

RAPPORT

Nieuw Stadion Feyenoord

*Structural Narrative – leeswijzer
berekenningsrapportages en fasedocument*

Klant: Nieuw Stadion BV

Referentie: I&B BF3499 R020 F2.0

Status: 2.0/Definitief

Datum: 1 juni 2020



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85
3068 AX ROTTERDAM
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Nieuw Stadion Feyenoord

Ondertitel: *Structural Narrative Definitief Ontwerp*
Referentie: I&B BF3499 R020 F2.0
Status: 2.0/Definitief
Datum: 1 juni 2020
Projectnaam: Feyenoord City
Projectnummer: BF3499
Auteur(s): Ir. ■ ■ ■

Opgesteld door: Ir. ■ ■ ■

Gecontroleerd door: Ir. ■ ■ ■

Datum/paraaf: 1-6-2020

Goedgekeurd door: Ir. ■ ■ ■

Datum/paraaf: 1-6-2020

Classificatie

Projectgerelateerd



Disclaimer

Niets uit deze specificaties/drukwerk mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van HaskoningDHV Nederland B.V.; noch mogen zij zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor andere doeleinden dan waarvoor zij zijn vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor deze specificaties/drukwerk ten opzichte van anderen dan de personen door wie zij in opdracht is gegeven en zoals deze zijn vastgesteld in het kader van deze Opdracht. Het geïntegreerde QHSE-managementsysteem van HaskoningDHV Nederland B.V. is gecertificeerd volgens ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 en ISO 45001:2018.

Inhoud

Inleiding	1
1 Het project	2
2 Post-DO Fase	5
2.1 Aanvraag omgevingsvergunning	5
2.2 Definitief Ontwerp	5
3 Wijzigingen ten opzicht van het DO september '19	5
3.1 Optimalisaties	5
4 Omschrijving Ontwerp	8
5 Referenties	11
5.1 Externe Documenten	11
5.2 Interne Documenten	12
6 Beschrijving Rapportages	14
6.1 I&B BF3499_R021 Uitgangspuntenrapport Constructies	14
6.2 I&B BF3499_R022 Ontwerpberekening Dak	14
6.3 I&B BF3499_R023 Ontwerpberekening Tribune & Onderbouw	15
6.4 I&B BF3499_R024 Ontwerpberekening Spooroverbouw	15
6.5 I&B BF3499_R025 Integrale Gewichtsberekening Stadion	16
6.6 I&B BF3499_R026 Analyse Dynamica	16
6.7 I&B BF3499_R027 Robuust ontwerpen en tweede draagweg	17
6.8 I&B BF3499_R028 CFD Analyse	18
6.9 T&P BF3499_R014 Geotechniek – Funderingsadvies DO	18
6.10 ROH-001-CO-RO101 Maffeis – Mechanical Components	19
6.11 190909 RWDI Project 1902583 – Windtunnelonderzoek	20
7 Openstaande punten	21
7.1 Aandachtspunten algemeen	21
7.2 Samenvatting Issues	22
7.3 Afwijkingen ten opzicht van het PVE	23
7.3.1 Eisen met classificatie 'constructie'	23
7.3.2 Eisen met directe relatie discipline 'constructie'	24

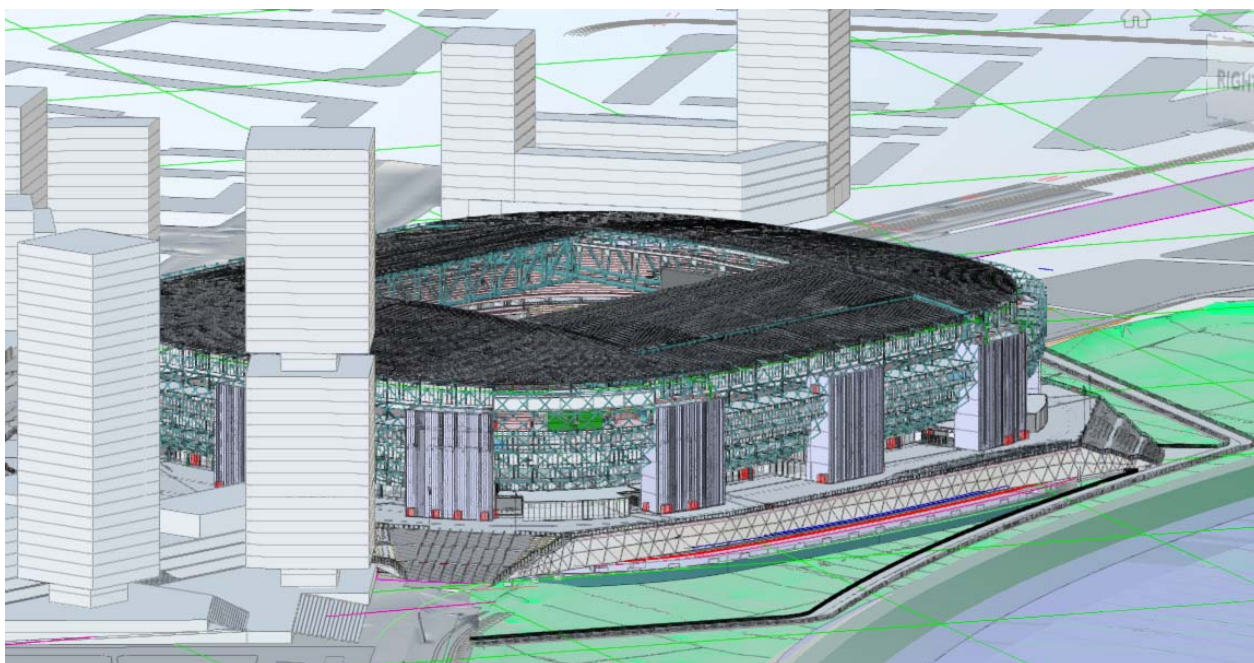
8	Review	24
9	Risico's	24
10	Management samenvatting	25
10.1	Reflectie	25
10.2	Vervolg	26
	Bijlagen	27
A1	Documentlijst Constructies - Bouwaanvraag	
A2	Documentlijst Constructies - Definitief Ontwerp	

Inleiding

Begin januari 2020 is het projectteam van RHDHV gestart met haar werkzaamheden om te komen tot een geoptimaliseerd Definitief Ontwerp (post-DO) voor het nieuwe stadion van Feyenoord, onderdeel van het Masterplan Feyenoord City. De basis van het post-DO is het oorspronkelijke DO en daarbij behorend een uitgangspuntenlijst voor *wijzigingen ten behoeve van verbeteringen en optimalisaties van het DO*. Parallel hieraan zijn ook de werkzaamheden voortgezet die moeten leiden tot een aanvraag Omgevingsvergunning, welke op 6 mei 2020 is ingediend bij het bevoegd gezag. Tenslotte wordt ook het Masterplan Feyenoord City zelf doorontwikkeld tot een definitieve versie.

Voor u ligt de 'Structural Narrative' voor de fase Definitief Ontwerp (post-DO) voor het nieuwe stadion voor Feyenoord gelegen in de ontwikkeling Feyenoord City. Deze rapportage heeft dan ook betrekking op de discipline Structural Design. De rapportage is bedoeld als leeswijzer voor alle rapportages en berekeningen die zijn opgesteld om te komen tot een geoptimaliseerd Definitief Ontwerp. Daarnaast doet het document dienst als fasedocument ter afronding van de fase Definitief Ontwerp (post-DO).

In hoofdstuk 1 tot en met 4 wordt een beschrijving van het project gegeven om de (fysieke) kaders aan te geven. Tevens wordt beknopt aangegeven wat het doorlopen proces is geweest om te komen tot dit Definitief Ontwerp. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van alle onderliggende en bijbehorende rapportages en berekeningen. Dit om de onderliggende samenhang te verduidelijken. In hoofdstuk 6 worden korte samenvattingen gegeven van alle documenten zodat het voor de lezer snel duidelijk wordt waar bepaalde aspecten van het ontwerp worden behandeld. Ten slotte zijn vanaf hoofdstuk 7 tot en met hoofdstuk 10 de samenvatting en conclusie geschreven met daarmee samenhangend de risico's en aanbevelingen.



BIM360 model: het nieuwe stadion binnen de toekomstige bebouwing van het masterplan

1 Het project

Feyenoord City is een unieke gebiedsontwikkeling aan de zuidelijke oever van de Maas. Deze gebiedsontwikkeling heeft tot doel om, binnen de Gebiedsvisie Stadionpark van de gemeente Rotterdam, een stuk stad van Rotterdam te herpositioneren. In deze ontwikkeling is een belangrijke rol weggelegd voor het nieuwe stadion van voetbalclub Feyenoord en de herontwikkeling van het huidige stadion De Kuip, een gemeentelijk monument, maar ook voor het oplossen van mobiliteitsproblemen, het realiseren van nieuwe woningbouw in Rotterdam Zuid en het creëren van aantrekkelijke openbare ruimte. Om deze vraagstukken op te lossen heeft OMA, in samenwerking met projectgroep Feyenoord City en gemeente Rotterdam, een masterplan ontwikkeld. Dit masterplan kent 3 hoofdonderdelen:

1. Het nieuwe stadion voor Feyenoord;
2. De herontwikkeling van De Kuip;
3. Het overige programma van Feyenoord City.



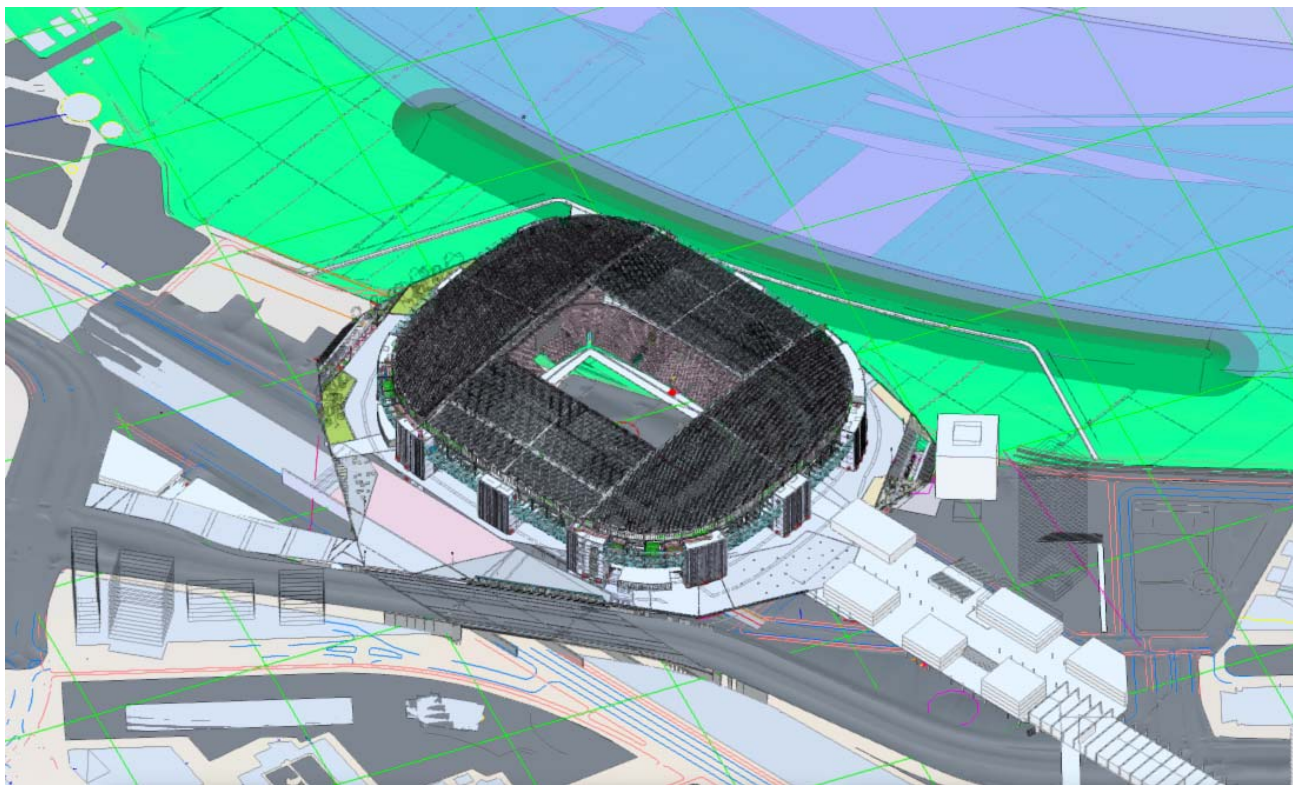
Gebiedsontwikkeling van Stadionpark

Uit buitenlandse voorbeelden in de VS, Australië en Europa blijkt dat grootschalige binnenstedelijke stadion projecten niet los gezien kunnen worden van de context waarin ze ontwikkeld worden. Het te ontwikkelen gebied moet in staat de grootschaligheid van de evenementen in het stadion te faciliteren, maar moet ook een levendig en aantrekkelijk onderdeel van de stad zijn als het stadion niet voor grootschalige evenementen gebruikt wordt. Daarom is het masterplan op zo'n manier ontwikkeld dat een nieuw stadion van Feyenoord op een iconische locatie wordt gerealiseerd maar ook een nieuw stuk stad dat De Veranda, Sportdorp, Zomerland en IJsselmonde beter verbindt met de rest van Rotterdam Zuid. De barrière die nu aanwezig is vanwege het spoor en de grote ongebruikte ruimte in en rondom de stadiondriehoek, wordt geslecht door de introductie van de Strip - een driedimensionaal volume met parkeren en commercieel en maatschappelijk programma - van waaruit verbindingen over het spoor en met de bestaande infrastructuur worden gecreëerd. In het gebied is veel ruimte gereserveerd voor nieuwe woningen en bruikbare en aantrekkelijke openbare ruimte; twee cruciale programma elementen die nu ontbreken en de kloof tussen de verschillende woongebieden vergroten.

Randvoorwaarden en Raakvlakken

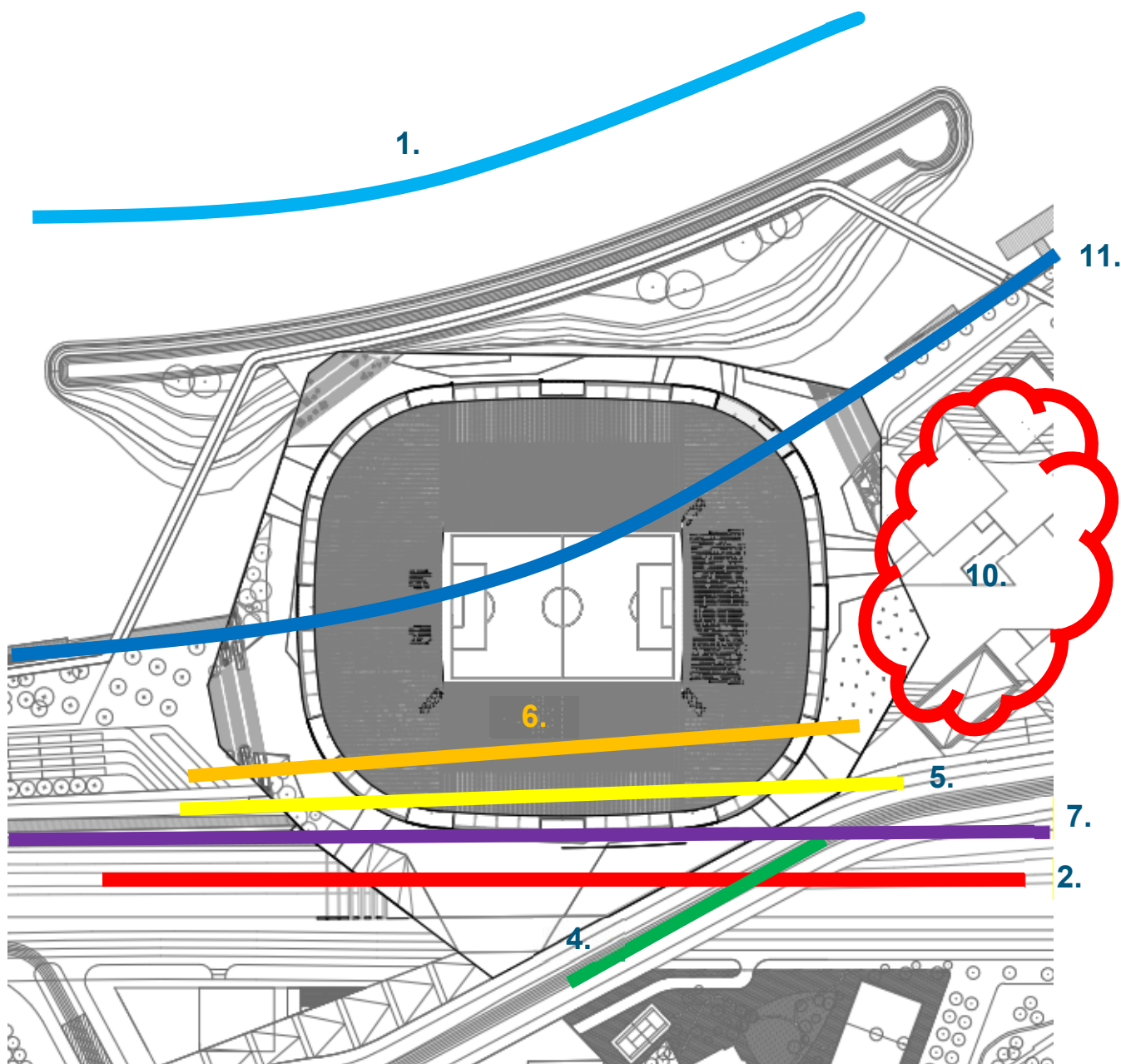
Het nieuwe stadion is geprojecteerd in een gebiedsdeel van Rotterdam waar bovengemiddeld veel belangrijke raakvlakken aanwezig zijn die elk hun eigen randvoorwaarden, eisen en uitgangspunten stellen aan het ontwerp. Deze aspecten zijn vertaald in het Programma van Eisen. Ten aanzien van het Constructief Ontwerp zijn de belangrijkste daarvan:

1. de rivier de Nieuwe Maas;
2. het spooreplacement;
3. plasbrandaandachtsgebied (brand als gevolg van een brandende trein of tanker);
4. het Varkenoordse viaduct, onderdeel van de belangrijke ontsluitingsroute richting zuiden;
5. de Korte Stadionweg, gelegen tussen de Nieuwe Maas en het Varkenoordse viaduct;
6. diverse Kabels & Leidingen tracés waaronder Evides met twee hoofdtransportleidingen;
7. de primaire waterkering tussen het emplacement en de Nieuwe Maas;
8. invloed op en van het 'Groepsrisico' vanuit de VER (Veiligheid Effecten Rapportage);
9. huidige bestaande bebouwing waarvan delen zullen achterblijven (o.a. palen, kabels, leidingen);
10. toekomstige belendingen vanuit het Masterplan Feyenoord City;
11. huidige kademuur.



BIM360 model: het nieuwe stadion met enkele raakvlakken zichtbaar

In de hierna volgende figuur is ruwweg aangegeven waar al deze elementen zich bevinden ten opzichte van het stadion:



2 Post-DO Fase

2.1 Aanvraag omgevingsvergunning

Per 6 mei 2020 is de aanvraag voor de Omgevingsvergunning ingediend. Kort gezegd komt het erop neer dat een gedeelte van het onderhavige DO (resultaat post-DO fase) is gebruikt om als onderbouwing te dienen voor de hoofddraagconstructie. Het betreft in dit geval het Uitgangspuntenrapport, de rapportage Robuustheid, het windtunnelonderzoek, het geotechnisch onderzoek en een set met overzichtstekeningen, bedoeld voor de leesbaarheid van de documenten.

Aan de complete set is bovendien een memo toegevoegd waarin is verwoord wat het proces is om te komen tot een CC3-3rd party review. Deze review volgt als aanbeveling uit het Bouwbesluit en is in overleg met het Bevoegd Gezag vastgesteld als noodzakelijke actie. Zie verder de documentenlijst in bijlage A1.

2.2 Definitief Ontwerp

Per 1 juni 2020 wordt het nieuwe Definitief Ontwerp opgeleverd waar dit document deel van uitmaakt. Een nadere omschrijving van de inhoud, samenstelling en samenhang van alle documenten is terug te vinden in hoofdstuk 5. Zie verder de documentenlijst in bijlage A2.

3 Wijzigingen ten opzichte van het DO september '19

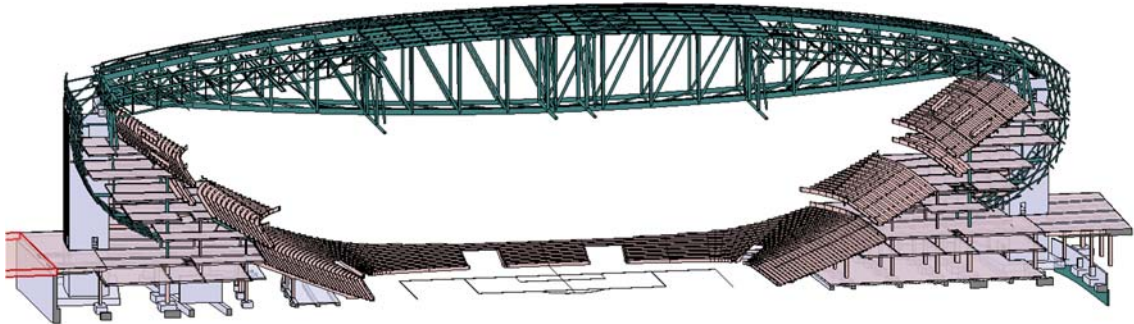
3.1 Optimalisaties

Het ontwerptraject om te komen tot het geoptimaliseerd Definitief Ontwerp (post-DO) heeft ruwweg 5 maanden geduurd. Bij aanvang is gestart met het opstellen van ontwerpnotities waarin een aantal integrale vraagstukken is uitgewerkt om de uit het DO volgende set aan optimalisaties, bezuinigingen en verbeteringen op een juiste wijze door te voeren. Dit heeft een aantal verschillen opgeleverd in het post-DO t.o.v. het DO die relevant zijn voor de uitwerking van de hoofddraagconstructie. Onderstaand worden deze verschillen weergegeven. In het volgende hoofdstuk wordt een nadere beschrijving gegeven van de hoofdpzets van de hoofddraagconstructie zoals dat in dit post-DO is uitgewerkt.

1. Optimaliseren reliëf in beton kernen:
Principieel is het maken van een reliëf in de buitenwanden van de kernen gehandhaafd echter minder diep en met aangepaste openingen, teneinde wapening te kunnen besparen.
2. Mechaniek openen tribunegaten weglaten:
Waar het DO aanvankelijk uitging van mechanische installaties voor het openen en sluiten van gaten in de hoeken van de tribunes, zijn thans modules ontworpen welke met hijsmaterieel (heftruck) kunnen worden verplaatst naar delen elders in het stadion.
3. Schuiftribune vervangen door demontabele tribune:
Idem als punt 2, in plaats van een mechanische installatie of verrijdbare tribunes als 'meubelstuk' worden stalen wegneembare modules toegepast.

4. Verhogen constructiehoogte megatruss (dakconstructie):

Als besparing is een (inwendige) verhoging van de dakconstructie doorgevoerd met een meer lensvormige hoofdligger als resultaat. Hierbij is het optimum gezocht tussen een gunstig werkende grotere inwendige hefboomsarm versus toename van te conserveren staaloppervlakte.



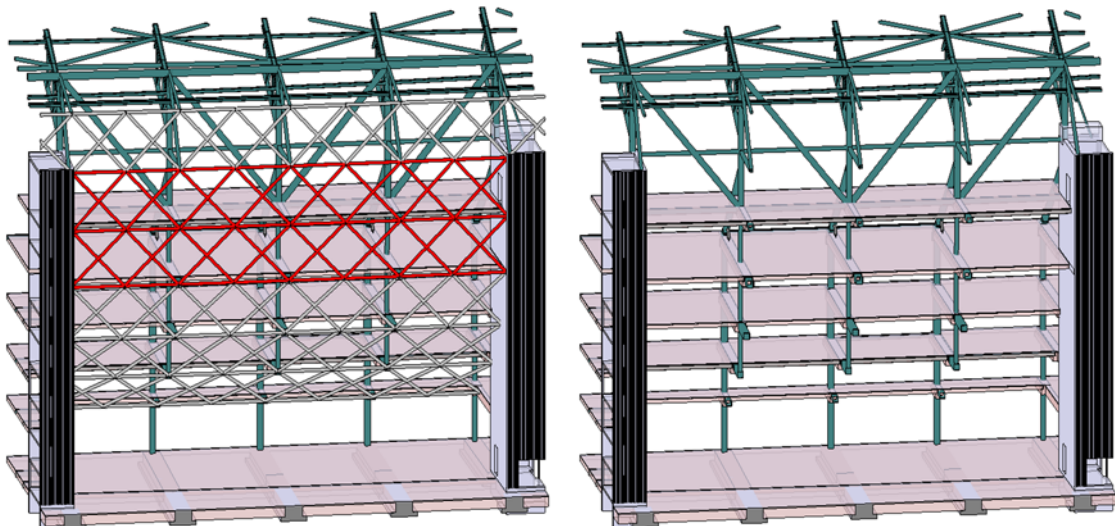
Verhoogde dakconstructie

5. Standaard H-vormige staalprofielen in het dak:

Waar mogelijk zijn gesloten buis- en kokerprofielen vervangen voor open gewalste secties. Alhoewel dit een ongunstig effect kan hebben op de kilogrammen staal, levert het toch een besparing op omdat de prijs per kilogram lager ligt.

6. Uitwerking optimalisatie Diagrid:

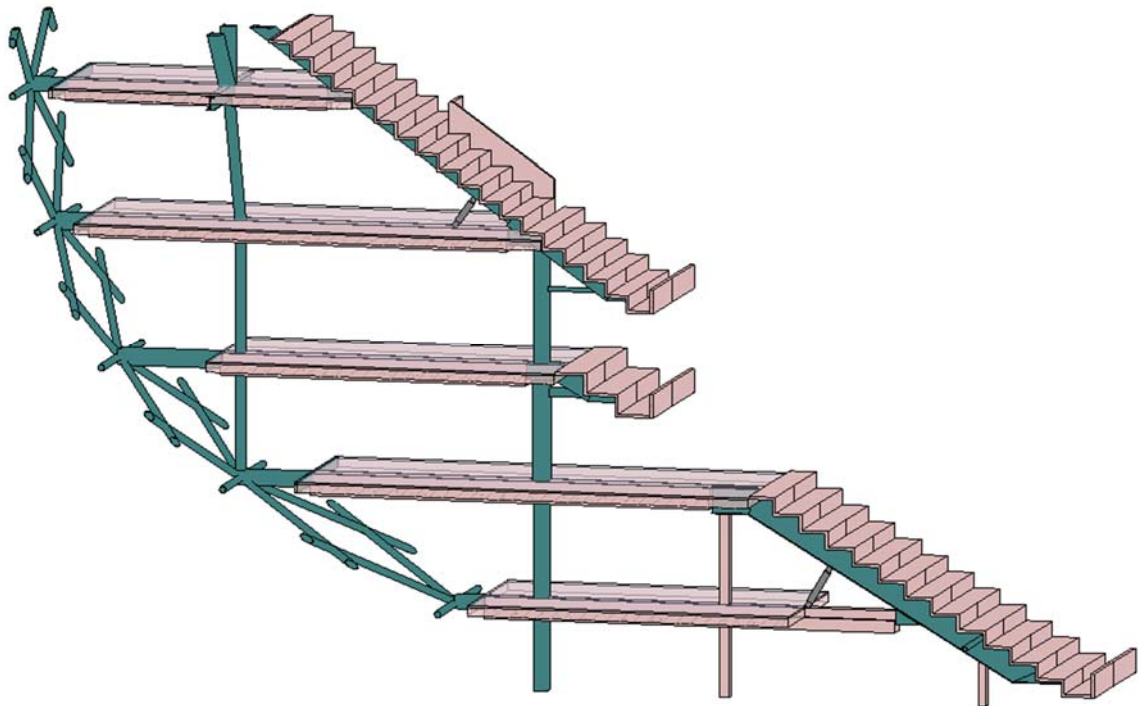
Het diagrid in de gevel, een dragende constructie over 40 meter tussen de kernen, bleek in het DO niet alleen het gewenste uiterlijk maar ook een grote kostencomponent te genereren, met name door de complexe detaillering maar ook voor wat betreft uitvoeringsmethodiek (noodzaak tot tijdelijk ondersteunen) Omdat het plaatsen van extra kolommen het visuele effect van het diagrid zou verloothen zijn er extra inwendige vakwerkconstructies voorzien om het diagrid te ontlasten en voor het onderste gedeelte slechts te laten functioneren als gevelconstructie.



Ontlasten van het diagrid: introductie extra vakwerkspanten

7. Hoofddraagconstructie tribunes tier 2 en 3 in beton in plaats van staal:

Voor het DO gold het uitgangspunt van een lichte staalconstructie om het diagrid binnen slanke en realistische afmetingen te kunnen krijgen. Met een alternatieve (aanvullende) draagweg geldt die restrictie in wat mindere mate, waardoor een aanzienlijk deel van de balken/kolommenstructuur kan worden omgezet van staal naar beton: dit levert een kostenbesparing. Dit is niet overal doorgevoerd omdat het op enkele posities binnen het integrale ontwerp fysiek niet mogelijk bleek (profiel van vrije ruimte, gebouwinstallaties) of tot ongewenst zware profielen dan wel knoopaansluitingen.



Constructie tier 2 en 3: minder staal

8. Kernwanden (binnenzijde) recht (niet rond):

Een relatief beperkte en eenvoudige ingreep was het rationaliseren van kernwanden waardoor er economischer kan worden omgesprongen met doorvalbeveiligingen en leuningen.

9. Staalkwaliteit (van S355 naar S460):

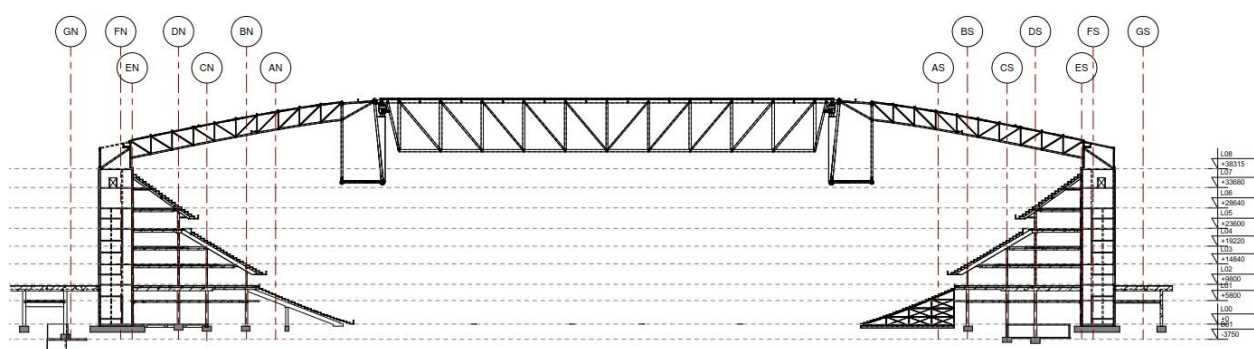
In samenhang met punt 4 en 5 is waar mogelijk een hogere staalkwaliteit toegepast, S460 in plaats van S355. De hogere staalprijs van S460 wordt ruim gecompenseerd door het lagere tonnage verwerkt staal, en levert daarmee een besparing.

10. Concourse en Spooroverkluizing:

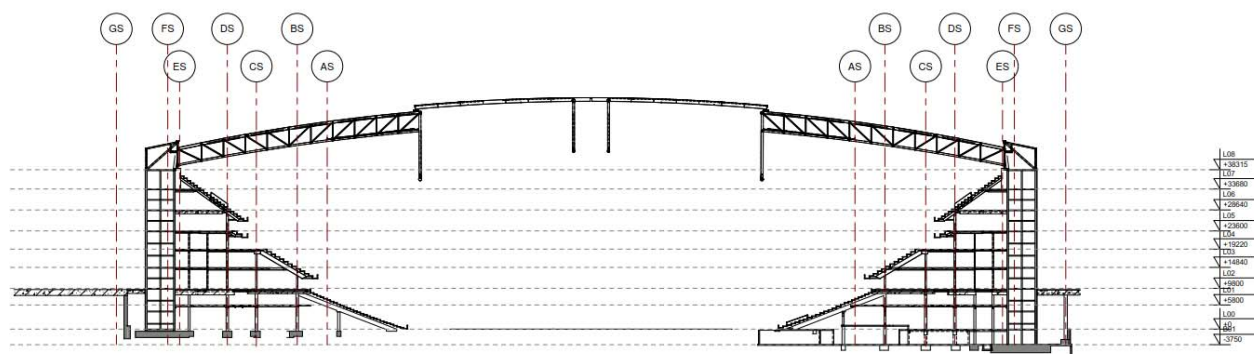
Voor de concourse constructie zijn enkele wijzigingen doorgevoerd in de overspanningsrichting wat tot een meer economische constructie heeft geleid. Daarnaast is de hoogte van de toelaatbare (verkeers-)belasting naar beneden bijgesteld van 30 naar 25 kN/m² en is het gebied waar deze belasting toegestaan is beperkter dan in het oorspronkelijke DO. Per medio 2020 is het Stedenbouwkundig Herontwerp nog in volle wording. Dit gaat ongetwijfeld invloed hebben op de huidige uitwerking van de spooroverbouw, toegangstrappen en hellingbanen, allen op het raakvlak tussen het stadion (en dan met name het concourse level L02) en de omgeving. Tot nader order is hier de oorspronkelijke DO-uitwerking aangehouden voor de trappen en zijn voor de spooroverkluizing voor een deel (aansluiting Colloseumweg) de aanpassingen wel doorgevoerd.

4 Omschrijving Ontwerp

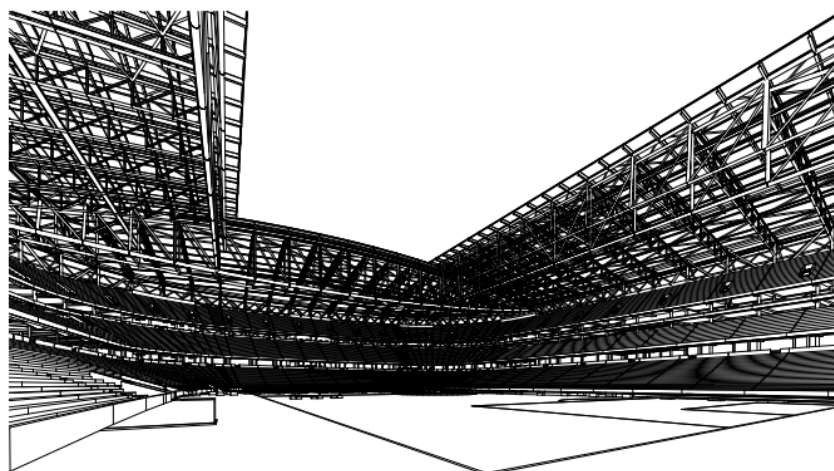
Alle constructieve elementen worden uitvoerig behandeld in de diverse deelrapportages. Voor het overzicht kan met behulp van twee doorsnedes én de doorsnedes zoals gegeven in de vorige paragraaf een overzichtelijke top-down beschrijving worden gegeven van de constructie welke bijdraagt aan het snel verkrijgen van inzicht:



Principe Langsdoorsnede



Principe Dwarsdoorsnede



Vanuit Cornervlag

Dakconstructie:

Een stalen dakconstructie bestaande uit twee hoofdspanten (megatrussen) die direct afdragen op 4 betonnen kernen van 10 x 20 (diepte x breedte) meter in omvang. De spanten zijn tot 20 meter hoog en uitgevoerd als ruimtelijk vakwerk. Tussen de hoofdspanten liggen secundaire spanten waaroverheen het beweegbare dak kan schuiven met behulp van bogies. Het dak wordt verder opgevuld door tertiaire vakwerken waarover heen polycarbonaat dakplaten worden gelegd. Aan de rand van het dak wordt het dak opgevangen door een vakwerk achter de tribunes, dat langs de omtrek van het stadion tussen de kernen overspant en tevens de lager gelegen vloeren draagt. Het dak wordt grotendeels voorzien van PV-panelen en is relatief vlak ontworpen (ten opzichte van boogconstructies). Het dak is zoveel mogelijk vrij opgelegd om thermische werking toe te staan en daarmee grote thermische krachten te voorkomen. Met dit als uitgangspunt is het dak ongedilateerd ontworpen.

Bovenbouw (tier 2 en 3):

De bovenbouw wordt gedomineerd door de twee tribunerings en twaalf kernen langs de omtrek van het stadion die stabiliteit en functionele verticale ontsluiting verzorgen. Beeldbepalend aan de buitenzijde is het Diagrid: dubbel gekromde vakwerken tussen de kernen die de krachtsafdracht van de hoger gelegen vloer- en tribunedelen naar de kernen verzorgen. Aan de binnenzijde wordt de diagrid constructie aangevuld met grote vakwerken welke eveneens over 40 meter spannen tussen de kernen. De vloeren en tribunes worden uitgevoerd met prefab constructies (kanaalplaatvloer en tribune-elementen), deze worden ondersteund door een 72-tal spanten bestaande uit een combinatie van stalen en betonnen balken en kolommen. Staal is toegepast waar slank en licht ontwerpen noodzakelijk is vanwege functionele inpassing en prefab betonelementen waar mogelijk. Beide materialen maken een hoge mate van prefabricage mogelijk. Uiteraard wordt het staal brandwerend beschermd, betimmering voor de spanten en schilderwerk voor het zichtbare diagrid. Ter plaatse van de spanten worden viskeuze dempers geplaatst om het comfort t.o.v. trillingen te verhogen. De bovenbouw is op 4x2 posities gedilateerd om de vloervelden voldoende klein te houden en daarmee de invloed van relatieve verkorting door thermische werking, zowel tijdens bouw als in gebruik, zoveel mogelijk binnen redelijke grenzen gehouden. De langste vloervelden uit één deel zijn ca. 40 meter. Het diagrid wordt volledig blootgesteld aan thermische werking en zal daardoor anders werken (vooral horizontaal) als de vloeren: deze worden daarom glijdend verbonden.

Onderbouw (tier 1 en concourse en spooroverbouw)

Voor de onderbouw gelden nadrukkelijk zwaardere belastingen en zijn de afmetingen van constructieve elementen minder kritisch. De peilhoogte van het concourse (L02) wordt namelijk bepaald door de noodzaak van de spooroverbouw en een nette aansluiting op de omgeving. Dit heeft geresulteerd in een opzet, grotendeels gebaseerd op (geprefabriceerde) betonnen constructies. In tier 1 zijn in het constructieve ontwerp enkele grote openingen terug te vinden. Deze zijn ten behoeve van de ontsluiting van het veld voor wedstrijden en evenementen. De meest in het oog springende afwijking in de constructieve stukken is het 'ontbreken' van de tribune aan de zuidzijde: hier wordt een demontabele modulaire tribune geplaatst die ruimte kan maken voor het bouwen van het podium. De aldaar aanwezige betonvloer op maaiveld is in staat om een dergelijk podium te dragen. In de onderbouw zijn specifieke ontwerp oplossingen toegepast om de Evides waterleidingen bereikbaar te houden: een aantal betonwanden doet dienst als overdrachtsbalk op de posities, waar de constructie van de bovenbouw naar beneden komt en zonder maatregelen zou clashen met de waterleidingen.

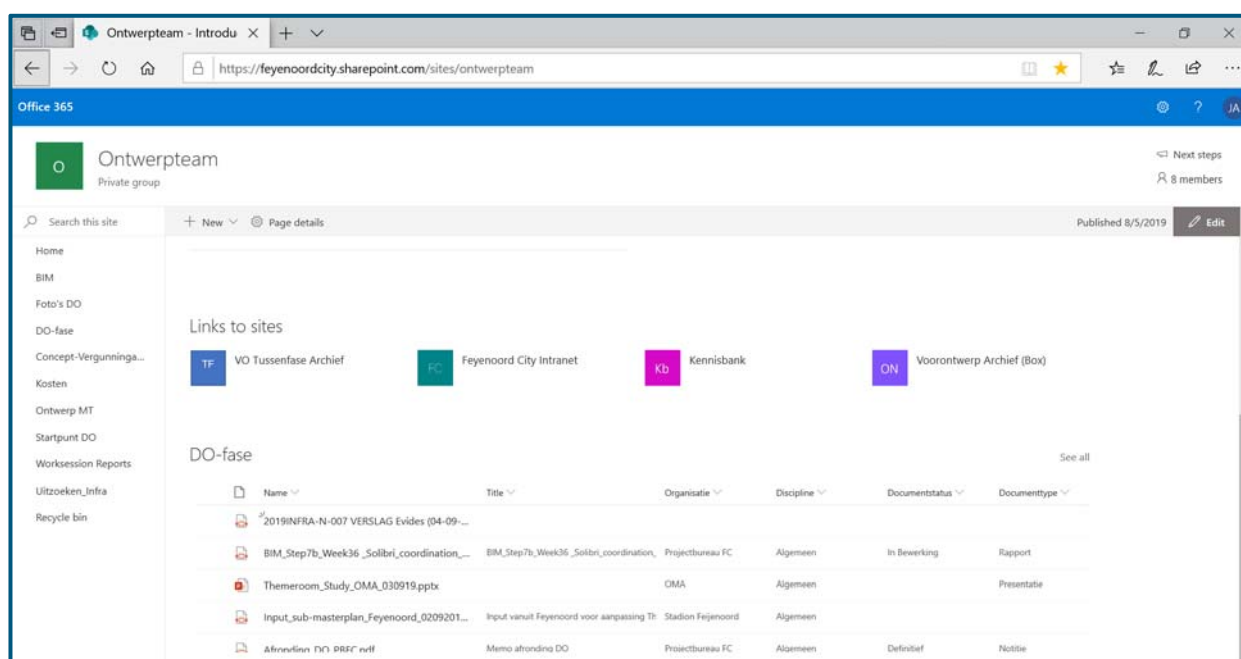
Ondergrondse constructies en fundering

Er is een beperkt aantal kelders aanwezig voor het herbergen van een sprinklerbassin, een irrigatiebassin en een spelerstunnel. Deze worden in traditioneel in het werk gestort beton uitgevoerd. Het gehele gebouw staat op palen waarbij er rekening is gehouden met zettingen van de diepere ondergrond. De fundering wordt (deels) gebouwd in nieuwe aangebrachte grond. Omdat die grond op de oude rivierbodem wordt aangebracht zal deze naar verwachting significant inklinken. De grondaanvulling moet daarom tijdig worden aangebracht om het effect op maaiveld én de negatieve kleeft op de funderingspalen zoveel mogelijk te voorkomen.

5 Referenties

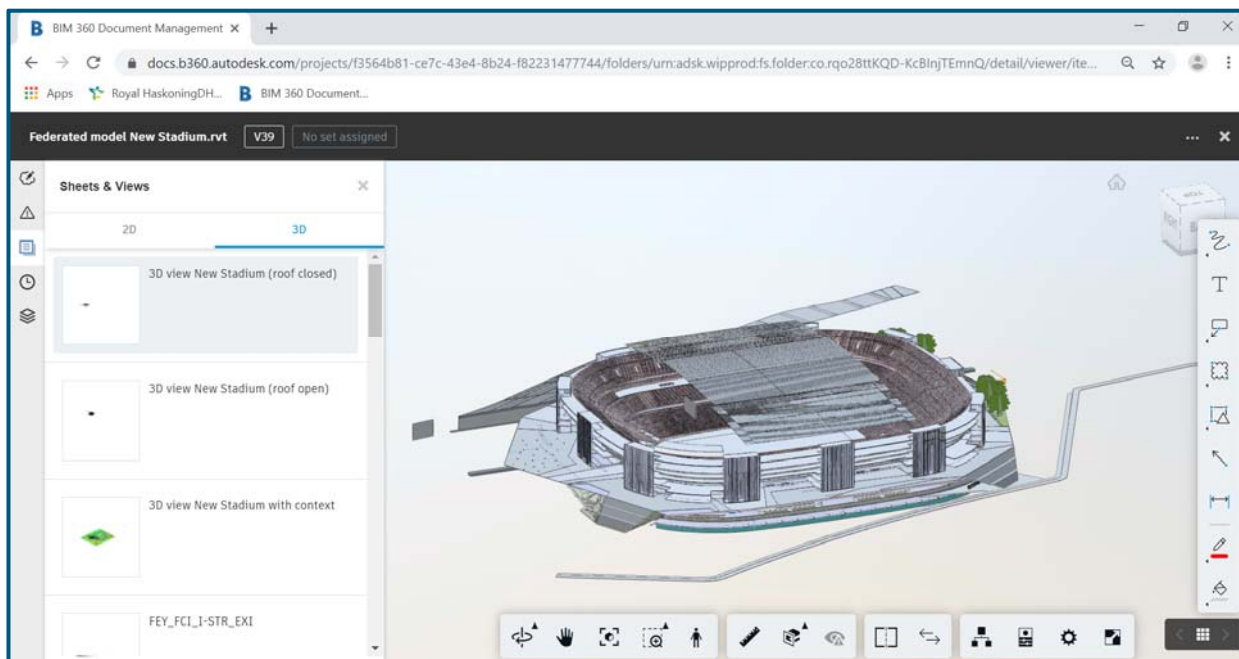
5.1 Externe Documenten

Het Definitief Ontwerp is gebaseerd op een groot aantal externe documenten waarbij 'extern' moet worden gelezen als zijnde niet door RHDHV-Constructies uitgewerkt. Door het Projectbureau is een uitgebreid systeem voor Document Control opgezet, weergegeven op het platform Sharepoint. Op dat platform zijn de relevante en actuele samenhangende documenten terug te vinden. Aangezien dit een zeer omvangrijke hoeveelheid is gaat het te ver om deze over te halen in deze Structural Narrative en daarmee actualiteit te beogen.



Online Sharepoint omgeving

Al het tekenwerk dat is opgesteld ten behoeve van de aanvraag Omgevingsvergunning is voor alle disciplines inclusief Constructies gebaseerd op één en hetzelfde digitale 3D-model, bereikbaar via het online beschikbare BIM360 platform. Elke discipline heeft haar eigen afgebakende deel gemodelleerd dat vervolgens real-time wordt samengevoegd en waarvan er wekelijkse clash-controles zijn uitgevoerd om te zorgen voor een correcte, integrale uitwerking.



Online BIM360 omgeving

5.2 Interne Documenten

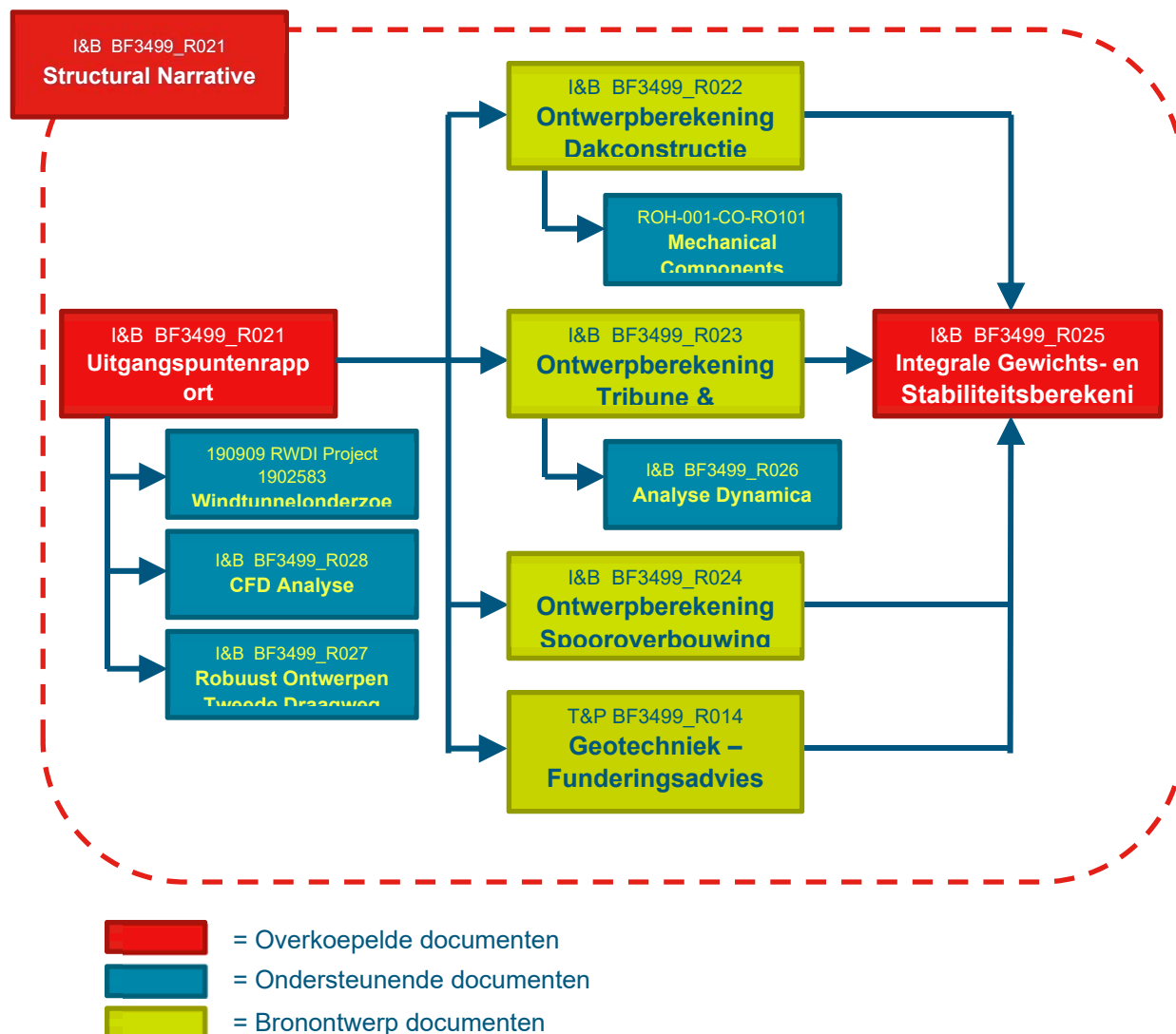
Het Definitief Ontwerp is analytisch beschreven in de volgende documenten, opgesteld door RHDHV-Constructies. Een beknopte omschrijving van alle rapportages is gegeven in hoofdstuk 6 van deze Narrative.

- [1] I&B BF3499_R020 Structural Narrative
- [2] I&B BF3499_R021 Uitgangspuntenrapport Constructies
- [3] I&B BF3499_R022 Ontwerpberekening Dakconstructie
- [4] I&B BF3499_R023 Ontwerpberekening Tribune & Onderbouw
- [5] I&B BF3499_R024 Ontwerpberekening Spooroverbouw
- [6] I&B BF3499_R025 Integrale Gewichtsberekening Stadion
- [7] I&B BF3499_R026 Analyse Dynamica
- [8] I&B BF3499_R027 Robuust ontwerpen en tweede draagweg
- [9] I&B BF3499_R028 CFD Analyse
- [10] T&P BF3499_R014 Geotechniek – Funderingsadvies DO
- [11] ROH-001-CO-RO101 – Mechanical Components (Maffei Engineering SPA)
- [12] 190909 RWDI Project 1902583 – Windtunnelonderzoek (RWDI)

Daarnaast is het ontwerp vormgegeven in Autodesk Revit 3D en gevisualiseerd in een integrale 3D omgeving (BIM 360). Hieruit zijn 2D tekeningen gehaald om het ontwerp ook in het platte vlak overzichtelijk te kunnen presenteren. Deze model- en tekeningen set maken integraal onderdeel uit van het gehele constructief DO.

Het geheel aan tekeningen en 3D-weergaves is bevat in een pakket van +100 documenten zoals opgesomd in de door het Projectbureau opgestelde documentenlijst behorende bij dit project. Een extract van deze lijst is als bijlage aan deze narrative toegevoegd.

De bovengenoemde 12 rapportages kennen een bepaalde samenhang, prioritering en leesvolgorde. Deze kan het best worden weergegeven met onderstaand organisatieschema. Kop en staart van het engineeringproces vorm het begin en eind van de engineering, weergegeven in rood, dit zijn het uitgangspuntenrapport en de Integrale Gewichts- en Stabiliteitsberekening. Om tot die laatste te komen zijn er vier Ontwerpberekeningen opgesteld, onderstaand weergegeven in groen. Ter ondersteuning van deze 6 rapportages is een 5-tal ondersteunende rapporten opgesteld, onderstaand weergegeven in blauw.



6 Beschrijving Rapportages

6.1 I&B BF3499_R021 Uitgangspuntenrapport Constructies

Dit document beschrijft de basis van het complete ontwerp. De uitgangspunten zijn opgesteld aan de hand van enkele bronnen waarvan de belangrijkste zijn:

- Eurocode 's;
- Programma van Eisen van de klant, beschikbaar via Relatics;
- Ontwerpvoorschriften ProRail (OVS.)

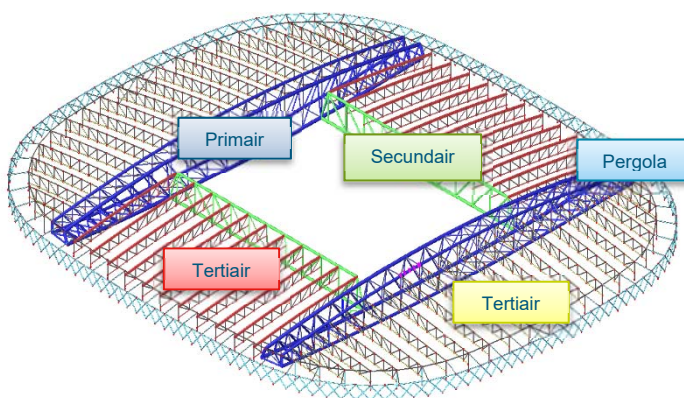
De functie van het Uitgangspuntenrapport is vierledig:

- Het uitgangspuntenrapport vormt het vertrekpunt voor alle door Royal HaskoningDHV vervaardigde dan wel te vervaardigen constructieve berekeningen;
- Het rapport geeft opdrachtgever, ontwerpteamleden en toetsende instanties inzicht in het constructief ontwerp, als toelichting op de constructieve tekeningen c.q. modellen;
- In het uitgangspuntenrapport worden afspraken vastgelegd die in de voorafgaande fase(s) met de opdrachtgever en in het ontwerpteam gemaakt zijn;
- In het uitgangspuntenrapport worden aandachtspunten en te onderzoeken aspecten voor de volgende fase(s) vastgelegd.

6.2 I&B BF3499_R022 Ontwerpberekening Dak

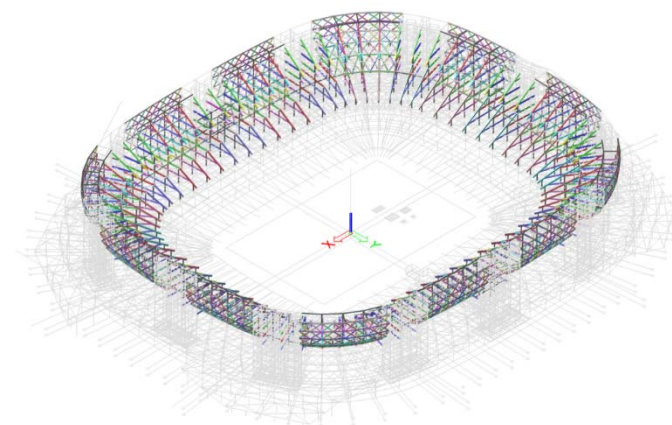
Omwille van beheersbaarheid van het ontwerpproces van dit bijzonder grote en complexe project hebben wij enkele knippen gelegd in constructie-elementen om met parallelle engineeringssporen kunnen werken.

Een logische knip is die tussen het dak en de onderbouw. De logica zit in het feit dat de interface tussen beide delen overzichtelijk is: op 4 centrale punten vindt aanzienlijke krachtsoverdracht en beïnvloeding van vervorming plaats daarnaast gebeurt in de buitenste ring op veel kleinere schaal hetzelfde plaats. Omdat deze constructief op de interface nagenoeg statisch bepaald zijn zowel in verticale zin (liggers op 2 steunpunten) én in horizontale zin (het dak is zoveel mogelijk glijdend met minimale horizontale verbindingen) kan het dak verantwoord afzonderlijk worden ontworpen. De reactiekrachten zijn uiteindelijk ingevoerd in de integrale Gewichts- en Stabiliteitsberekening.



6.3 I&B BF3499_R023 Ontwerpberekening Tribune & Onderbouw

Gelijk aan de aanpak voor het dak is er ook voor de tribunes en onderbouw een apart rekenmodel voor de onderbouw gemaakt. De ontwerp-basis van de onderbouw bestaat feitelijk uit 72 overzichtelijk stramien en waarin steeds een stalen spant is ontworpen waarop de vloeren en tribunes zijn opgelegd. Omdat tussen de kernen één oplegzijde van de tribunespanten bestaat uit een dubbel gekromd gevelvakwerk (diagrid) waarop ook nog eens belasting vanuit het dak werkt, is er gekozen om de ontwerpberekening direct vanuit een 3D-model te doen om alle effecten in één keer mee te nemen.



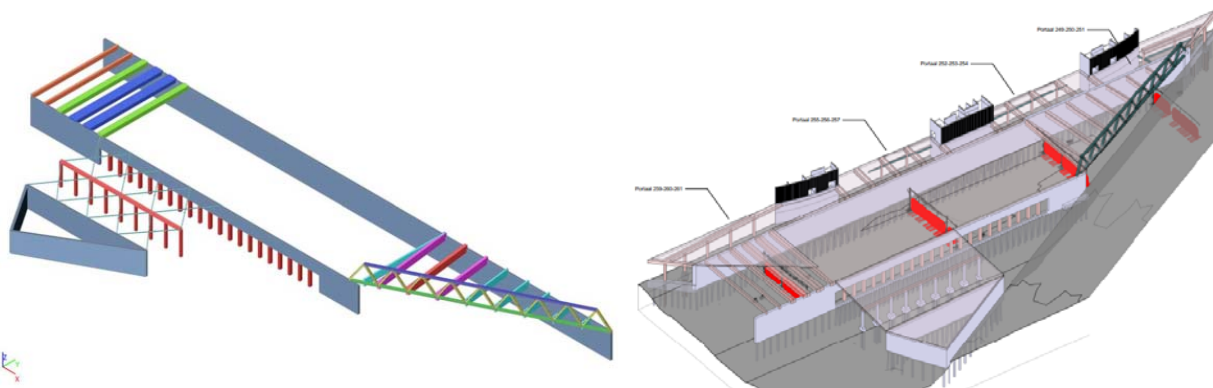
Wederom omwille van het overzichtelijk houden van het proces zijn er binnen dit rapport een splitsing terug te vinden van enkele constructieonderdelen:

- Staalconstructie tier (ring) 2 en 3;
- Betonnen kernen;
- Betonnen onderbouw tier 1.

Om uiteindelijk alle onderdelen in het integrale 3D model te kunnen implementeren zijn alle bovengenoemde componenten ter voorbereiding daarop gelijk in 3D-modellen opgebouwd en getoetst.

Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe ontwerp. Dat wil niet zeggen dat de onderdelen daarmee onvoldoende zijn getoetst, integendeel. Het wil zeggen dat de toetsingsberekeningen er wel degelijk zijn maar nog niet in een complete rapportage zijn gevat.

6.4 I&B BF3499_R024 Ontwerpberekening Spooroverbouw



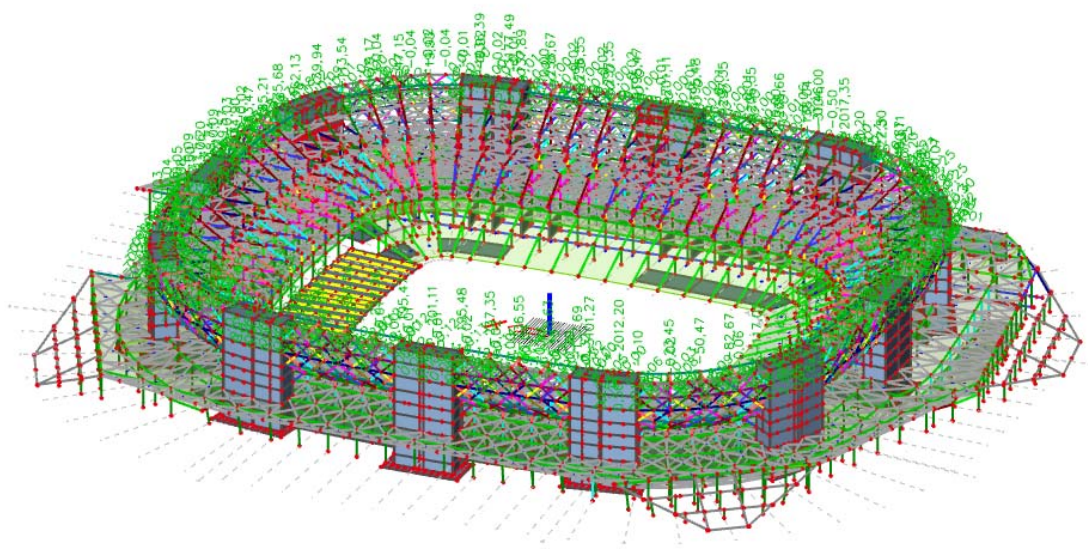
Het ontbreken van een bovenliggend gebouw als ook de afwijkende dynamiek van een ontwerpproces met een stakeholder als ProRail heeft geleid tot een apart ontwerptraject en daarmee ontwerpberekening voor de spooroverbouw.

In deze berekening zijn alle constructieve elementen gepositioneerd en doorgerekend op de aanrij-/ontsporingbelastingen conform de OVS-en van ProRail (Ontwerpvoorschriften) en uiteraard op de belastingen conform de Eurocode zoals deze van toepassing zijn van het gebruik van het Concourse en de overige stabiliteitsbelastingen. De resultaten van de berekening zijn overgebracht naar de Gewichts- en

Stabiliteitsberekening, zij het dat het een los model is gebleven. De reactiekrachten op paalniveau kunnen uit de Gewichts- en Stabiliteitsberekening worden gehaald.

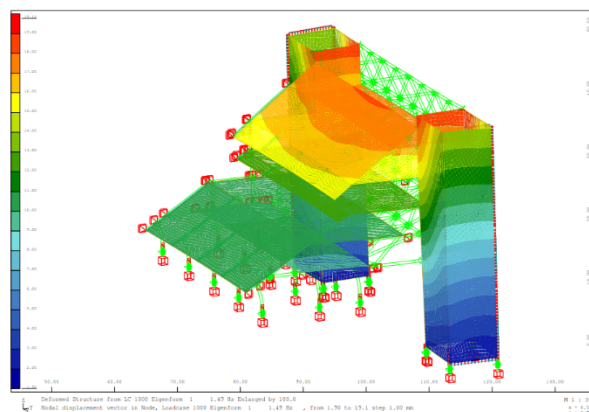
6.5 I&B BF3499_R025 Integrale Gewichtsberekening Stadion

Dit rapport vormt het sluitstuk van de engineering waar alle belastingafdracht uiteindelijk samenkomt in een opgave van reactiekrachten per positie/paal. Er is voor gekozen om de digitale/parametrisch aanpak door te zetten in de berekeningsaanpak wat betekent dat er is gewerkt met één analytisch 3D model waar 'alles in zit'. Er is dan ook veel aandacht besteed aan de omschrijving van het model, hoe de randvoorwaarden, uitgangspunten, vrijheidsgraden, connecties etc. zijn gemodelleerd.



6.6 I&B BF3499_R026 Analyse Dynamica

De dynamische belasting die groepen mensen op constructies uitoefenen kunnen tot significante krachten en trillingen leiden in de constructie. Wanneer mensen synchroon in een ritme bewegen die dicht bij de eigenfrequentie van de constructie zit, kunnen resonantie en excessieve trillingen ontstaan. In dit rapport is één en ander nader bestudeerd. Alhoewel het naar de letter van de voorschriften voor constructieve veiligheid niet strikt noodzakelijk zou zijn is er voor dit project is er gekozen om een volledige dynamische berekening uit te voeren, om een hoger comfort en veiligheids- niveau te bereiken.



Het dynamisch gedrag van het stadion is geanalyseerd met een eindige elementen model. Met een eigenfrequentie analyse is aangetoond dat voldaan wordt aan de eis dat vloeren een eigenfrequentie boven de 5 Hz moeten hebben. Aanvullend hierop is een volledige dynamische analyse gedaan. De volledige dynamische analyse is gedaan voor de situatie dat het gehele publiek in dezelfde frequentie springt. Deze extreme belasting is gebruikt om het comfort niveau en de veiligheid nauwkeuriger te bepalen.

In de ISO10137[6] zijn criteria geformuleerd voor trillingen in constructies. Zonder viskeuze dempers worden op een aantal plekken de criteria net overschreden. Het aanwezige publiek zal de trillingen als onacceptabel ervaren en mogelijk ontstaat er een gevoel van onbehagen uit.

Het toevoegen van viskeuze dempers verlaagt de trillingen aanzienlijk, waardoor het trillingsniveau acceptabel is op de meeste plekken. Alleen op de uitkraging van de bovenste tribune kunnen nog te grote trillingen optreden. Omdat dit lokaal optreedt is de verwachting dat dit niet leidt tot een gevoel van onbehagen. Andere dynamische belastingen zoals zwaaien, stampen of plots ontstaan geven aanzienlijk kleinere trillingen. Deze trillingen zullen nauwelijks merkbaar zijn voor het publiek.

In het extreme geval dat het gehele publiek tegelijk springt treden er lokaal spanningen op van 145 N/mm². In de knopen kunnen lokaal hogere spanningen optreden. Vermoeiing zal niet leiden tot het falen van liggers en kolommen, maar kan een probleem worden in de verbindingen. Hier moet naar gekeken bij het verder detailleren van de (staal)constructie de volgende fase. Als de verbindingen goed ontworpen worden dan zal de constructie niet worden overbelast door de gedefinieerde dynamische belasting.

Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe ontwerp. Op basis van engineering judgement is gesteld dat er door de wijzigingen meer stijfheid in het gebouw is gebracht waardoor de eigenfrequenties omhoog zullen gaan en minder kritisch worden. De maatregelen (viskeuze dempers) zijn gehandhaafd en in de fase Technisch Ontwerp kan worden onderzocht of dat deze maatregelen wellicht kunnen komen te vervallen.

6.7 I&B BF3499_R027 Robuust ontwerpen en tweede draagweg

In deze rapportage wordt gedetailleerd ingegaan op (de noodzaak op) robuust ontwerpen en het formeren van een tweede draagweg, e.e.a. conform de CC3 classificatie die volgt uit de Eurocode. Het gehele project is via een MER en VER procedure uitvoerig geanalyseerd op externe factoren die een bedreiging van de constructie kunnen vormen. In dit rapport wordt de vertaling gemaakt naar concrete ingrepen in de constructie:

- Het realiseren van effectieve horizontale en verticale trekbanden bij wegvallen van verticale draagelementen;
- Het rekenkundig wegnemen van elementen in draagconstructies en het toetsen van de hierop volgende tweede draagweg (bijvoorbeeld: het elimineren van een diagonaal in het diagrid, het elimineren van delen van de hoofdspanten in het dak);
- Het rekenen van extra horizontale belasting op sleutelementen (bijvoorbeeld: de kernen).

In retrospectief zijn bovenstaande maatregelen teruggebracht naar de VER (Veiligheid Effecten Rapportage) om vast te stellen dat de constructie voldoende robuust is om te voldoen aan de VER-eisen.

6.8 I&B BF3499_R028 CFD Analyse

Ter voorbereiding op het windtunnelonderzoek is door middel van Computational Fluid Dynamics bestudeerd wat het globale windgedrag rondom het stadion zou kunnen zijn. De analyse heeft gediend als ruggensteun voor de interpretatie van windbelastingen conform Eurocode. Daarnaast is aan de hand van de CFD geanticipeerd op de mogelijke optredende windhinder en windgevaar.

De positie van het stadion is qua comfort uitdagend. Vanuit de noordoostzijde (vanaf de Maas) is er een relatief grote strijklengte zodat de wind ongehinderd op het stadion werkt en daardoor verhoogde snelheden kent aan de zijkanten, waar de wind het stadion passeert. Aan de zuidzijde wordt dit effect nog eens versterkt door de geplande nabijgelegen hoogbouw. Rondom het stadion treedt naar verwachting geen windgevaar op maar het comfort is zodanig dat er op posities niet goed gezeten of geslenterd kan worden. Daar tegenover staat dat bijna alle ruimtes tussen de kernen onder de bowl een heel goed windklimaat kennen.

Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe ontwerp. Inmiddels is er een windtunnelonderzoek uitgevoerd wat een deel van deze rapportage kan doen laten vervallen. Wat belangrijker is in het kader van *windhinder*, is dat de ontwikkeling van de omgeving nog zodanig in beweging is dat de analyse opnieuw zal moeten gedaan om accurate uitkomsten te krijgen en dat de vordering van het stedenbouwkundig ontwerp op dit moment nog niet zodanig is, dat de nieuwe analyse al gedaan kan worden.

6.9 T&P BF3499_R014 Geotechniek – Funderingsadvies DO

Op basis van de thans beschikbare sonderingen, deels op het land en deels in de Maas, is een advies opgesteld voor de toe te passen paalsystemen. Dit advies zal in een later stadium gevalideerd worden na het beschikbaar komen van aanvullende sonderingen waar men nu niet kan sonderen in verband met bestaande bebouwing of waar besloten is om het aantal sonderingen in het water te beperken in verband met de hoge kosten per sondering.

In het rapport komen uiteraard de (verschillen in) de bodemgesteldheid aan bod, het feit dat we op een aangeplempte rivierbedding gaan bouwen, nabij spoor en watertransportleidingen. Dit levert ook enige diversiteit in toepassing van paalsystemen en diameters omdat zowel de eisen (wel/geen trillingen, wel/geen landophoging etc.) als de beschikbare draagvermogens variëren binnen het ontwerp.

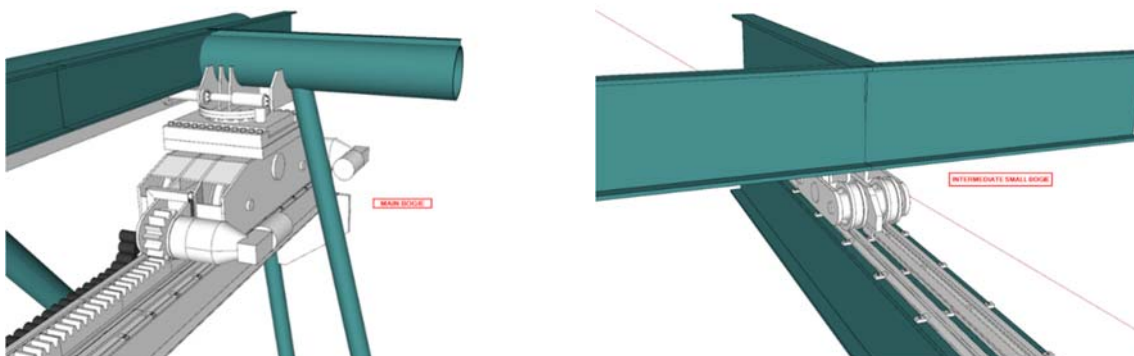
De doelwaarde van het paal draagvermogen is gesteld op 2.000 kN/paal, in enkele gevallen bleek er meer of minder vermogen beschikbaar wat dan uiteraard leidt tot meer of minder palen. De gehanteerde systemen zijn prefab palen 450x450 en 500x500 en Fundex palen 520/670 en 620/850. De inheidieptes liggen rondom de 24m-NAP.

Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe ontwerp. De reden daarvan is dat er geen nieuwe informatie is om een wijziging te verantwoorden: paaltype en -belasting is conform het oude ontwerp en er is nog geen nieuw (aanvullend) grondonderzoek beschikbaar.

6.10 ROH-001-CO-RO101 Maffeis – Mechanical Components

Het dak van het stadion wordt voorzien van twee beweegbare delen. Hiermee kan het dak worden gesloten voor het houden van evenementen of het spelen van wedstrijden tijdens extreem slecht weer. Gezien het gewicht van deze delen (ca. 400 ton per stuk) alsmede het tempo en bedrijfszekerheid waarmee het dak moet kunnen worden geopend en gesloten, vergt dat een gedegen uitwerking van mechanisch aangedreven componenten.

Door het Italiaanse bureau Maffeis Engineering is op basis van de gewichten en belastingen uit rapport “I&B BF3499_R022 Ontwerpberekening Dak” een ontwerp gemaakt voor de mechanische componenten. Eén en ander heeft geresulteerd in een configuratie van 2 grote bogies (locomotieven) per beweegbaar deel die zich voortbewegen met elektromotoren over tandheugels die parallel met de beide hoofdspanten lopen. Verder worden de beweegbare delen ondersteund door een aantal niet-aangedreven geleider-bogies. Het systeem is verder voorzien van anti-opwaai voorzieningen, een stopper systeem en buffering.



Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe ontwerp. Het aandrijfsysteem is niet wezenlijk anders geworden. De gewichten van het dak zijn lichter geworden en daar tegenover staat dat de helling wat steiler is, per saldo dekt de huidige uitwerking de lading voldoende af waar het gaat om prijsstelling en ruimtelijke impact, e.e.a. kan in de TO fase nader worden uitgewerkt.

6.11 190909 RWDI Project 1902583 – Windtunnelonderzoek

De windbelasting die op het stadion zal werken is in beginsel opgesteld op een (op punten conservatieve) afleiding van de paragrafen uit de Eurocode. Om een aantal redenen is er een windtunnelonderzoek geïnitieerd dat door RWDI uit Milton Keynes (UK) is uitgevoerd:

- Verkrijgen inzage in *windhinder* en *windgevaar* op concourse-level en maaiveld niveau om daarmee grip te krijgen op de posities waar horeca kan worden gepositioneerd;
- *Verificatie* van de door RHDHV aangehouden afleiding van de Eurocode;
- Het identificeren van mogelijke *optimalisatie* mocht blijken dat er té conservatieve waarden worden aangehouden;
- Het verkrijgen van waarden op elementniveau waarmee een realistische engineering van gevel en dak kan worden aangevangen zonder extreme onder- of overschatting van (verhoogde) stuwdrukken.

De resultaten van het windtunnelonderzoek zijn kort voor het afronden van het oorspronkelijke DO beschikbaar gesteld (september 2019). Dat is te kort gebleken om de resultaten op dat moment te implementeren in de ontwerpberekeningen.

In de post-DO fase is een interpretatie document geschreven om de vertaalslag naar het ontwerp te verduidelijken. Voor opwaartse windbelasting is gebruik gemaakt van een reductie van ca. 35% ten opzichte van de normbelastingen, echter heeft dat nagenoeg geen impact op het ontwerp waarvoor neerwaartse gerichte belastingen overwegend maatgevend zijn.



Daarnaast kan de belasting die werkt op het anti-uplift systeem beduidend lager worden aangehouden.

Noot: de huidige versie van dit rapport is NIET integraal aangepast aan het nieuwe post-DO ontwerp. Op basis van engineering judgement is gesteld dat de resultaten van het windtunnelonderzoek niet wezenlijk worden veranderd omdat de uiterlijke vorm van het stadion ook niet wezenlijk is veranderd. De bolling van het dak is met 3 meter toegenomen, dit effect is verwerkt door in het aanhouden van een vergelijkbaar grotere referentiehoogte voor de stuwdruk.

In het algemeen geldt dat er aan de hand van een aanvullend windtunnelonderzoek er via Value-engineering nog ruimte voor optimalisatie mogelijk kan zijn. Dat kan een besparing opleveren in tonnage echter daar staat tegenover extra onderzoek en engineering als ook procestijd om de aangepaste resultaten te bespreken met het bevoegd gezag. Het strekt wel tot aanbeveling in dit geval het windtunnelonderzoek opnieuw uit te voeren, zodat een actuele en sluitende onderbouwing van de aan te houden windbelastingen wordt bewerkstelligd.

7 Openstaande punten

7.1 Aandachtspunten algemeen

Het post-DO traject is met uiterste zorg doorlopen en alles wat is gemodelleerd en op tekening is gezet is constructief onderbouwd. Dat neemt niet weg dat enkele ondersteunende rapportages niet zijn bijgewerkt (CFD, Dynamica, Aandrijving) of zijn ge-update met nieuwe input (Ontwerpberekening Onderbouw). Deze rapporten zullen uiteraard alsnog moeten worden bijgewerkt om compleet te kunnen zijn.

Er bestaan een aantal punten op de zogenaamde issuelijst die constructie-gerelateerd zijn of de constructie raken. Zie daarvoor paragraaf 7.2 van dit rapport.

Daarnaast bestaan er enkele algemene punten, die in meer of mindere mate ook al golden voor het DO in September 2019:

1. Er loopt een intensief traject voor wat betreft de contractvorming met bouwende partijen. Belangrijk is de juiste contractvorm te kiezen en hierbij de juiste stukken te leveren. **Alhoewel het DO diepgaand is, is het op dit moment nog niet een product dat als onderlegger kan dienen voor bijvoorbeeld een traditioneel UAV contract.** Het voornemen momenteel is om mét De Nieuwe Ploeg een TO traject in te gaan waarna er tot contractvorming kan worden overgegaan met het TO als basis. Echter worden er momenteel al bijzonderheden geformuleerd (met termen als TO-min, TO-plus, prijsvast met uitzondering van onvoorziene omstandigheden) wat maakt dat er een diffuse situatie kan ontstaan waarin partijen niet goed weten hoe te handelen. Het is belangrijk voor alle betrokken partijen om te beseffen dat er voor elke contractvorm een verschillend uitwerkingsniveau nodig is. Het huidige DO kent nog een aantal uitwerkingsrisico's in zich die zijn onderkend (o.a. nadere detaillering, invloed vanuit stakeholders, resultaten uit vervolgonderzoek Geotechniek, uitvoeringsmethodiek) maar nog verder moeten worden uitgewerkt en kunnen daarmee (mede) bepalend zijn voor de contractvorm. Deze risico's zullen er in elk geval uit moeten worden ontworpen alvorens men kan over gaan tot de uitvoerings-engineering (detaillering) zodat er in elk geval van grof naar fijn wordt gewerkt;
2. De paragraaf Geotechniek moet nader worden verfijnd aan de hand van aanvullend bodemonderzoek wat nu fysiek nog niet kan worden uitgevoerd. Dit levert mogelijk kansen tot optimalisatie en/of aanpassingen in het huidige funderingsontwerp waarbij dat zowel positief als negatief kan uitpakken;
3. Er is globaal gerekend op zettingen van de diepe ondergrond waaruit volgt dat de zwaarbelaste kernen op een wat hoger aanvangspeil moeten worden gebouwd. Dit zijn overzichtelijk ingrepen echter moet in acht worden genomen (en nader uitgewerkt) de tijdelijke situatie waarbij er bouwdelen op een wat hoger (ca. 40 mm) aanvangspeil moeten aansluiten op bouwdelen waar geen maatregelen nodig zijn. Dit zal in het TO nader worden uitgewerkt;
4. Alhoewel het overall dynamische gedrag van de tribunes, zeker met toepassen van viskeuze dempers, tot een acceptabel ontwerp leidt, moet er bij de detaillering van constructie voldoende aandacht en mogelijk materiaal zijn om de optredende spanningen in het licht van vermoeiing voldoende laag te houden. Overigens is het dynamische gedrag niet opnieuw bestudeerd in het post-DO omdat o.b.v. engineering judgement de situatie is verbeterd. In de TO fase kan worden bepaald in hoeverre de maatregelen moeten blijven gehandhaafd.
5. Het post-DO is opgezet tezamen met alle stakeholders met elk zij/haar eigen belangen. Dat heeft geleid tot het voorliggende integrale ontwerp. Dit post-DO heeft op punten compromissen in zich, die tot genoegen van de stakeholders moeten zijn om tot acceptatie te leiden. Een lichtend voorbeeld hierin is de spooroverkluizing. Het is dan ook belangrijk om in gesprek te blijven met de stakeholders en deze aan boord te houden tijdens het komende TO traject.

6. Het gebouw wordt geclassificeerd als CC3 object wat betekent dat de paragraaf Hoofddraagconstructie moet worden blootgesteld aan een externe peer-review. Deze review moet zijn ingevuld voordat de definitieve voorwaardelijk Omgevingsvergunning wordt verstrekt. Er is besproken dat de review wordt gedaan door een bedrijf dat de constructieve disciplines allemaal zelf in huis heeft (prefab, staal, funderingen), daarmee wellicht geen specialist is op al deze vlakken maar wél het totaalplaatje kan overzien. In de communicatie naar de gemeente (die de aanvraag Omgevingsvergunning inmiddels in bezit heeft) is aangegeven dat het liggende post-DO ter review wordt aangeboden.

7.2 Samenvatting Issues

Aan het einde van de post-DO fase is er een integrale issue-lijst opgeteld op basis van reviews van concept stukken en algemene meningen/bevindingen opgedaan tijdens ontwerpvergaderingen, mailcommunicatie et cetera. De lijst bestaat per eind mei 2020 uit 23 issues, in verschillende mate van urgentie en omvang maar alle relevant om te adresseren voor een goede afronding van het DO en opmaat naar het TO.

Van de 23 issues houden er 9 direct verband met de hoofddraagconstructie en in bespiegelingen is daar input op gegeven vanuit de discipline Constructie. In '3-liners' onderstaand de samenvatting van de relevante issues:

(6) Functionaliteit dak

Het dak herbergt vele functies in zich. Alle componenten zijn meegenomen in de constructieve berekeningen maar het is de vraag of het integrale totaal nu de juiste oplossing is. De draagconstructie is relatief ongevoelig voor aanpassingen op kleine schaal dus in dat opzicht flexibel richting de oplossing voor dit issue.

(7) Toekomstig programma L07

Voor wat betreft vloerbelasting is uitbreiding op L07 onder schot. Echter zijn er -mede door optimalisatie- constructieve elementen die een mogelijke functionele obstructie vormen voor de uitbreiding. E.e.a. moet worden beschouwd waarbij de constructie wat minder flexibel is t.o.v. aanpassingen alhoewel er technisch veel mogelijk is.

(8) Besparing blusmonitoren

Toepassen van blusmonitoren maken 30 minuten brandwerende coating overbodig wat per saldo een besparing kan opleveren. Het benodigde leidingwerk als ook de monitoren zelf leveren geen significante toename van belasting op de hoofdspanten en zullen daarom ook geen probleem zijn.

(11) Maakbaarheid detaillering

Alhoewel er zorgvuldig en in overleg met architect en aannemer realistische details zijn ontworpen staat nog niet vast of het eindresultaat voldoende integraal correct is en bij het gewenste beeld plus maakbaarheid past. In een DO zijn details zelden 100% compleet en perfect maar de principes moeten wel op orde en afgestemd zijn.

(12) Kolommen L00

De kolomposities op begane grond zijn niet allen logisch volgens de leer der stramienen. Dit heeft te maken met enkele randvoorwaarden als bestaande ondergrondse infra, vervoersbewegingen en vrije doorgangen. Eén en ander is integraal ontworpen echter een toets op het eindresultaat moet uitwijzen of het correct is.

(15) Tweede functionaliteit diverse ruimtes in eventmodus

De integrale benadering van de Event Modus is onvoldoende uitgezocht. De constructie is hierin faciliterend en gaandeweg steeds soberder gemaakt (van een volautomatisch systeem naar wegneembare modules) maar vergt wellicht nog aanpassingen om een volwaardige Event Modus mogelijk te maken.

(17) Onzekerheden plekken met kritische vrije hoogte

Het is onvoldoende zeker of er voldoende marge is op posities met kritische vrije hoogte en of de vrije hoogtes van (grote) ruimtes acceptabel zijn. In het kader van optimalisaties zijn constructieve balken hoger geworden wat een opbrengst in Euro kent maar waar wellicht te veel in is doorslagen. Een review van het eindresultaat zal moeten uitwijzen in hoeverre dit zo is.

(21) Ruimtelijk functionele oplossing overkluizing Colosseumweg

De ontwerpoplossing van de overkluizing is nog erg summier en nog niet op één lijn gebracht met het nog in ontwikkeling zijnde stedenbouwkundige ontwerp én de demarcatie tussen Gemeente Rotterdam en Prorail. Constructief is bekend gemaakt wat de (on)mogelijkheden zijn, het leggen van de integrale puzzel moet nog worden afgerond.

(23) CAPEX-verlichting Esco onderdelen

De Esco onderdelen vertalen zich constructief naar belasting uit PV-panelen op het dak en zware vloerbelasting in batterijruimtes op L00. Het eerste is constructief voorzien en daar zit als het ware een verborgen investering. De batterijruimtes zijn nog niet verwerkt en moet nog gebeuren.

7.3 Afwijkingen ten opzicht van het PVE

In het programma Relatics is het gehele Programma van Eisen logisch en geordend ingevoerd. Daarbij kan op verschillende aspecten worden gefilterd.

7.3.1 Eisen met classificatie 'constructie'

Er zijn 75 eisen van toepassing op deze classificatie. Deze eisen zijn per eind mei 2020 als volgt gemarkeerd:

- 8 eisen 'niet verifieerbaar' (waarvan 1 akkoord voor opdrachtgever);
- 3 eisen 'voldoet niet' (waarvan 2 akkoord voor opdrachtgever);
- 9 eisen 'voldoet onder voorwaarden' (waarvan 7 akkoord voor opdrachtgever);
- 55 eisen 'voldoet' (waarvan 4 *niet* akkoord voor opdrachtgever).

De redenen waarom niet aan alle eisen wordt voldaan én akkoord voor opdrachtgever zijn uiteenlopend en het voert te ver om dat hier uitputtend te rapporteren. Het stoelt in veel gevallen op tekstuele interpretatie, fijn-afstemming, nog niet verwerkt zijn van gewijzigde eisen en niet in de laatste plaats omdat de eis nog niet zodanig exact is geformuleerd dat het moeilijk is om er onomstotelijk aan te voldoen (bijvoorbeeld: 'de constructie moet bijdragen aan de levendigheid').

Enkele eisen verdienen - al dan niet integraal - nog wel aandacht omdat hier wellicht wel degelijk wordt afgeweken van het PvE of dat het niet goed is ontworpen conform PvE:

- EIS-02221 Voorbereidingen voor rooftop programma ('voldoet o.v. maar *niet* akkoord voor OG');
- EIS-02790 Windhinder in gebieden met aanduiding "langdurig zitten" of "slenteren" ('voldoet o.v. maar niet akkoord voor OG').

Eerstgenoemde staat ook op de Issuelijst (zie 7.2), voor laatstgenoemde geldt dat er een nieuwe analyse zal moeten worden gedaan o.b.v. het nog te volbrengen stedenbouwkundige plan (zie ook 6.8 en 6.11 van dit document).

7.3.2 Eisen met directe relatie discipline 'constructie'

Er zijn 22 overige eisen van toepassing op de discipline 'constructie'. Deze eisen zijn te traceren bij 'Verificateur – Janko Arts' en/of 'Verificatieadviseur – Jeroen Luttmmer' en/of 'Verificatieadviseur Janko Arts' per eind mei 2020 als volgt gemarkeerd:

- 1 eis 'voldoet niet' (waarvan 1 akkoord voor opdrachtgever);
- 4 eisen 'voldoet onder voorwaarden' (waarvan 4 akkoord voor opdrachtgever);
- 17 eisen 'voldoet' (waarvan 0 *niet* akkoord voor opdrachtgever en 5 nog niet zijn beoordeeld door opdrachtgever).

Behoudens de 5 nog niet beoordeelde eisen waarvan de verwachting is dat deze zullen worden geaccordeerd door opdrachtgever, zijn er binnen deze classificatie (discipline 'constructie') geen afwijkingen te rapporteren ten opzichte van het Programma van Eisen

8 Review

Na afronding van het definitief ontwerp in september 2019 hebben alle disciplines een review gedaan van de eigen stukken en van het gehele definitief ontwerp. Deze review wordt geüpdatet op basis van de het herziene definitief ontwerp. **ACTIE NOG UIT TE VOEREN, wordt gerapporteerd in een revisie van dit document**

9 Risico's

In het voor dit project in samenspraak aangelegde risico-dossier zijn een aantal risico's door en/of voor de discipline Constructie geclassificeerd. Deze luiden als volgt (voor meer info, zie het risico-dossier):

- OTRisk-00032 Spooroverbrugging kan niet voldoen aan de eisen die worden neergelegd
- OTRisk-00055 Windhinder tussen stadion en geplande hoogbouw.
- OTRisk-00047 Feyenoord gaat niet akkoord met maatregelen terrorisme dreiging
- OTRisk-00054 Begane grondniveau van het stadion, waaronder het speelveld, komt tijdelijk onder water te staan.
- OTRisk-00022 Grondgesteldheid is onvoldoende; heeft onvoldoende draagkracht.

Risico's #32 en #55 kunnen nog niet worden gemitigeerd of acceptabel klein worden gemaakt en daarmee relevant. #32 is volop in beeld bij het ontwerpsteam en kan afhankelijk van het nieuwe stedenbouwkundige ontwerp met aansluitingen op de Rosestraat en Colosseumweg worden afgemaakt. De afhankelijkheid van het stedenbouwkundige ontwerp geldt ook voor risico #55. Het onderzoek moet (deels) opnieuw worden uitgevoerd om vast te stellen of het plan binnen acceptabele grenzen voor windklimaat ligt.

Risico #47 kan worden gezien als Feyenoord haar review op het post-DO heeft gedaan. Dat geldt in feite ook voor risico #54 al is daar geen verandering in gedaan het afgelopen post-DO traject.

Voor het laatste risico #22 geldt dat de kans op optreden niet per se klein is maar dat het gevolg te overzien is en daarmee het risico beheersbaar. Er is al behoorlijk uitgebreid onderzoek gedaan en er liggen geotechnische adviezen. Wat er nog nodig is, is verfijning van het onderzoek, verplicht vanuit het Bouwbesluit maar het geeft ook kansen voor optimalisaties (kortere palen).

10 Management samenvatting

10.1 Reflectie

Het hier gepresenteerde geoptimaliseerde Definitief Ontwerp is het resultaat van een periode van een 5 maanden waarin wederom met een zeer hoge intensiteit aan het ontwerp is gewerkt. Gegeven het grote aantal raakvlakken tussen de ontwerpende disciplines en de benodigde afstemming met diverse stakeholders (met soms strijdige belangen) is het ontwerp bijzonder intensief geweest. Halverwege het proces werd de hele wereld dus ook het ontwerpsteam overvallen door het Corona-virus wat maakte dat we het ontwerp digitaal en op fysieke afstand van elkaar hebben moeten voltooien. Met het volle respect voor het leed wat wereldwijd gepaard gaat met dit virus zijn we wel degelijk op gepaste wijze trots op het feit dat er een heel redelijk eindresultaat ligt

Er is met een team van meer dan 22 medewerkers binnen RHDHV-Constructies met veel enthousiasme gewerkt aan het geoptimaliseerde Definitief Ontwerp. Er is gewerkt aan 3D modellering van omgeving en gebouw, er is parametrisch ontworpen vanaf de stoelpositionering tot en met de plaatsing van de kolommen. Uiteindelijk hebben we alternatieve constructies weten te ontwerpen die inpasbaar zijn gebleken in het architectonische ontwerp of we hebben zodanige ontwerpen gepresenteerd aan de partners dat zij daarop hun ontwerp hebben kunnen ontwikkelen. Niet geheel onbelangrijk is dat de vooruitzichten zijn dat de taakstellende bezuiniging kan worden geïncasseerd. Daar staat helaas (nog) wel tegenover dat er ook weer nieuwe wensen en componenten in het ontwerp verwerkt zijn die toch een toename van de bouwsom hebben geleid zodat de bezuiniging per saldo minder gunstig dan benodigd lijkt uit te pakken. Ondanks de fysieke Corona-beperkingen is er wederom sprake geweest van een goede samenwerking tussen betrokken partijen. De relevante aspecten uit het Programma van Eisen zijn daarbij gerespecteerd en op punten voorzien van een aangescherpte formulering. Het alternatieve ontwerp is voor de kritische punten voorzien van een tweede draagweg dan wel berekend op verhoogde drukken en er zijn effectieve trekbanden ontworpen in het gebouw.

De belangrijkste uitdagingen die we tijdens het post-DO zijn tegengekomen blijken in enkele gevallen nog dezelfde te zijn als tijdens het DO:

- Ontwerpen binnen de beeldbepalende kaders. Het basisontwerp (Masterplan OMA) en daarop volgend het Voorlopig Ontwerp ging op vele posities uit van een minimale hoeveelheid van dragende punten ('alles zwevend'). Dit heeft in contrast gestaan met het beschikbare budget. Uiteindelijk is er een ontwerp gekomen dat aan beide belangen tegemoet komt;
- De spoorverbouwing is het bouwdeel dat erg afhankelijk is gebleken van de eisen en voorschriften van stakeholder ProRail. Het is een uitdaging geweest om de juiste uitgangspunten helder te krijgen en het ontwerpproces met ProRail is zeker nog niet afgerond. Als gevolg van de ligging van het stadion moet er relatief veel over het spoor worden gebouwd wat veel druk op het budget geeft. Hierbij heeft de interactie met nabijgelegen stakeholders (Waterschap voor de primaire waterkering en Evides voor de Transportleidingen) ook invloed gehad omdat dit tot tegenstrijdige maatregelen leidde. Ook hier is een ontwerp gerealiseerd dat aan alle stakeholders tegemoet komt al moet de goedkeuringsprocedure daartoe nog wel doorlopen worden;
- Alhoewel de Eurocode ons veel handvatten geeft voor het interpreteren en toepassen van windbelastingen, blijft het bij een dergelijk omvangrijk en qua vorm grillig ontwerp lastig om ook de lokale effecten goed in te schatten. Ook windhinder en mogelijk windgevaar spelen een nadrukkelijke rol bij het ontwerpen van het concourse. Met CFD analyses hebben we de eerste aanzetten gedaan en uiteindelijk heeft het Canadese/Britse RWDI een windtunnelonderzoek gedaan. Inmiddels zijn de resultaten van het windtunnelonderzoek verwerkt en kunnen we er op punten van profiteren. Wel is het nodig om het aspect Windhinder opnieuw te bekijken.

Wij zijn trots op het resultaat dat we kunnen presenteren, het Definitief Ontwerp herbergt ontzettend veel verschillende aspecten in zich en is bovendien tot op het laatste moment gebaseerd op parametrisch opgezette modellering wat maakt dat we ook naar de toekomst ontzettend flexibel kunnen blijven ontwerpen. Er kunnen indien noodzakelijk conceptuele wijzigingen worden aangebracht die door middel van scripting direct kunnen worden ingebed in onze analytische modellen en Revit/BIM360.

Ontwerpteam Structural Design post-DO fase:

Steven, Janko, Jos, Harm, Jeroen, Marian, Frans, Johan, Robin, Gijs, Pieter, Gerran, Dimitra, Tijl, Falko, Paul, Alex, Kalliopi, Jan J, Edwin, Tam, Luc.

10.2 Vervolg

Het huidige post-DO biedt onzes inziens meer dan voldoende draagvlak voor het voortzetten van het project in een fase Technisch Ontwerp, er ligt wat dat betreft geen 'gat' dat eerst moet worden opgevuld, anders dan dat enkele rapportages nog wel moeten worden bijgewerkt. De bij het DO behorende berekeningen zijn gedaan en kunnen als startdocument dienen om alle componenten technisch te kunnen ontwerpen en omschrijven. Doordat de globale ontwerpberekeningen er nu liggen ontstaat de mogelijkheid om het TO in parallelle sporen op te pakken. Bijvoorbeeld: de verdiepingsslag van de fundering kan starten tegelijkertijd met de bovenbouw omdat de globale krachtswerking al bekend is. We hoeven niet te wachten op output van de berekening van een hoger gelegen bouwdeel.

Bijlagen

A1 Documentlijst Constructies - Bouwaanvraag

Bouwaanvraag 6 mei 2020				
kenmerk	omschrijving	schaal	formaat	fase
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1510-3001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-2000-5001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3001	Zandophoging Bouwfase Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5001	Zandophoging Bouwfase Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3002	Zandophoging Eindsituatie Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5002	Zandophoging Eindsituatie Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3001	Level B01 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3001	Palenplan Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3001	Level L00 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3001	Level L01 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3001	Level L02 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3001	Level L03 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3001	Level L04 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3001	Level L05 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3001	Level L06 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3001	Level L07 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3001	Level L08 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3001	Level L09 Overzicht (Dak gesloten)	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3002	Level L09 Overzicht (Dak Open)	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-4001	Principe Aanzichten	1:500	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5001	Principe Doorsneden	1:500	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5011	Vakwerkspant Spooroverbouw	1:100	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5001	Primair vakwerk	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5002	3rd en 4th vakwerken (dak gesloten)	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5003	Tertiaire vakwerken	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-9001	3D Overzichten		A0	DO

Bouwaanvraag 6 mei 2020				
kenmerk	omschrijving	schaal	formaat	fase
I&B BF3499_R021	Uitgangspuntenrapport Constructies	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R027	Robuust ontwerpen en tweede draagweg	n.v.t.	A4	DO
T&P BF3499_R014	Geotechniek - Funderingsadvies DO	n.v.t.	A4	DO
RWDI # 1902583-1	Cladding Study Draft Report	n.v.t.	A4	DO
RWDI # 1902583-2	Structural Responses Report	n.v.t.	A4	DO

A2 Documentlijst Constructies - Definitief Ontwerp

Definitief Ontwerp (post-DO)				
kenmerk	omschrijving	schaal	formaat	fase
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1510-3001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-2000-5001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3001	Zandophoging Bouwfase Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5001	Zandophoging Bouwfase Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3002	Zandophoging Eindsituatie Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5002	Zandophoging Eindsituatie Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3001	Level B01 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3002	Level B01 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3003	Level B01 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3004	Level B01 Zonde D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3001	Palenplan Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3002	Palenplan Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3003	Palenplan Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3004	Palenplan Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3005	Palenplan Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3006	Palenplan Zone E	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3001	Level L00 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3002	Level L00 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3003	Level L00 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3004	Level L00 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3005	Level L00 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3006	Level L00 Zone E	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3001	Level L01 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3002	Level L01 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3003	Level L01 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3004	Level L01 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3005	Level L01 Zone D	1:200	A0	DO

FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-3006	Level L01 Zone E	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3001	Level L02 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3002	Level L02 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3003	Level L02 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3004	Level L02 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3005	Level L02 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-3006	Level L02 Zone E	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3001	Level L03 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3002	Level L03 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3003	Level L03 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3004	Level L03 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-3005	Level L03 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3001	Level L04 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3002	Level L04 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3003	Level L04 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3004	Level L04 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-3005	Level L04 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3001	Level L05 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3002	Level L05 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3003	Level L05 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3004	Level L05 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-3005	Level L05 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3001	Level L06 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3002	Level L06 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3003	Level L06 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3004	Level L06 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-06-DR-S-2000-3005	Level L06 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3001	Level L07 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3002	Level L07 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3003	Level L07 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3004	Level L07 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-07-DR-S-2000-3005	Level L07 Zone D	1:200	A0	DO

FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3001	Level L08 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3002	Level L08 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3003	Level L08 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3004	Level L08 Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-08-DR-S-2000-3005	Level L08 Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3001	Level L09 Overzicht (Dak gesloten)	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3002	Level L09 Overzicht (Dak Open)	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3003	Level L09 (Dak gesloten) Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3004	Level L09 (Dak gesloten) Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3005	Level L09 (Dak gesloten) Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-3006	Level L09 (Dak gesloten) Zone D	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-4001	Principe Aanzichten	1:500	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5001	Principe Doorsneden	1:500	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5002	Doorsneden as 1	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5003	Doorsneden as 17	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5004	Doorsneden as 19	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5005	Doorsneden as 36	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5006	Doorsneden as 37	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5007	Doorsneden as 53	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5008	Doorsneden as 55	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5009	Doorsneden as 70	1:100	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5011	Vakwerkspant Spooroverbouwing	1:100	A1	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-5012	Controle Spooroverbouwing	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-7001	Principe details laag B1&00-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-7002	Principe details laag 00-deel2	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-01-DR-S-2000-7001	Principe details laag 01-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-7001	Principe details laag 02-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-02-DR-S-2000-7002	Principe details laag 02-deel2	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-03-DR-S-2000-7001	Principe details laag 03-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-04-DR-S-2000-7001	Principe details laag 04-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-05-DR-S-2000-7001	Principe details laag 05 tm 07-deel1	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-7001	Principe details laag 08&09-deel1	1:20	A0	DO

FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-7002	Principe details laag 08&09-deel2	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-09-DR-S-2000-7003	Principe details laag 08&09-deel3	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-7001	Principe details dilataties	1:20	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5001	Primair vakwerk	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5002	Secundaire en quartaire vakwerken (dak gesloten)	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-5003	Tertiaire vakwerken	1:250	A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2000-9001	3D Overzichten		A0	DO
FEY-RHD-00-ZZ-DR-S-2010-9001	Catwalk plattegrond + principe doorsnede + 3D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1510-3001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-2000-5001	Globaal geotechnisch bodemprofiel Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3001	Zandophoging Bouwfase Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5001	Zandophoging Bouwfase Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-3002	Zandophoging Eindsituatie Situatie	1:500	A0	DO
FEY-RHD-ZZ-XX-DR-I-1511-5002	Zandophoging Eindsituatie Doorsneden	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3001	Level B01 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3002	Level B01 Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3003	Level B01 Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-B1-DR-S-2000-3004	Level B01 Zonde D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3001	Palenplan Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3002	Palenplan Zone A	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3003	Palenplan Zone B	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3004	Palenplan Zone C	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3005	Palenplan Zone D	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-XX-DR-S-2004-3006	Palenplan Zone E	1:200	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3001	Level L00 Overzicht	1:500	A0	DO
FEY-RHD-00-00-DR-S-2000-3002	Level L00 Zone A	1:200	A0	DO

Definitief Ontwerp (post-DO)				
kenmerk	omschrijving	schaal	formaat	fase
I&B BF3499_R020	Structural Narrative	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R021	Uitgangspuntenrapport Constructies	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R022	Ontwerpberekening Dakconstructie	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R023	Ontwerpberekening Tribune & Onderbouw	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R024	Ontwerpberekening Spooroverbouwing	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R025	Integrale Gewichtsberekening Stadion	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R026	Analyse Dynamica	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R027	Robuust ontwerpen en tweede draagweg	n.v.t.	A4	DO
I&B BF3499_R028	CFD Analyse	n.v.t.	A4	DO
T&P BF3499_R014	Geotechniek - Funderingsadvies DO	n.v.t.	A4	DO
ROH-001-CO-DC102	Driving System Specifications	n.v.t.	A4	DO
ROH-001-CO-RP101	Preliminary Mechanical Design Report	n.v.t.	A4	DO
RWDI # 1902583-1	Cladding Study Draft Report	n.v.t.	A4	DO
RWDI # 1902583-2	Structural Responses Report	n.v.t.	A4	DO