



Zalmhaventoren in Rotterdam ontworpen in in het werk gestort beton

Hoogtepunt voor binnenstedelijke woningbouw

De voorbereidingen voor de bouw van een nieuwe woontoren in het populaire Scheepvaartkwartier zijn in volle gang. Met een hoogte van maar liefst 215 m wordt dit het hoogste gebouw van Nederland en een fraaie eyecatcher voor de stad. Het constructief ontwerp ligt in grote lijnen vast en wordt binnenkort uitgewerkt tot bestek. De gewenste bouwsnelheid is hierbij een bepalend criterium.

Rotterdam is voor Nederlandse begrippen een echte hoogbouwstad. Al in de jaren negentig heeft de gemeente een duidelijk hoogbouwbeleid geformuleerd, waarop de huidige hoogbouw is gebaseerd. In de afgelopen jaren is de visie op de Rotterdamse binnenstad enigszins aangepast. Reden daarvoor is het gemeentelijke plan 'Binnenstad als City Lounge'. In dit plan wordt meer aandacht gevraagd voor de kwaliteit van de openbare ruimte op straatniveau. Hierdoor bleek het noodzakelijk de hoogbouwvisie uit de jaren negentig te herzien. Er moest meer aandacht komen voor de kwaliteit van hoogbouw en specifiek de plint in relatie tot de openbare ruimte. In 2011 is daarom een herziening van de hoogbouwvisie uitgegeven.

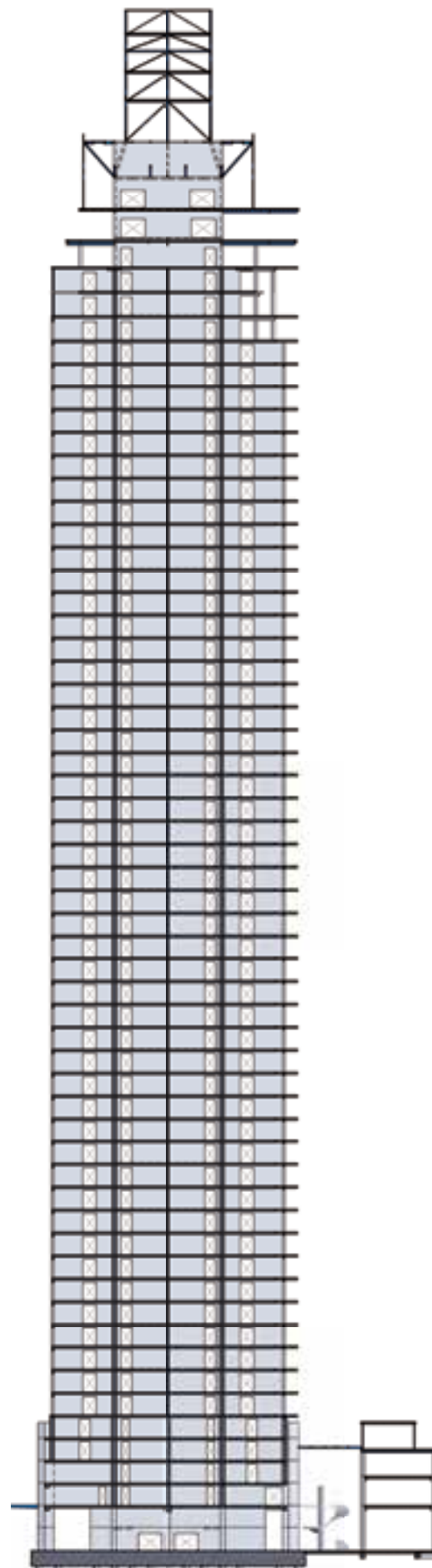
Enkele belangrijke punten uit deze herziening:

- voor de hoogbouw in de binnenstad wordt een theoretische maximale hoogte van 200 m benoemd, die echter als een dynamische begrenzing wordt gezien;
- hoogbouw is onderdeel van de stedelijke laag; de kwaliteit van met name de plint moet omhoog;
- het zon- en windklimaat in de nabijheid van de hoogbouw is aan eisen gebonden en moet vroegtijdig worden onderzocht;
- volume- en slankheidsregels moeten de kwaliteit van de hoogbouw verder verbeteren.

De herziening had de nodige invloed op het ontwerp voor De Zalmhaven. Het eerste ontwerp dateert al uit medio 2004. Het plan bestond toen uit een hoge toren van circa 188 m en een lagergelegen deel van maximaal 70 m. Het ontwerp kwam, met name voor het lagergelegen deel, zeer robuust en massief over. Ook zat er een bepaalde getraptheid in de vormgeving van de laagbouw.

De intredende crisis in 2008 gooide roet in het eten en de ontwikkeling van het project werd stopgezet. Medio 2014 is het Zalmhavenproject weer opgepakt. Daarbij moest rekening worden gehouden met de herziening van de hoogbouwvisie, die in de tussentijd had plaatsgevonden.

2



- 3 De Zalmhaven bestaat uit een hoge toren, twee lagere torens, grondgebonden woningen en vijf lagen commerciële ruimten
- 4 Overgangsconstructie op derde en vierde verdieping.



3

Bouwkundig en architectonisch ontwerp

Het wooncomplex ligt tussen de Gedempte Zalmhaven en de Houtlaan in en grenst deels aan het Willemsplein en een nieuw in te richten openbaar park. Met deze ontwikkeling zal het Scheepvaartkwartier zich verder ontwikkelen tot een gewilde locatie met een aantrekkelijke mix van woon-, werk- en recreatiefuncties.

Het project bestaat uit een 215 m hoge toren met in totaal 57 verdiepingen (fig. 2). Bovenin de toren komt een restaurant met uitzichtplatform. Onderin de toren bevindt zich een ruime entree met op de eerste lagen daarboven de bergingen voor de woningen. De toren wordt geflankeerd door een aanbouw van vijf lagen met commerciële ruimten, twee lagere woontorens (ca. 70 m) en grondgebonden stadswoningen (fig. 3). Ook is een parkeergarage voorzien. Twee bekende Nederlandse archi-



4

tectenbureaus verzorgen het ontwerp. De hoogbouwtoeren en commerciële ruimten zijn een ontwerp van Dam & Partners Architecten. De overige delen zijn ontworpen door KAAAN Architecten. Het gehele plan past binnen de contouren van het bestemmingsplan en de onderdelen sluiten naadloos op elkaar aan (fig. 1).

Uitgangspunt voor de ontwerpen is dat de onderste verdiepingen van de verschillende gebouwen levendigheid toevoegen aan het straatbeeld. Zo is er meer openheid in de entrees van de torens aangebracht en bieden de stadswoningen meer levendigheid in de plint. Doordat de terrassen en balkons aan de straat- en parkzijde worden gerealiseerd, wordt de levendigheid en beleving van de buitenruimte verder versterkt.

Op verzoek van de ontwikkelaars is het programma van het plan ook enigszins aangepast. Daar waar in het ontwerp uit 2004 nog sprake was van circa 7500 m² aan kantoor- en commerciële voorzieningen, is dit in het laatste plan teruggebracht. Het overgrote deel bestaat uit woningen met parkeervoorzieningen. In totaal gaat het om circa 500 woningen.

Materiaalkeuze

Tijdens een haalbaarheidsstudie is een afweging gemaakt van de materiaalkeuze voor de hoofdconstructie van de gebouwen. Daarbij zijn verschillende materialen en materiaaltoepassingen met hun voor- en nadelen de revue gepasseerd. Uiteindelijk is, met name op basis van stijfheid, bouwtijd en kosten, voor de hoogbouwtoeren gekozen voor een in het werk

gestorte betonconstructie bestaande uit massieve vloeren en wanden. Ook de 'laagbouwtorens' zijn, gezien de repetitiefactor, ontworpen in in het werk gestort beton. Alleen voor de grondgebonden woningen en de parkeergarage is voor prefab-beton-elementen gekozen.

Dimensies en stabiliteit hoogbouw

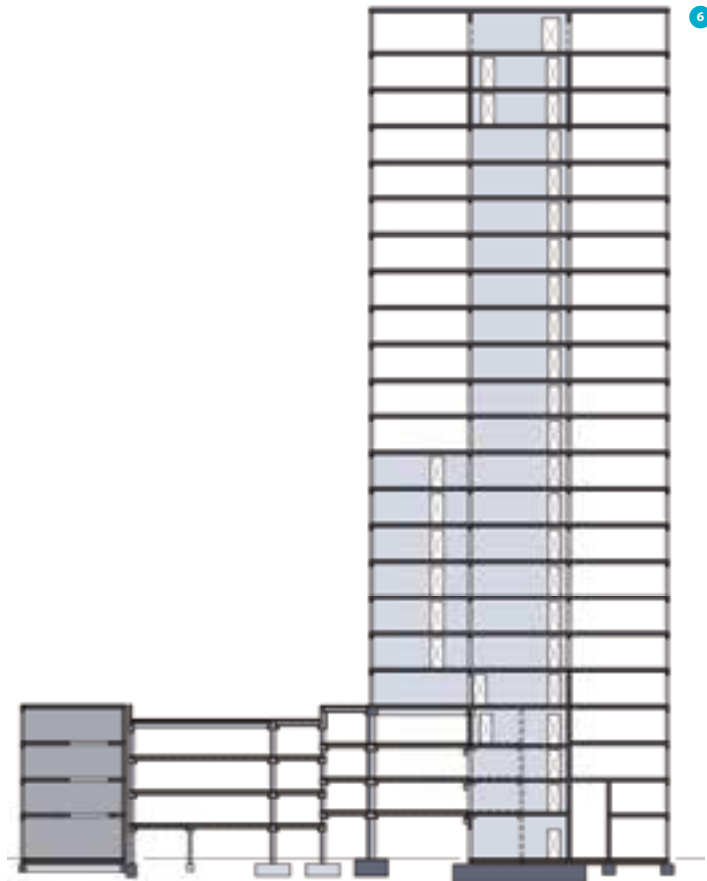
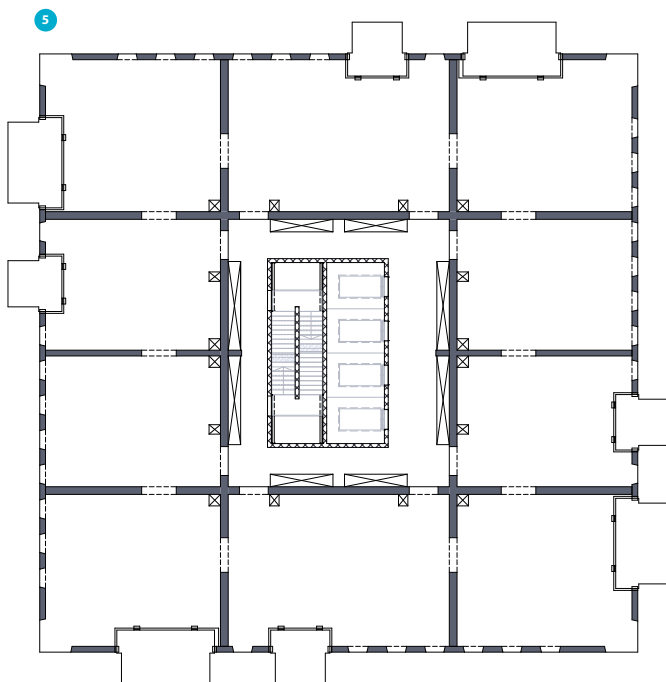
De draagconstructie van de hoge toren bestaat uit betonnen wanden en vloeren. Op entreeniveau wordt de toren zo transparant en open mogelijk uitgevoerd. Daarom is op dit niveau gekozen voor een combinatie van betonnen kolommen en kernwanden. De kolommen hebben een maximale doorsnede van $700 \times 1800 \text{ mm}^2$ en worden deels uitgevoerd in betonsterkteklasse C90/105. Boven de entreehal worden woningbergingen aangebracht. Omdat de gevel daarvan gesloten is, is op de derde en vierde verdieping een wandligger van 6 m hoog in de gevel aangebracht (fig. 4). Deze wandligger maakt het mogelijk de belastingen uit de bovengelegen woningen te spreiden naar een grotere kolomafstand op de begane grond. Vanaf de vijfde verdieping start een woningvloer die zich herhaalt tot de 52e verdieping. De vloeren zijn allemaal 270 mm dik. De betonnen kernwanden starten met een dikte van 600 mm en verjongen over de hoogte naar 400 mm. Het binnenblad van de gevel, die start op de tweede verdieping, maakt ook deel uit van de hoofddraagconstructie en is 300 mm dik.

De hoogbouwtoeren ontleent zijn stabiliteit aan betonwanden. Omdat er voor de toepassing van betonwanden is gekozen en deze een bepaalde stijfheid leveren, was het niet zinvol outriggers of zelfs een gevelbuisconstructie nader te onderzoeken. Voor de onderste lagen zijn het de kernwanden die voor stabiliteit zorgen. Vanaf de vijfde verdieping zijn het twee woningscheidende wanden die worden gecombineerd met de kernwanden. Omdat dit nog onvoldoende stijfheid opleverde, is er – in de vorm van een T – een koppeling gemaakt met een deel van het binnenblad van de gevel (fig. 5).

De brandwerendheid van de hoofddraagconstructie van de toren bedraagt 120 minuten zonder mogelijkheid tot reductie. In verband met de hoogte van de toren is het vereist om in de hele toren sprinklerinstallatie toe te passen.

Top

De top van de toren is vanaf de 53e verdieping ontworpen als een staalconstructie in combinatie met staalplaatbetonvloeren (fig. 7). Omdat zich hier de penthouses, een restaurant en een uitzichtplatform bevinden, wordt op deze manier zo veel





7

mogelijk flexibiliteit gecreëerd. De erboven gelegen installatieruimte en de mast zijn eveneens in staal ontworpen.

Dimensies laagbouw

Het laagbouwdeel is op te splitsen in de twee 'lage' torens, de grondgebonden woningen en de parkeergarage (fig. 6 en 8).

Lage woontorens

De constructie voor de lage woontorens bestaat uit betonwanden en -vloeren met een dikte van 250 mm. Op de onderste lagen worden kolommen en kolomschijven toegepast om de wanden uit de bovenbouw te dragen.

Grondgebonden woningen

De grondgebonden woningen bestaan uit prefab-betonwanden met een dikte van 250 mm en breedplaatvloeren van 250 mm dik. Het binnenspouwblad wordt ook dragend uitgevoerd en is 200 mm dik.

Parkeergarage

De constructie voor de parkeergarage bestaat uit prefab-betonbalken in combinatie met kanaalplaatvloeren ($d = 260$ mm) voorzien van een druklaag van 50/70 mm. De bovenste laag

7 De top van de toren is vanaf de 53e verdieping ontworpen als een staalconstructie in combinatie met staalplaatbetonvloeren; hier bevinden zich de penthouses, een restaurant en een uitzichtplatform bevinden

bron: Dam & Partners Architecten

8 Plattegrond lage woontorens

van de garage wordt voorzien van TT-platen en kanaalplaatvloeren ($d = 400$ mm), omdat de belasting uit de daktuin aanmerkelijk hoger is dan voor parkeren. Ter plaatse van de dikkere kanaalplaatvloer is de belasting uit het tuinpakket enigszins beperkt.

Stabiliteit laagbouw

De stabiliteit voor het laagbouwdeel wordt ontleend aan betonwanden. In de torens wordt in twee richtingen gebruikgemaakt van de woningscheidende wanden. De grondgebonden woningen ontleen hun stabiliteit in twee richtingen aan de prefab-betonwanden.

De stabiliteit van de parkeergarage wordt ontleend aan prefab-betonwanden naast de hellingbanen. Deels worden daar ook de prefab-betonwanden van de grondgebonden woningen voor gebruikt.

Balkons

De balkons van de woningen in de hoge toren zijn in prefab beton ontworpen. Omdat ze deels inpandig zijn, kunnen ze met stalen opleghandjes worden gekoppeld aan de hoofdconstructie.

De uitkragende balkons van de lage torens zijn ook van prefab beton en worden met Schöck IDock-elementen gekoppeld aan de hoofdconstructie.

Bouwmethode

Bij een project van deze omvang en hoogte is de bouwmethode/bouwtijd cruciaal voor de (financiële) haalbaarheid. Al in een vroeg stadium is hierover nagedacht en zijn de kosten- en tijdsconsequenties in beeld gebracht.

Hoogbouw

De stabiliteitswanden in de hoogbouwtoeren zijn zeer geschikt om met een klim- of glijbekisting uit te voeren. Omdat voor de stabiliteit en belastingsafdracht ook gebruik wordt gemaakt van het binnenblad van de gevel, is een tunnelsysteem geen optie. Bovendien is de bouwmethode met een glij- of klimbekisting minder afhankelijk van kraanbewegingen en daardoor minder weersgevoelig. Gezien de verjonging van de wanden die wordt toegepast – voor een glijbekisting een lastig obstakel – is in het ontwerp stadium gekozen voor de toepassing van een klimkist. Bij een klimbekisting worden de wanden per verdieping gestort en klimt de bekisting omhoog door zich af te zetten op de onderliggende wanden.

De vloeren worden met verplaatsbare tafelprestellingen tussen deze wanden in gestort en lopen hier circa vijf verdiepingen op

achter. Tijdens een derde bouwstroom worden de balkons aangebracht en wordt de gevel gesloten.

Bij de toepassing van een klimkist is een cyclus van circa vijf werkdagen per verdieping prima haalbaar. Alleen bij aanvang van het klimmen, zullen er extra dagen nodig zijn om 'in het ritme te komen'. Omdat de klimbekisting op het kritieke pad ligt – de vloeren kunnen het tempo meestal wel volgen – bepaalt deze het bouwtempo voor de toren.

Lage torens

Voor de beide lagere torens is een tunnelbouwsysteem zeer geschikt. De overspanning is niet te groot en de stramien zijn gelijk waardoor dezelfde tunnels kunnen worden toegepast. Dankzij de snelle ontkisting kan hiermee een hoge bouwsnelheid worden gehaald. Op die manier ontstaat een volledig monoliete en robuuste betonconstructie. Het tunnelsysteem kan alleen niet over de hele hoogte worden toegepast. Onder de vierde verdieping bevinden zich een deel van de parkeergarage, de bergingen en de eengezinswoningen. Daarom is daar een in-situ-kern ontworpen in combinatie met kolommen en breedplaatvloeren. Op de vierde verdieping zijn in-situ-overgangsbalken ontworpen die de belastingen uit de tunnelwanden in de kolommen inleiden.

De gevels die *niet* met de tunnel worden vervaardigd, zullen worden opgebouwd uit prefab-sandwichelementen. Daarbij zal zowel het binnenblad als het buitenblad van beton worden gemaakt. Het buitenblad mag niet te dik te zijn in verband met het gewicht ervan voor de draagconstructie. Daarom wordt gedacht aan de toepassing van glasvezelversterkt beton zodat de dikte beperkt kan blijven. Het buitenblad van deze sandwich-elementen zal gelijk zijn aan het buitenblad dat op de tunnelwanden wordt bevestigd.

Fundering

Vanaf het maaiveld tot NAP -10 à -15 m bestaat de ondergrond veelal uit matig tot slecht waterdoorlatende zand-, klei- en veenlagen. Hieronder bevindt zich het eerste watervoerende pakket: een vastgepakt zandpakket. De onderkant van dit watervoerende pakket reikt tot circa NAP -32 à 34 m. Onder dit pakket, tot circa NAP -55 tot -64 m, bevindt zich de laag van Kedichem. Hieronder is wederom zand aanwezig.

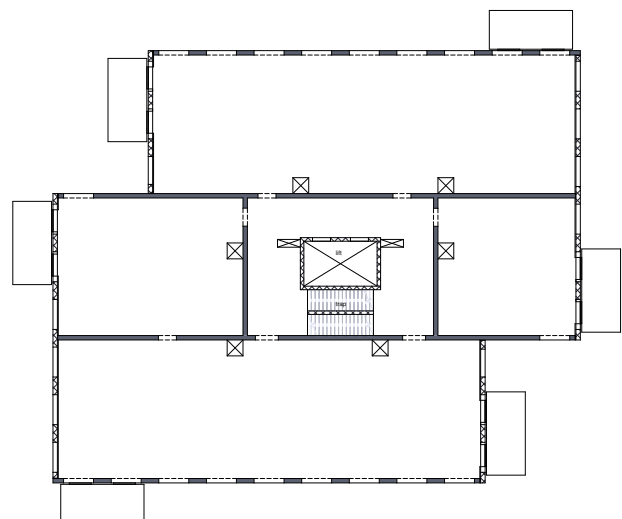
Hoogbouw

Gezien de grootte van de totale belasting uit de hoge toren, zal de toren worden gefundeerd op de tweede zandlaag. Daarmee wordt de zettingsgevoelige laag van Kedichem gepasseerd. Het funderingsniveau ligt in dat geval op circa NAP -60 m. Als funderingswijze komen twee principes in aanmerking: diep-

Grondvervuiling

Op de locatie staat nu nog een kantoorgebouw uit de jaren zestig. Dit gebouw zal medio 2017 worden gesloopt. In vroegere jaren waren er andere bedrijven op deze locatie gevestigd. Aan wat toen nog de 'Zalmhaven' was, waren onder andere een gasfabriek, een betonfabriek, een scheepstimmerwerf, een schilderwerkplaats en een visverwerkend bedrijf gevestigd. Er is dan ook sprake van grondvervuiling die in die jaren is ontstaan. Om deze vervuiling niet te verstoren, zijn er geen kelders of ondergrondse parkeerlagen in het nieuwe plan opgenomen. Wel zal er lokaal dieper moeten worden gegraven om de fundering aan te brengen. Omdat onder het bestaande kantoorgebouw een half-verdiepte kelder aanwezig is, hoeft er voor deze graafwerkzaamheden geen grond te worden afgevoerd.

wanden en palen. De diepwanden kunnen dan worden aangebracht in de vorm van baretten: korte stukken diepwand. Gezien het grondverzet dat nodig is voor het aanbrengen van de diepwandbaretten, is in eerste instantie de haalbaarheid van een paalfundering nader onderzocht. Daarbij is gekeken of er zwaarbelaste grondverdringende palen met een grote lengte mogelijk zijn die ter plaatse kunnen worden aangebracht. In verband met de geldende geluid- en trillingseisen zou dit een geschroefd systeem moeten zijn. Een grondverdringende casingpaal (paal met een permanente stalen casing met aangelaste schroefpunt) met groutinjectie komt daarvoor in aanmerking. Gezien de lengte van de buis (ca. 60 m) moeten de palen in het werk worden doorgelast. Palen van deze lengte zijn al eerder in Rotterdam toegepast onder het gebouw De Coopvaart.





9

Uitgangspunt is een verticaal toelaatbare belasting per paal van circa 10 000 kN en een door alle palen onder de hoogbouw op te nemen totale horizontale belasting van 20 000 kN. De palen kunnen een betonsterkteklasse krijgen van C35/45. Met het beperkt meerekenen van de positieve kleeft in de bovenlagen blijkt de gevraagde belasting haalbaar. Deze wijze van funderen geniet de voorkeur. De alternatieve diepwandbaretten zullen als vergelijk in de bestekfase echter nog wel nader worden bekeken.

Onder de begane grond van de hoge toren is een funderingsplaat ontworpen van 2 m dik. Ter plaatse van de liftputten zal deze plaat dieper worden aangelegd. Alleen voor dat deel wordt dan ook een kleine bouwput met damwanden aangebracht.

Laagbouwtorens

De fundering voor de laagbouwtorens, de stadswoningen en de parkeergarage bestaat uit poeren en funderingsbalken. De belasting uit de laagbouw is aanzienlijk lager dan uit de hoogbouw. Hierdoor kan dit gedeelte worden gefundeerd op de eerste zandlaag op circa NAP -25 m. Gezien de binnenstedelijke ligging van het project en de geluid- en trillingseisen die daarvoor gelden, is gekozen voor avegaarpalen, type buis-schroefpaal, of combinatiepalen.

Zettingsverschillen

Door de hoge toren te funderen op de tweede zandlaag en de overige bouwdelen op de eerste zandlaag, blijven de zettingsverschillen op het aansluitvlak tussen de bouwdelen beperkt tot 30 à 40 mm. In het plan zijn diverse dilataties opgenomen, onder andere om deze zettingsverschillen te kunnen opnemen. De belangrijkste dilatatie bevindt zich rond de funderingsplaat van de hoge toren. De constructieve aansluitingen zullen daar op deze optredende vervormingen worden ontworpen.

Planning

Eind 2016 is de omgevingsvergunning aangevraagd. Terwijl het ontwerpteam in 2017 verdergaat met de uitwerking van het bestek, zullen de gesprekken met mogelijke aannemers worden opgestart. In de tweede helft van 2017 is de sloop van het bestaande kantoorgebouw voorzien. Medio 2018 is het de bedoeling met de bouw te starten. De volgorde waarin de bouw plaatsvindt, in relatie tot een door de opdrachtgever gewenste gefaseerde oplevering, zal te zijner tijd met de aannemer worden besproken. Medio 2020 is de oplevering van het gehele complex voorzien. ☒

PROJECTGEGEVENS

opdrachtgever Zalmhaven CV (een combinatie van AM b.v. i.s.m. Amvest Vastgoed b.v.)

architect hoogbouwdeel Dam & Partners Architecten, Amsterdam

architect laagbouwdeel KAAAN Architecten, Rotterdam

hoofdconstructeur Zonneveld ingenieurs b.v., Rotterdam

installatie adviseur Techniplan Adviseurs b.v., Rotterdam

bouwfysisch adviseur Peutz b.v., Zoetermeer/Mook

kostenadviseur IGG Bointon de Groot, Den Haag

opleverdatum medio 2020