiode

Tijl Uijtenhaak  
Buro Happold B.V.  
Stationsplein 45 A4.004  
3013 AK Rotterdam  
Netherlands

T: +31 (0)6 38 431661

Email: [Tijl.Uijtenhaak@burohappold.com](mailto:Tijl.Uijtenhaak@burohappold.com)