

## EKP gebied 's Hertogenbosch

*Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel*

### verleend

Behoort bij het besluit van het hoofd  
van de afdeling VTH-Omgevingswet  
van de gemeente 's-Hertogenbosch

d.d. : oktober 2023

nr. : 079613367540



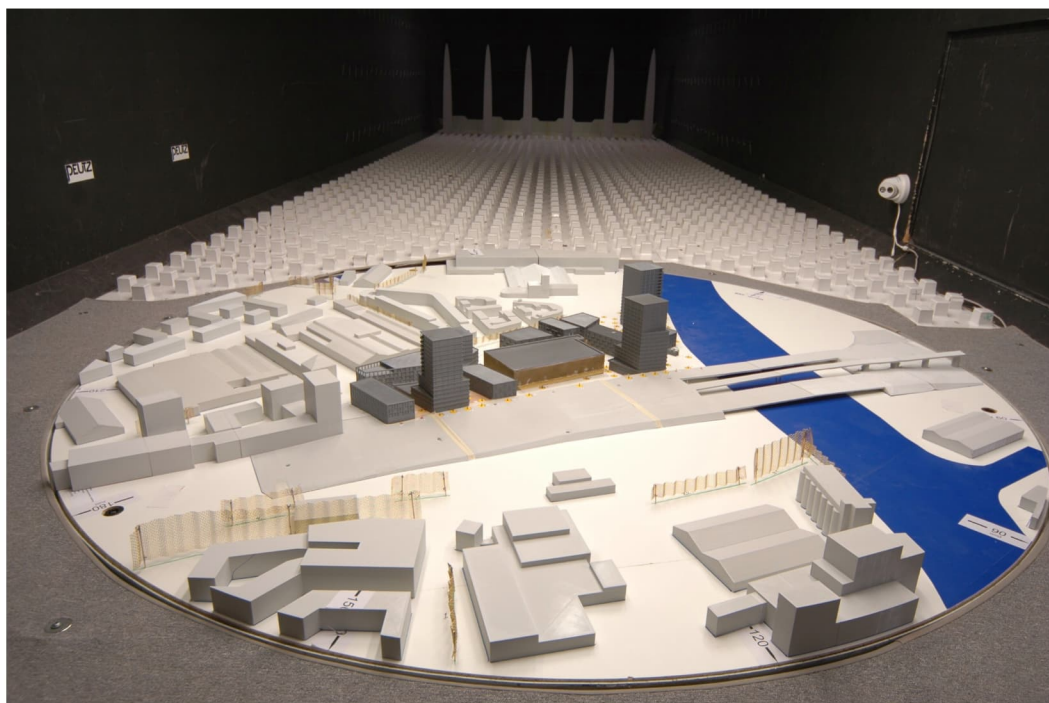
### ontwerpbeschikking

d.d. : september 2022

nr. : 079613367540

## EKP gebied 's Hertogenbosch

*Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel*



|                   |                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------|
| opdrachtgever     | SDK Vastgoed bv                                  |
| rapportnummer     | OC 15918-2-RA-001                                |
| datum             | 12 mei 2020                                      |
| referentie        | OO/OO//OC 15918-2-RA-001                         |
| verantwoordelijke | O.E. Otten                                       |
| opsteller         | O.E. Otten<br>+31 85 8228667<br>o.otten@peutz.nl |

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

## Inhoudsopgave

|          |                                                              |           |
|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                                             | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Normstelling en opzet van het onderzoek</b>               | <b>5</b>  |
| 2.1      | Beslismodel NEN 8100                                         | 5         |
| 2.2      | Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100                    | 5         |
| 2.2.1    | Windhinder                                                   | 5         |
| 2.2.2    | Windgevaar                                                   | 6         |
| 2.3      | Windklimaat op de locatie                                    | 7         |
| 2.4      | Simulatie windsnelheden in de windtunnel                     | 9         |
| 2.5      | Schaalmodel                                                  | 10        |
| 2.6      | Onderzoek in de windtunnel                                   | 11        |
| <b>3</b> | <b>Resultaten van het onderzoek</b>                          | <b>12</b> |
| 3.1      | Geplande bebouwing zonder windafschermende maatregelen       | 13        |
| 3.2      | Geplande bebouwingssituatie met windafschermende maatregelen | 15        |
| <b>4</b> | <b>Samenvatting en conclusies</b>                            | <b>21</b> |

## 1 Inleiding

In opdracht van SDK Vastgoed bv is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het nieuwbouwplan EKP gebied 's Hertogenbosch, inclusief de geplande bebouwing in het gebied EKP Zuid en de overige stedenbouwkundige omgeving van het project.

Het doel van het onderzoek was het inzichtelijk maken en beoordelen van het windklimaat in het invloedsgebied van de geplande nieuwbouw. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is vervolgonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om het windklimaat te verbeteren.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het windtunnelonderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd:

In hoofdstuk 2 wordt de normstelling toegelicht en de opzet van het onderzoek beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd.

In hoofdstuk 4 is een samenvatting van het onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

## 2 Normstelling en opzet van het onderzoek

### 2.1 Beslismodel NEN 8100

De beoordeling van het windklimaat met betrekking tot windhinder en windgevaar, is in Nederland vastgelegd in de norm NEN 8100. Om te bepalen of windhinder en/of windgevaar te verwachten is kan in eerste instantie gebruik worden gemaakt van het beslismodel in de NEN 8100. Hierin wordt onder meer beschreven in welke situaties een windklimaatonderzoek nodig is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 meter, zoals in de geplande nieuwbouwsituatie, wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie als noodzakelijk gezien.

### 2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

De gevoeligheid van de mens voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij een laag activiteitsniveau (bijvoorbeeld wachten bij een bushalte, op een terrasje zitten) zullen lagere windsnelheden als hinderlijk kunnen worden ervaren dan bij een hoger activiteitsniveau. In de NEN 8100 wordt voor de beoordeling van het windklimaat derhalve onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitenklassen. Bij hogere windsnelheden kan tevens sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst aan het specifieke gevaarcriterium.

#### 2.2.1 Windhinder

Windhinder is iets wat in geen geval geheel is te voorkomen: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook worden getroffen. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend wordt gehouden voor de beoordeling van het windklimaat. Voor windhinder wordt een drempelwaarde  $v_{DR,H}$  aangehouden van 5 m/s uurgemiddelde windsnelheid op loop- of verblijfsniveau. Bij deze windsnelheid gaan mechanische effecten bij de ervaring van het windklimaat een rol spelen zoals bijvoorbeeld het omslaan van paraplu's, in de ogen waaien van stof en in meer extreme vorm het dichtwaaien van een autoportier en dergelijke.

Aan de hand van onderstaande tabel 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t2.1 Criteria windhinder volgens NEN 8100

| Overschrijdingskans<br>$p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,H}})$ in procenten<br>van het aantal uren per jaar | Kwaliteitsklasse | Activiteit   |               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|---------------|-----------------------|
|                                                                                                           |                  | I. Doorlopen | II. Slenteren | III. Langdurig zitten |
| < 2,5                                                                                                     | A                | Goed         | Goed          | Goed                  |
| 2,5 – 5                                                                                                   | B                | Goed         | Goed          | Matig                 |
| 5 – 10                                                                                                    | C                | Goed         | Matig         | Slecht                |
| 10 – 20                                                                                                   | D                | Matig        | Slecht        | Slecht                |
| $\geq 20$                                                                                                 | E                | Slecht       | Slecht        | Slecht                |

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt de waardering van het lokale windklimaat gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht' (zie tabel 2.1). Bij een goed windklimaat ondervindt men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek onder normale omstandigheden geen last van windhinder. Bij een matig windklimaat ervaart men af en toe overmatige windhinder. In een slecht windklimaat ervaart men regelmatig overmatige windhinder. In een dergelijke situatie heeft het merendeel van het publiek last van windhinder.

Er wordt doorgaans naar gestreefd om, binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Opgemerkt wordt dat de natuurlijke gebruiksmomenten van terrassen en buitenruimten meestal niet samenvallen met ongunstige windomstandigheden. Zo zal een relatief groot deel van voorkomende windhinder optreden in de winter. In de norm wordt daar geen rekening mee gehouden. Op terrassen en buitenruimten wordt om deze reden vaak uitgegaan van het criterium voor slenteren in plaats van langdurig zitten, met een streefwaarde van minder dan 5%.

## 2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde  $v_{\text{DR,G}}$  gehanteerd. Op basis van tabel 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100

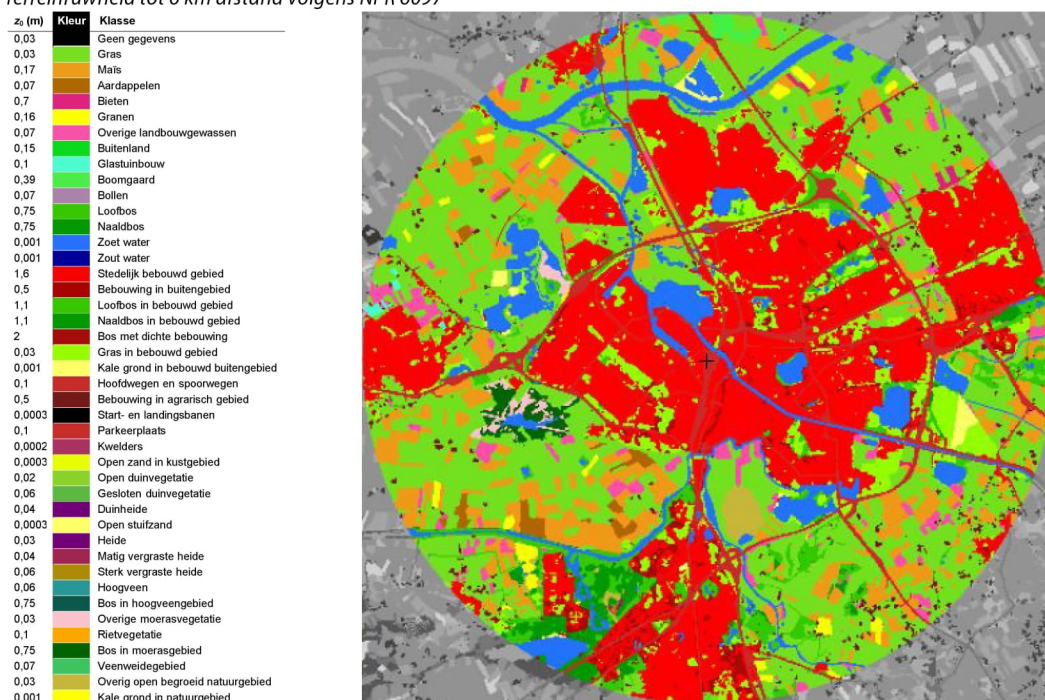
| Overschrijdingskans<br>$p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,G}})$ in procenten van het<br>aantal uren per jaar | Kwalificatie   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $0,05 < p < 0,30$                                                                                         | Beperkt risico |
| $p \geq 0,30$                                                                                             | Gevaarlijk     |

De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van  $0,05 < p < 0,30$  mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis  $p \leq 0,05$ . Situaties met een overschrijdingskans van  $p \geq 0,30$  zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld."

## 2.3 Windklimaat op de locatie

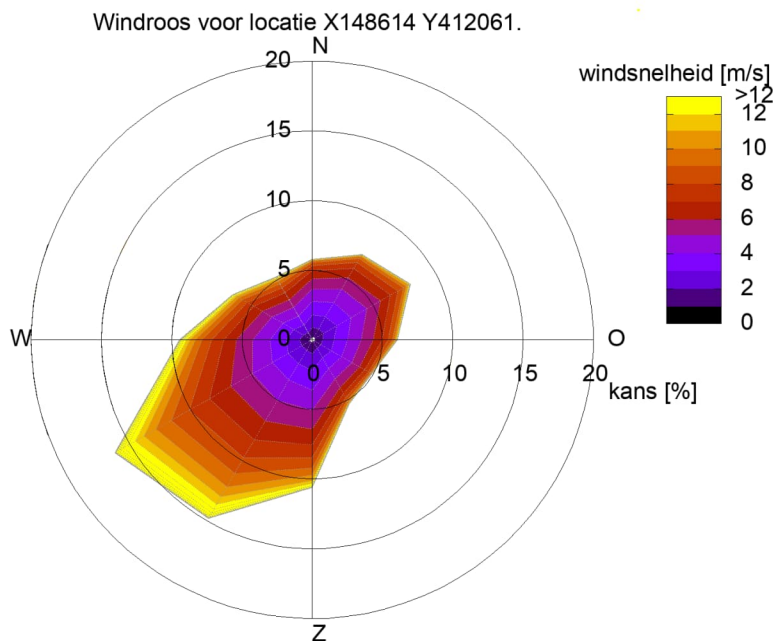
Voor de vertaling van de resultaten van de metingen aan een schaalmodel in de windtunnel naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van het project. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



In figuur 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weergegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (tabel 2.3) blijkt dat op de planlocatie met name bij wind uit het zuiden tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwestenwind is hiermee het meest bepalend voor het windklimaat op de planlocatie.

## f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097



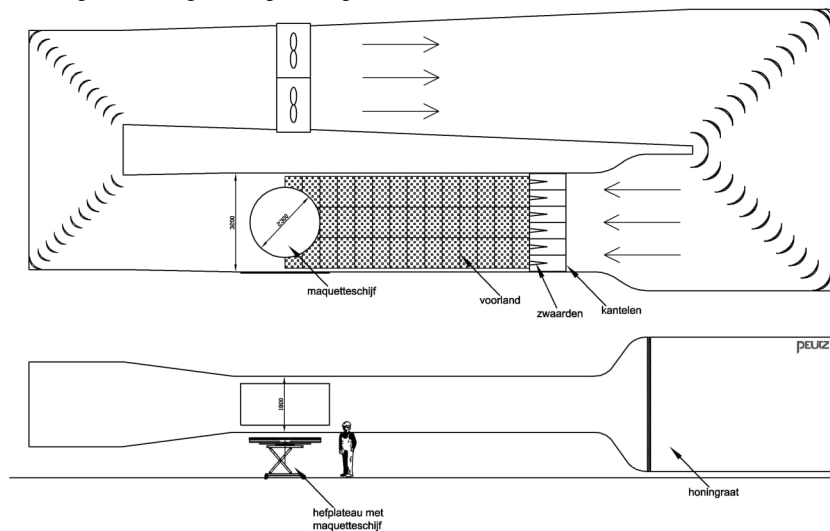
## t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

| Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------|-------|-------------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------------|-------|
| Positie X148614 Y412061                                                              |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| Jaar 1963-2002                                                                       |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| totaal aantal uren: 8765.7                                                           |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.7                                                   |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| wind<br>snelheid                                                                     | Noord<br>0° | 30°   | 60°   | Oost<br>90° | 120°  | 150°  | Zuid<br>180° | 210°   | 240°   | West<br>270° | 330°  |
| 0.0 - 0.9                                                                            | 19.1        | 20.8  | 22.1  | 17.2        | 16.4  | 14.6  | 20.5         | 15.9   | 17.6   | 18.6         | 15.1  |
| 1.0 - 1.9                                                                            | 59.2        | 61.0  | 63.7  | 48.3        | 49.0  | 47.2  | 70.1         | 59.8   | 60.8   | 60.4         | 50.0  |
| 2.0 - 2.9                                                                            | 79.9        | 86.9  | 92.0  | 72.3        | 72.1  | 70.3  | 105.7        | 97.1   | 95.3   | 84.7         | 69.5  |
| 3.0 - 3.9                                                                            | 83.9        | 103.5 | 103.4 | 84.2        | 77.6  | 77.3  | 121.7        | 121.0  | 114.0  | 98.8         | 77.8  |
| 4.0 - 4.9                                                                            | 80.0        | 98.3  | 113.0 | 83.9        | 72.0  | 76.2  | 125.2        | 147.0  | 141.9  | 109.2        | 79.4  |
| 5.0 - 5.9                                                                            | 63.5        | 82.1  | 97.7  | 75.1        | 54.5  | 62.3  | 120.8        | 150.4  | 159.2  | 101.8        | 68.8  |
| 6.0 - 6.9                                                                            | 50.7        | 65.4  | 72.6  | 55.0        | 37.4  | 41.2  | 96.7         | 137.4  | 153.8  | 80.3         | 61.1  |
| 7.0 - 7.9                                                                            | 31.7        | 44.6  | 53.5  | 39.0        | 26.0  | 30.9  | 83.2         | 129.9  | 144.8  | 74.6         | 48.2  |
| 8.0 - 8.9                                                                            | 18.4        | 26.5  | 38.3  | 25.6        | 14.4  | 20.0  | 62.9         | 111.8  | 127.3  | 59.7         | 35.8  |
| 9.0 - 9.9                                                                            | 10.4        | 16.9  | 22.6  | 15.2        | 6.2   | 12.1  | 45.0         | 97.2   | 109.9  | 42.2         | 25.0  |
| 10.0 - 10.9                                                                          | 5.8         | 8.6   | 14.9  | 7.8         | 2.3   | 7.3   | 32.6         | 71.3   | 88.4   | 33.3         | 16.2  |
| 11.0 - 11.9                                                                          | 3.1         | 3.3   | 8.1   | 4.6         | 1.0   | 3.6   | 18.9         | 54.3   | 64.3   | 22.5         | 10.9  |
| 12.0 - 12.9                                                                          | 1.5         | 2.0   | 3.3   | 2.1         | 0.2   | 1.5   | 11.2         | 38.5   | 51.3   | 15.0         | 8.1   |
| 13.0 - 13.9                                                                          | 0.9         | 0.7   | 0.7   | 0.7         | 0.3   | 0.5   | 7.1          | 26.5   | 33.1   | 11.1         | 3.3   |
| 14.0 - 14.9                                                                          | 0.3         | 0.1   | 0.4   | 0.4         | 0.2   | 0.2   | 3.1          | 15.8   | 21.9   | 6.7          | 1.8   |
| 15.0 - 15.9                                                                          |             |       | 0.2   | 0.1         |       | 0.2   | 1.9          | 9.6    | 15.6   | 3.9          | 0.9   |
| 16.0 - 16.9                                                                          |             |       |       |             |       |       | 0.4          | 5.7    | 9.3    | 2.3          | 0.5   |
| 17.0 - 17.9                                                                          |             |       |       |             |       |       | 0.8          | 2.4    | 5.3    | 1.4          | 0.2   |
| 18.0 - 18.9                                                                          |             |       |       |             |       |       | 0.2          | 1.8    | 2.8    | 1.1          | 0.2   |
| 19.0 - 19.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              | 1.3    | 1.8    | 0.3          | 0.1   |
| 20.0 - 20.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              | 0.3    | 1.1    | 0.2          | 0.1   |
| 21.0 - 21.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              | 0.2    | 0.4    |              |       |
| 22.0 - 22.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        | 0.3    | 0.1          |       |
| 23.0 - 23.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        | 0.2    | 0.1          |       |
| 24.0 - 24.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        | 0.1    |              | 0.1   |
| 25.0 - 25.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        | 0.1    |              |       |
| 26.0 - 26.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        | 0.1    |              |       |
| 27.0 - 27.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 28.0 - 28.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 29.0 - 29.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 30.0 - 30.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 31.0 - 31.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 32.0 - 32.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 33.0 - 33.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 34.0 - 34.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 35.0 - 35.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 36.0 - 36.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 37.0 - 37.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 38.0 - 38.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| 39.0 - 39.9                                                                          |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| aantal uren                                                                          | 508.4       | 620.7 | 706.5 | 531.5       | 429.4 | 465.4 | 928.0        | 1295.2 | 1420.7 | 828.3        | 573.1 |
| gemiddelde snelheid                                                                  | 4.4         | 4.6   | 4.9   | 4.8         | 4.2   | 4.6   | 5.5          | 6.8    | 7.2    | 5.9          | 5.4   |

## 2.4 Simulatie windsnelheden in de windtunnel

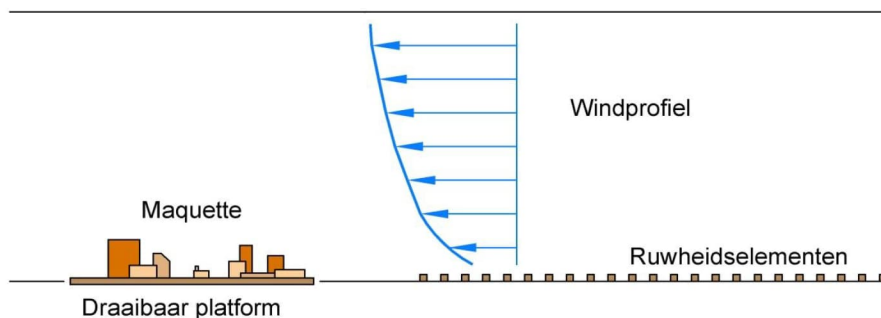
Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz zowel over eigen windtunnel- als rekenfaciliteiten. In deze situatie is gekozen voor simulaties in de windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen voor het simuleren van een atmosferische grenslaag. In figuur 2.3 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.

f2.3 Schematische weergave van de gesloten grenslaagtunnel



In de windtunnel wordt de grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit t.a.v. het temperatuurprofiel) aanwezig is, op schaal opgewekt, zodat aan de rand van het schaalmodel het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door het mee-modelleren van de direct omliggende bebouwing. Zie figuur 2.4.

f2.4 Opwekken windprofiel in de windtunnel



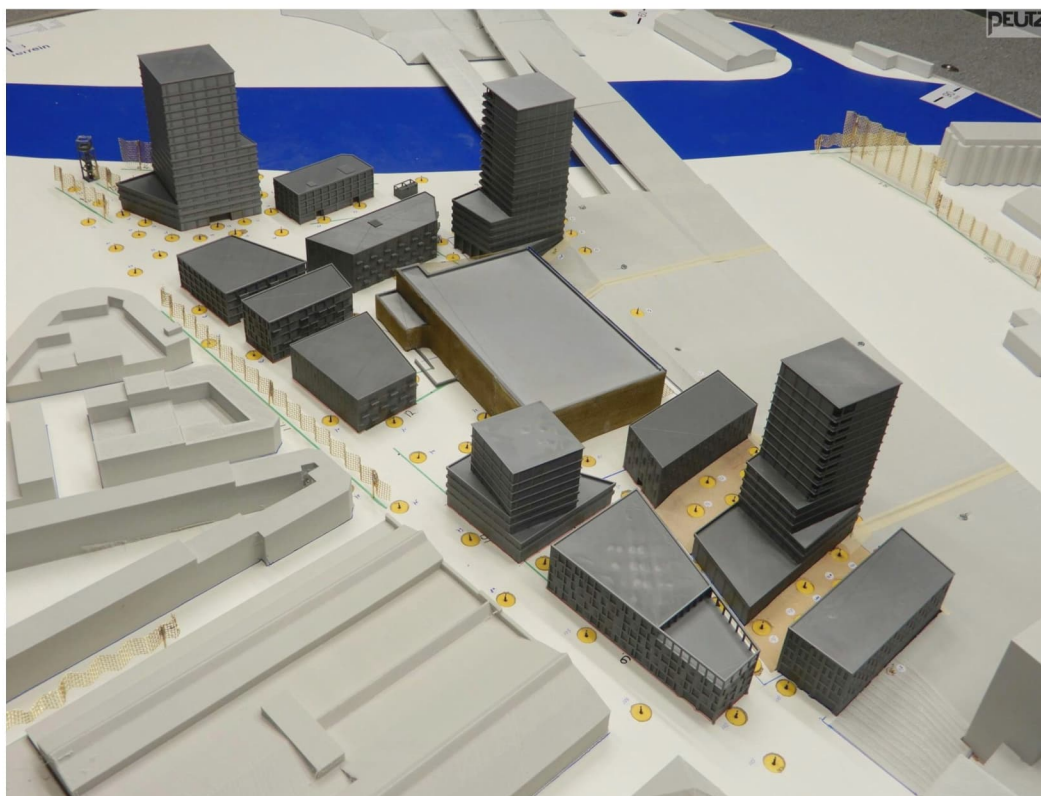
## 2.5 Schaalmodel

Ten behoeve van het windtunnelonderzoek is een 1:300 schaalmodel van de bouwplannen en de stedenbouwkundige omgeving vervaardigd conform de volgende gegevens:

- model EKP-noord: conform tenderontwerp, SketchUp-model "EKP 20200402 fase 1 omgeving.skp";
- model EKP-zuid: schetsmatig model conform opgave opdrachtgever;
- model gebouwen K en M: vanaf variant A volgens SketchUp-model "19315 20200326 EKP fase1.skp";
- terrein-inrichting eindvariant: conform gegevens zoals aangeleverd door Delva Landscape Architecture;
- gegevens ten aanzien van de bestaande omgeving uit de diverse openbare bronnen.

De maquette beslaat een cirkelvormig gebied met een diameter van circa 690 meter, zie figuur 2.5.

f2.5 Maquette basissituatie



## 2.6 Onderzoek in de windtunnel

In de basissituatie zijn in totaal op 120 plaatsen rondom het project de gemiddelde windsnelheden op loop- en verblijfsniveau gemeten, dat wil zeggen op een hoogte overeenkomend met ca. 1,75 meter boven plaatselijk niveau in werkelijkheid. Per punt is bekeken of het ligt in een gebied dat wordt gezien als doorloopgebied of als slentergebied.

Met behulp van de windtunnelmetingen zijn voor 12 verschillende windrichtingen voor alle meetpunten windsnelheidscoëfficiënten  $c_v$  bepaald, zijnde de verhouding tussen de windsnelheden op loop- en verblijfsniveau en de windsnelheid op 60 meter hoogte.

Met deze windsnelheidscoëfficiënten kan per windrichting worden bepaald bij welke snelheden op 60 meter hoogte de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar op de meetposities worden overschreden.

Aan de hand van de windstatistiek voor de planlocatie, zoals berekend volgens de NPR 6097, die eveneens uitgaat van een referentiehoogte van 60 meter, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor deze kritische windsnelheid bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen per windrichting, ook wel de hinderkans en de gevaarkans genoemd. Deze worden vervolgens getoetst aan de NEN 8100 om het lokale windklimaat te kunnen beoordelen.

## 3 Resultaten van het onderzoek

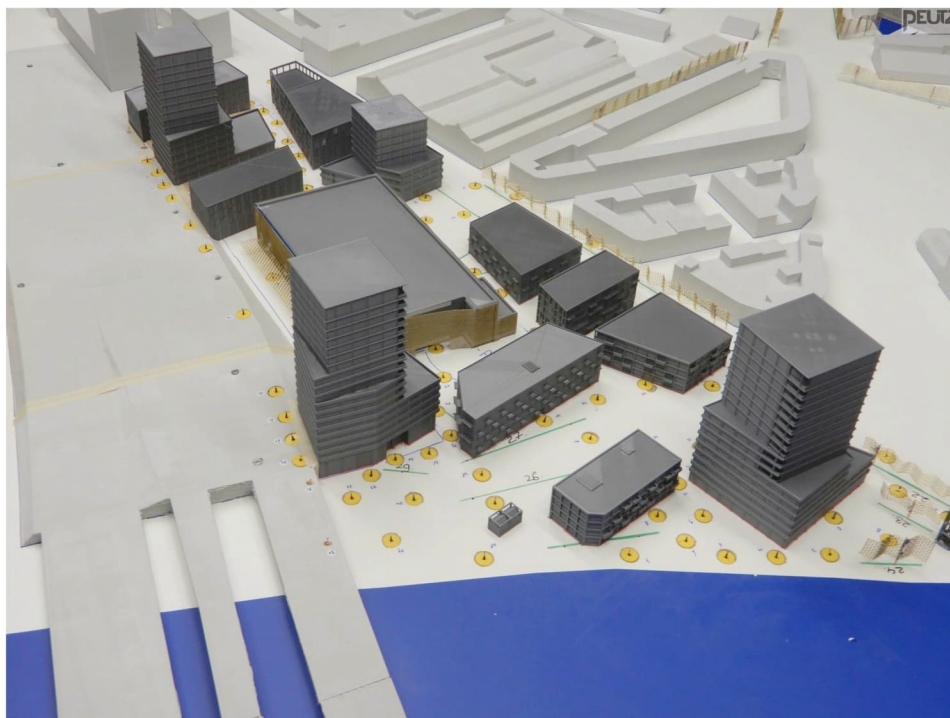
In de navolgende paragrafen wordt een omschrijving gegeven van een selectie van de doorgemeten situaties en worden de meetresultaten hiervan weergegeven. In bijlage 2 is een volledig overzicht van de meetresultaten inclusief foto's van de maquette voor de verschillende varianten gegeven. Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de meetgegevens uit de windtunnel, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar. Hierbij worden de meetpunten ter plaatse van gebouwentrees beoordeeld met het criterium voor slenteren (categorie II). Hier wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. De overige meetpunten worden beoordeeld met het criterium voor doorlopen (categorie I). Het criterium voor langdurig zitten (categorie III) is niet toegepast. Een overzicht van de categorie-indeling van meetpunten is opgenomen in figuur 3.1.

f3.1 Nummering en categorie-indeling meetpunten



## 3.1 Geplande bebouwing zonder windafschermende maatregelen

f3.2 Maquette bebouwingssituatie zonder windafschermende maatregelen



De onderzoeksresultaten van de geplande bebouwingssituatie zonder windafschermende maatregelen zijn opgenomen in figuur 3.3.

The map displays the Veemarkt area in Rotterdam, with building footprints and wind climate data points. The buildings are labeled A through M. The map includes a legend for wind climate and risk levels, and a north arrow.

**Legend:**

- = goed windklimaat (doorlopen <10.0; slenteren <5.0)
- = matig windklimaat (doorlopen 10.0 - 30.0; slenteren 5.0 - 10.0)
- = slecht windklimaat (doorlopen ≥20.0; slenteren ≥10.0)
- = beperkt risico lopen
- = overschrijding gevaarcriterium / beperkt risico slenteren

**Map Labels:**

- Parallelweg
- Veemarkt
- Nelson Mandelalaan
- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- H
- I
- J
- K
- L
- M

OC 15918-2-RA-001 14

1. Gebied rond toren K:

Zowel aan de noord- als aan de oostzijde van toren K is sprake van een matig tot slecht windklimaat voor het criterium doorlopen, met lokaal een beperkt risico op windgevaar. Terwijl het gebied aan de noordzijde tot het eigen terrein behoort (buitenruimte bij toren K, vormt geen doorgangsgebied) is het gebied aan de oostzijde onderdeel van het openbare terrein. De rij meetpunten aan de oostzijde van toren K liggen op het fietspad van de Nelson Mandelalaan. Op dit fietspad dient sprake te zijn van een goed tot hooguit matig windklimaat. Uit de resultaten in figuur 3.3 blijkt dat hier nu een slecht windklimaat met zelfs een beperkt risico op windgevaar te verwachten is. Het lokaal relatief slechte windklimaat wordt veroorzaakt door de hoogte van toren K waardoor a) wind van grotere hoogte, met een hogere windsnelheid, naar maaiveldhoogte wordt gebracht en b) door de massa van de toren welke leidt tot verdringing en lokale versnelling van de windsnelheid.

2. Gebied rond toren F:

Ook bij toren F is aan de noord- en aan de oostzijde sprake van een matig tot slecht windklimaat voor het criterium doorlopen met lokaal een beperkt risico op windgevaar. De rij meetpunten aan de oostzijde van toren F liggen wederom op het fietspad van de Nelson Mandelalaan. Als hierboven al aangegeven dient het windklimaat op dit fietspad goed tot hooguit matig te zijn. Ter plaatse van de meetpunten 61 en 31 is sprake van een slecht windklimaat met een beperkt risico op windgevaar (meetpunt 61). Het lokaal relatief slechte windklimaat wordt veroorzaakt door de hoogte van toren F, zie hierboven. In het gebied tussen gebouw F en gebouw D is lokaal sprake van een slecht windklimaat (meetpunt 37). Dit is het gevolg van het feit dat hier sprake is van een relatief nauwe doorgang tussen beide gebouwen, waardoor een fuik voor de wind wordt gevormd waar lokaal sprake is van een versnelling van de wind.

3. Gebied rond toren A:

Ter plaatse van een 6-tal meetpunten rondom toren A is sprake van een slecht windklimaat waarbij in meetpunt 2 (gebouwentree aan de noordzijde) sprake is van een gevaarlijke windsituatie en in de doorgang tussen gebouw A en B (meetpunt 10) sprake is van een beperkt risico op windgevaar. Ook hier wordt e.e.a. veroorzaakt door de relatief hoge toren A alsmede door de nauwe doorgang tussen gebouw A en B, die als fuik voor de wind fungeert.

4. Gebied tussen toren A en toren F:

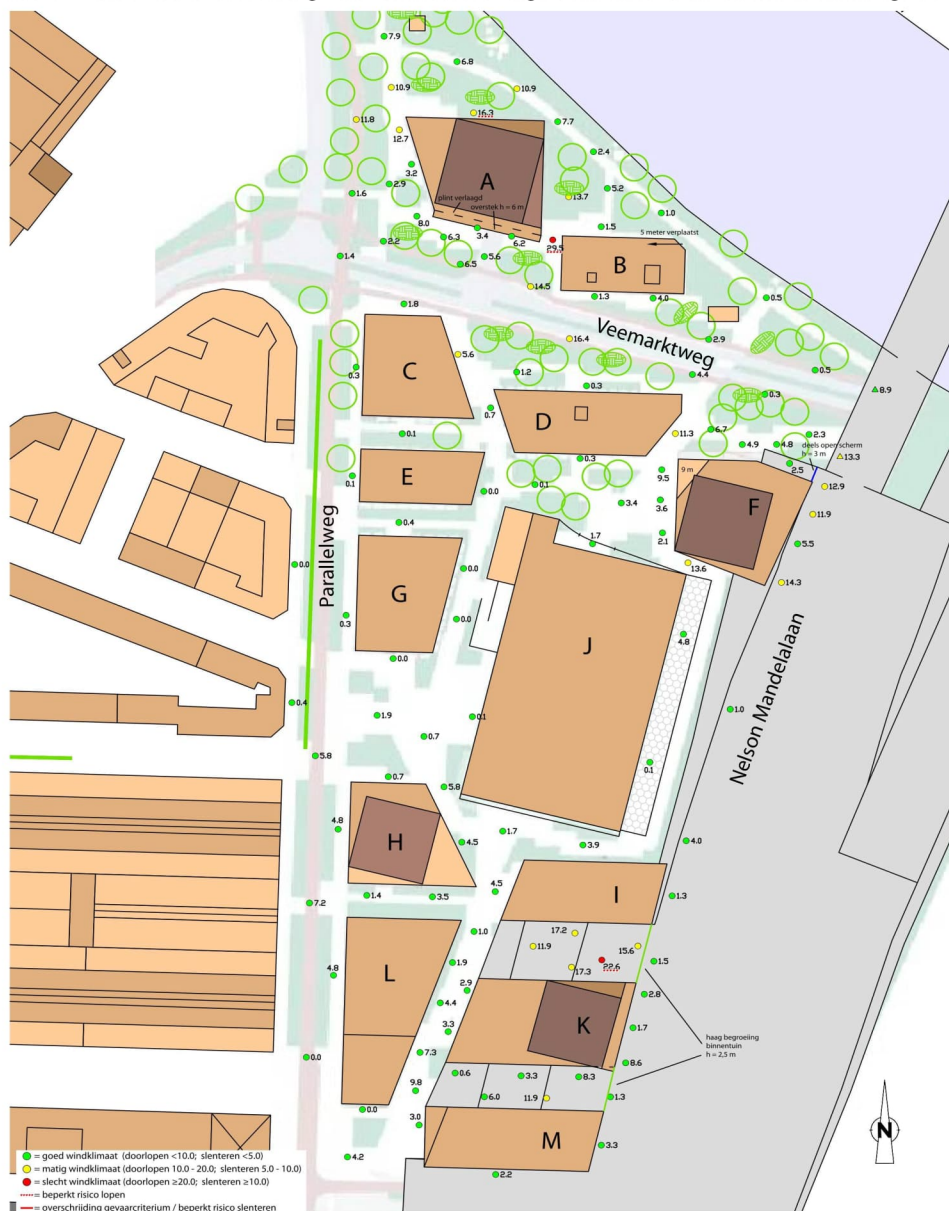
Tot slot is ter plaatse van de doorlooprouten tussen toren A en toren F lokaal sprake van een slecht windklimaat met een beperkt risico op windgevaar in meetpunt 41 en een beperkt risico op windgevaar in meetpunt 39. Dit gebied ligt tussen de beide gebouwen A en F met hoge torens zodat hier bij zuidwesten wind relatief frequent hoge windsnelheden zullen optreden.

### 3.2 Geplande bebouwingssituatie met windafschermende maatregelen

Teneinde het windklimaat te verbeteren zijn naar aanleiding van de resultaten van de basismeting diverse wijzigingen in het schaalmodel aangebracht en doorgemeten. Dit aanvullend onderzoek is uitgevoerd in samenspraak met de opdrachtgever en gemeente.

Na de basismeting (zie paragraaf 3.1) zijn daarbij de varianten A, B en C doorgemeten, waarbij variant C als eindvariant is gekozen. De resultaten van eindvariant C zijn weergegeven in figuur 3.4. Het meetpuntenoverzicht en de resultaten van de alle metingen, inclusief enkele foto's, zijn bovendien opgenomen in bijlage 2.

f3.4 Eindvariant C: Hinderkans en beoordeling windklimaat bebouwingssituatie met windafschermende maatregelen



Voor eindvariant C zijn de volgende wijzigingen aangebracht ten opzichte van de basismeting respectievelijk is het effect op het windklimaat als volgt:

1. Gebied bij/rond toren K:

*Wijzigingen (zie figuur 3.5):* Zowel toren A als gebouw M zijn geactualiseerd<sup>1</sup>. Ten opzichte van de basismeting is hierbij gebouw M hoger geworden en is de vorm van toren K alsmede de positie van toren K ten opzichte van de onderbouw gewijzigd. Daarnaast lopen de (oplopende) terreinen aan zowel de zuid- als aan de noordzijde van toren K nu beide hoger op, tot 3 meter boven het lokale niveau van het aansluitende fietspad van de Nelson Mandelalaan. Bovendien is op de oostelijke rand van beide terreinen (op de scheiding met het fietspad) een haagbegroeiing van 2,5 meter hoogte toegevoegd (dus in totaal reikend tot 5,5 meter hoogte boven peil fietspad).

*Windklimaat (zie figuur 3.4):* Ten gevolge van bovengenoemde wijzigingen is het windklimaat op het fietspad van de Nelson Mandelalaan verbeterd tot een beoordeling goed voor doorlopen. Het windklimaat aan de zuidzijde van gebouw K is in hoofdzaak goed. Het gebied aan de noordzijde van gebouw K behoort tot het eigen terrein. Het windklimaat is hier matig tot slecht met lokaal een beperkt risico op windgevaar. Het windklimaat kan hier door middel van een toegespitste terreininrichting verder worden verbeterd.

f3.5 Eindvariant C: Wijzigingen/aanpassingen bij/rond toren K



1 Deze actualisatie is ook al toegepast bij variant A en B.

## 2. Gebied bij/rond toren F:

*Wijzigingen (zie figuur 3.6):* Zowel toren als de onderbouw zijn gewijzigd<sup>2</sup>. Ten opzichte van de basismeting is de toren verschoven, is de onderbouw breder geworden (behalve aan de noordoost zijde), is de hoogte van de onderbouw gelijk aan die van gebouw D geworden en is de hoogte van de onderbouw aan de noordwest zijde verlaagd tot 9 meter. Verder is ter plaatse van de overgang van het pad aan de noordzijde van gebouw F (pad was in de basismeting aan de zuidzijde van gebouw F) met het fietspad langs de Nelson Mandelalaan een deels open scherm met een hoogte van 3 meter geplaatst. Hier komt de aansluiting met de Nelson Mandelalaan. Tot slot zijn, in het kader van de landschapsinrichting, in het gebied bomen geplaatst (totale hoogte 9 meter, vrije stamhoogte 3 meter) en meerstammige heesters (hoogte 2 meter, bladhoudend en vol vertakkend, volgroeid bij planten), e.e.a. naar het inrichtingsplan van Delva Landscape Architects Urbanism.

*Windklimaat (zie figuur 3.4):* Ten gevolge van bovengenoemde wijzigingen is het windklimaat op het fietspad van de Nelson Mandelalaan nu matig tot goed. Hierbij is geen sprake meer van een gevaarlijke windsituatie of een overschrijding van het windgevaarcriterium. In het overige gebied rondom gebouw F is het te verwachten windklimaat goed tot matig, ook in de doorgang tussen gebouw F en gebouw D.

f3.6 Eindvariant C: Wijzigingen/aanpassingen bij/rond toren F



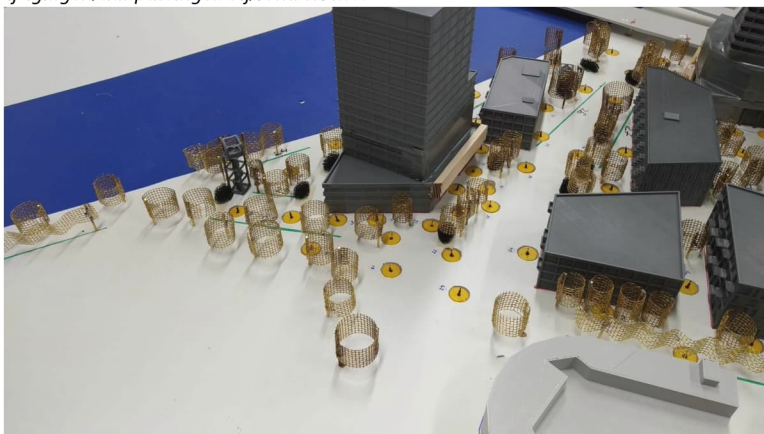
## 3. Gebied bij/rond toren A:

*Wijzigingen (zie figuur 3.7):* Ten opzichte van de basismeting is toren A iets verplaatst op de onderbouw (noordelijke hoek gepositioneerd op noordelijke gevellijn van onderbouw), is de onderbouw aan de zuidzijde verlaagd en is hier een overstek toegevoegd (vrije hoogte op 6 meter hoogte). Bovendien wordt de entree aan de noordzijde in een nis geplaatst zodat meetpunt 2 nu wordt beoordeeld als doorloopgebied (i.p.v. slentergebied). Gebouw B is na een verplaatsing bij de tussenmeting teruggeschoven naar de oorspronkelijke positie. Tevens is het hele doorloopgebied met paden rondom de gebouwen A en B voorzien van de terreininrichting als hierboven reeds vermeld bij punt 2 "gebied rond/bij gebouw F".

2 Deze wijziging is ook al toegepast bij variant B.

*Windklimaat (zie figuur 3.4):* Ten gevolge van bovengenoemde wijzigingen is het te verwachten windklimaat in het gebied rond/bij toren A overwegend als goed en lokaal matig. Op twee meetpunten is nog sprake van een beperkt risico op windgevaar, te weten meetpunt 2 aan de noordzijde en meetpunt 10 in de doorgang tussen toren A en gebouw B, waar tevens nog sprake is van een slecht windklimaat. Deze gebieden behoren tot het eigen terrein. Om deze ongunstige windsituatie te voorkomen wordt geadviseerd deze doorgang dicht te zetten (zie variant A) of de doorgang ontoegankelijk in te richten. Voor de rest van het gebied is de verwachting dat met een meer toegespitste terreininrichting in een volgende fase het windklimaat verder kan worden verbeterd.

f3.7 Eindvariant C: Wijzigingen/aanpassingen bij/rond toren A

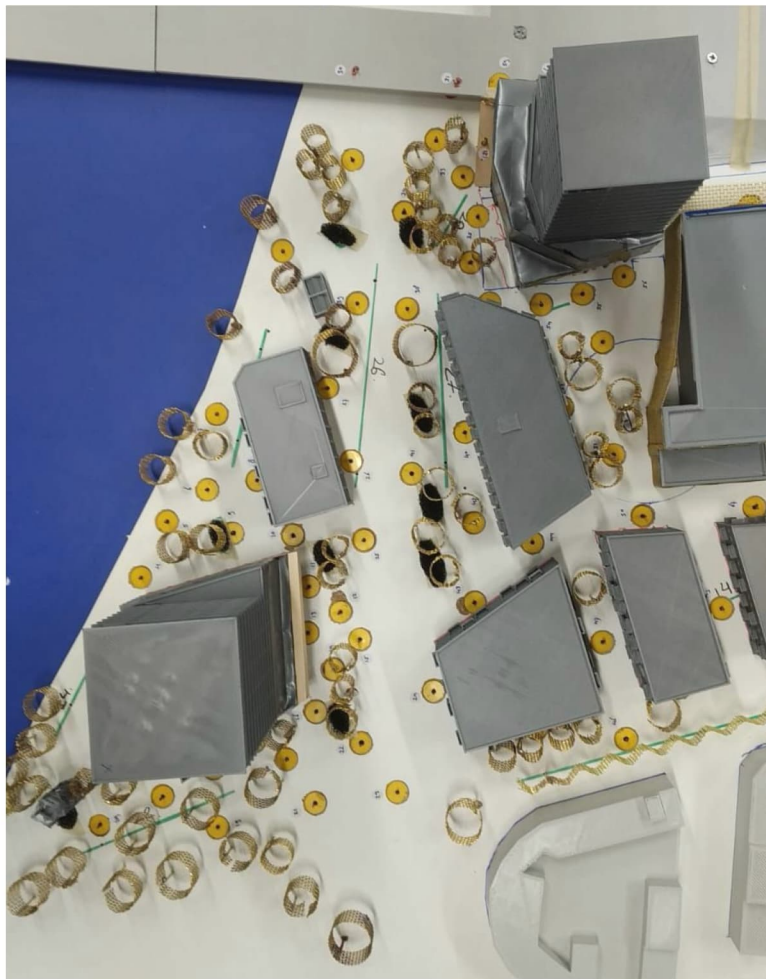


#### 4. Gebied tussen toren A en toren F:

*Wijzigingen (zie figuur 3.8):* Ten opzichte van de basismeting zijn, in het kader van de landschapsinrichting, in het gebied bomen geplaatst (totale hoogte 9 meter, vrije stamhoogte 3 meter) en meerstammige heesters (hoogte 2 meter, bladhoudend en vol vertakkend, volgroeid bij planten), e.e.a. naar het inrichtingsplan van Delva Landscape Architects Urbanism.

*Windklimaat (zie figuur 3.4):* Ten gevolge van bovengenoemde aanpassingen is het windklimaat in dit gebied overwegend goed, lokaal matig.

f3.8 Eindvariant C: Wijzigingen/aanpassingen in het gebied tussen toren A en toren F



## 4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van SDK Vastgoed bv is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het nieuwbouwplan. Doel van het onderzoek was het inzichtelijk maken en beoordelen van het windklimaat in het invloedsgebied van de geplande nieuwbouw. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is vervolgonderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden om het windklimaat te verbeteren.

Uit de resultaten van het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Uit de meetresultaten van de de geplande bebouwingssituatie zonder windafschermende maatregelen blijkt dat het te verwachten windklimaat in het openbaar gebied rondom en binnen de planlocatie overwegend als goed, en plaatselijk nabij de hoogbouw als matig tot slecht wordt beoordeeld. Ter plaatse van de bestaande bebouwing aan de westzijde is het windklimaat goed.

Er zijn een viertal gebieden te onderscheiden waar het windklimaat aandacht behoeft, dit zijn:

1. Het gebied rond toren K: hier is lokaal sprake van een slecht windklimaat op het fietspad langs de Nelson Mandelalaan. Verder is het windklimaat in het gebied aan de noordzijde van het gebouw matig tot slecht windklimaat voor het criterium doorlopen, in combinatie met lokaal een beperkt risico op windgevaar.
  2. Het gebied rond toren F: bij toren F is aan de noord- en aan de oostzijde (meetpunten op het fietspad van de Nelson Mandelalaan) sprake van een matig tot slecht windklimaat voor het criterium doorlopen, met lokaal een beperkt risico op windgevaar.
  3. Het gebied rond toren A: plaatselijk is sprake van een slecht windklimaat waarbij ter plaatse van de gebouwentree aan de noordzijde sprake is van een gevaarlijke windsituatie en in de doorgang tussen gebouw A en B van een beperkt risico op windgevaar.
  4. Het gebied tussen toren A en toren F: ter plaatse van de doorlooprouten tussen toren A en toren F is lokaal sprake van een slecht windklimaat met een beperkt risico op windgevaar.
- Door een set van windafschermende voorzieningen en maatregelen, zoals beschreven in paragraaf 3.2, kan het windklimaat in het gehele gebied worden verbeterd, ook ter plaatse van het fietspad langs de Nelson Mandelalaan dat aan de oostzijde langs het plangebied loopt.

Ter plaatse van enkele gebieden die worden gerekend tot het eigen terrein (aan de noordzijde van toren K en rond toren A) is lokaal is nog sprake van een windklimaat dat een verdere verbetering behoeft. Om het windklimaat tussen toren A en gebouw B te verbeteren wordt geadviseerd deze doorgang dicht te zetten of als ontoegankelijk in te richten. Voor de rest van het gebied is de verwachting dat met een meer toegespitste terreininrichting het windklimaat verder kan worden verbeterd.

Mook,



Dit rapport bevat 22 pagina's en 2 bijlages:  
Bijlage 1: Technisch inlegvel windtunnelsimulatie.  
Bijlage 2: Meetresultaten en foto's van metingen.

## Bijlage 1

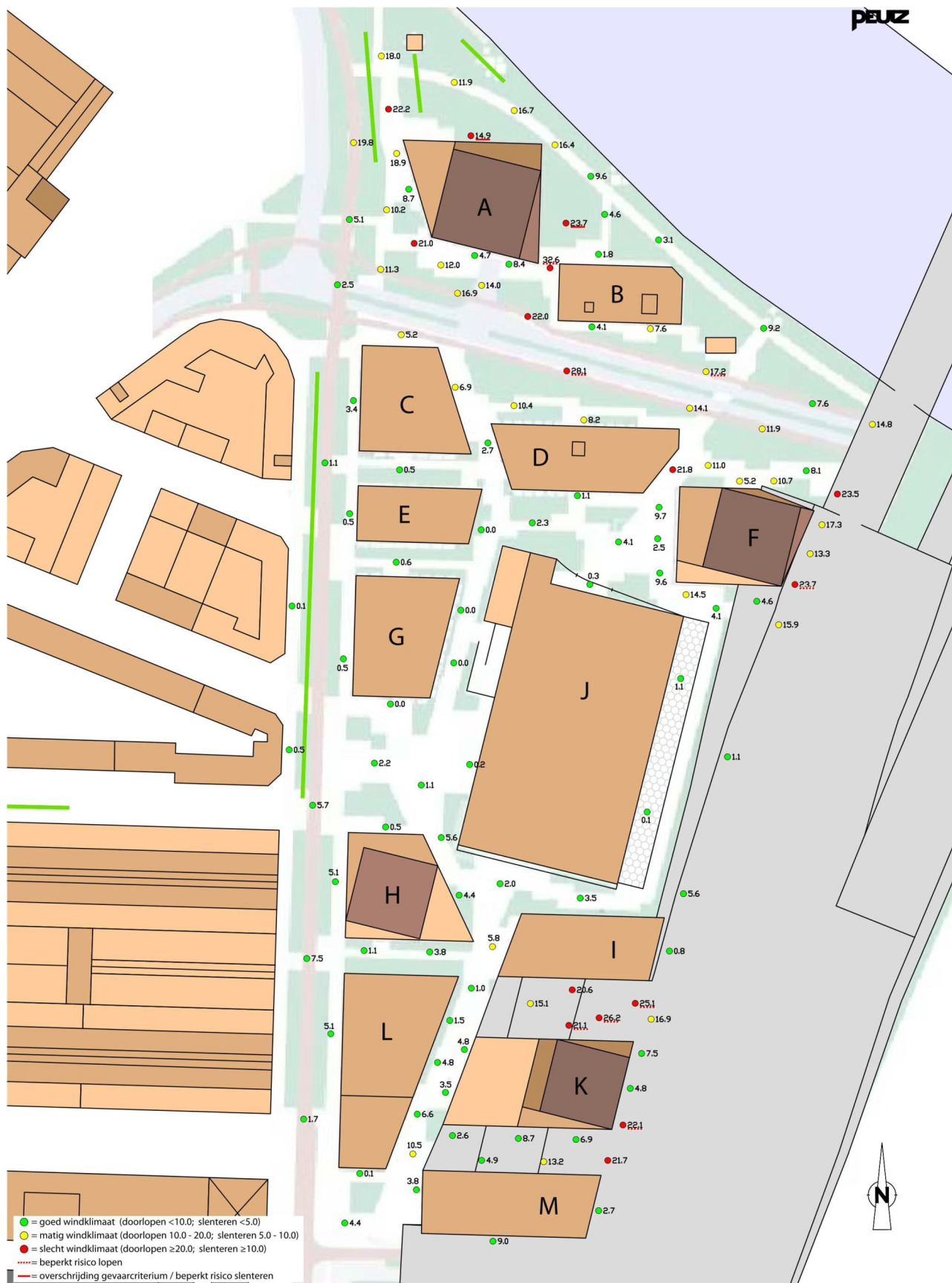
## Technisch inlegvel windtunnelsimulatie

| Project                                                                                          | Projectgegevens                                                                                                 |                              |                                          |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|----------------|
| Projectnaam                                                                                      | EKP gebied 's Hertogenbosch                                                                                     |                              |                                          |                |
| Opdrachtgever                                                                                    | SDK Vastgoed bv                                                                                                 |                              |                                          |                |
| Projectleider                                                                                    | O.E. Otten                                                                                                      |                              |                                          |                |
| Datum                                                                                            | 12 mei 2020                                                                                                     |                              |                                          |                |
| Model                                                                                            | Algemene gegevens van het model                                                                                 |                              |                                          |                |
| Schaal                                                                                           | 1 : 300                                                                                                         |                              |                                          |                |
| Blokkeringsgraad                                                                                 | < 5%                                                                                                            |                              |                                          |                |
| Omvang gemodelleerd gebied                                                                       | een cirkel met een diameter van 690 meter                                                                       |                              |                                          |                |
| Kerngebied                                                                                       | het gebied rondom de geplande nieuwbouw                                                                         |                              |                                          |                |
| Omgeving                                                                                         | stedelijk bebouwd gebied/begroeiing                                                                             |                              |                                          |                |
| Gemodelleerd groen                                                                               | jaargemiddelde situatie d.m.v. gevouwen gaas                                                                    |                              |                                          |                |
| Onderzochte configuraties                                                                        | <ul style="list-style-type: none"><li>• Stedenbouwkundig bouwplan</li><li>• Twee aanvullende metingen</li></ul> |                              |                                          |                |
| Meetopstelling                                                                                   | Informatie over de meetopstelling                                                                               |                              |                                          |                |
| Gesimuleerde grenslaag                                                                           | stedelijke bebouwing                                                                                            |                              |                                          |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• kalibratiedatum</li></ul>                                | ijking conform kwaliteitssysteem                                                                                |                              |                                          |                |
| Meetpunten en meethoogte                                                                         | in totaal 120 meetpunten (basismeting); meethoogte 1,75 m en aantal punten op hoger niveau aangebracht          |                              |                                          |                |
| Onderzochte windrichtingen                                                                       | 12 (rondom in stappen van 30 graden)                                                                            |                              |                                          |                |
| (minimaal 12 over de windroos)                                                                   |                                                                                                                 |                              |                                          |                |
| Tunnelregeling                                                                                   |                                                                                                                 |                              |                                          |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• kalibratiedatum</li><li>• kalibratie-instantie</li></ul> | meetapparatuur wordt periodiek gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem<br>intern                      |                              |                                          |                |
| Instrumenten                                                                                     |                                                                                                                 |                              |                                          |                |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• kalibratiedatum</li></ul>                                | meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem                                |                              |                                          |                |
| Gegevensverwerking en -beoordeling                                                               | Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat                                                              |                              |                                          |                |
| Amersfoortse coördinaten van de locatie                                                          | X = 148614<br>Y = 412061                                                                                        |                              |                                          |                |
| Toegepaste eisen                                                                                 | V <sub>DR</sub><br>m/s                                                                                          | Gewenste<br>kwaliteitsklasse | Overschrijdingskans<br>%                 | Beoordeling    |
| Voor comfort                                                                                     |                                                                                                                 |                              | p(V <sub>LOK</sub> > V <sub>DR,H</sub> ) |                |
| Doorlopen                                                                                        | 5,0                                                                                                             | ≤ D                          | < 20                                     | ≤ matig        |
| Slenteren                                                                                        | 5,0                                                                                                             | ≤ C                          | < 10                                     | ≤ matig        |
| Zitten                                                                                           | 5,0                                                                                                             | ≤ B                          | < 5                                      | ≤ matig        |
| Regionale correctie                                                                              | Geen correctie                                                                                                  |                              |                                          |                |
| Voor gevaar                                                                                      |                                                                                                                 |                              | p(V <sub>LOK</sub> > V <sub>DR,G</sub> ) |                |
|                                                                                                  | 15                                                                                                              | n.v.t.                       | 0,05 < p < 0,30                          | beperkt risico |
|                                                                                                  | 15                                                                                                              | n.v.t.                       | p ≥ 0,30                                 | gevaarlijk     |
| Gepresenteerde resultaten                                                                        | meetresultaten worden per meting in figuurvorm gepresenteerd                                                    |                              |                                          |                |
| Opmerkingen en eventuele conclusies van proef overschrijdend belang                              |                                                                                                                 |                              |                                          |                |

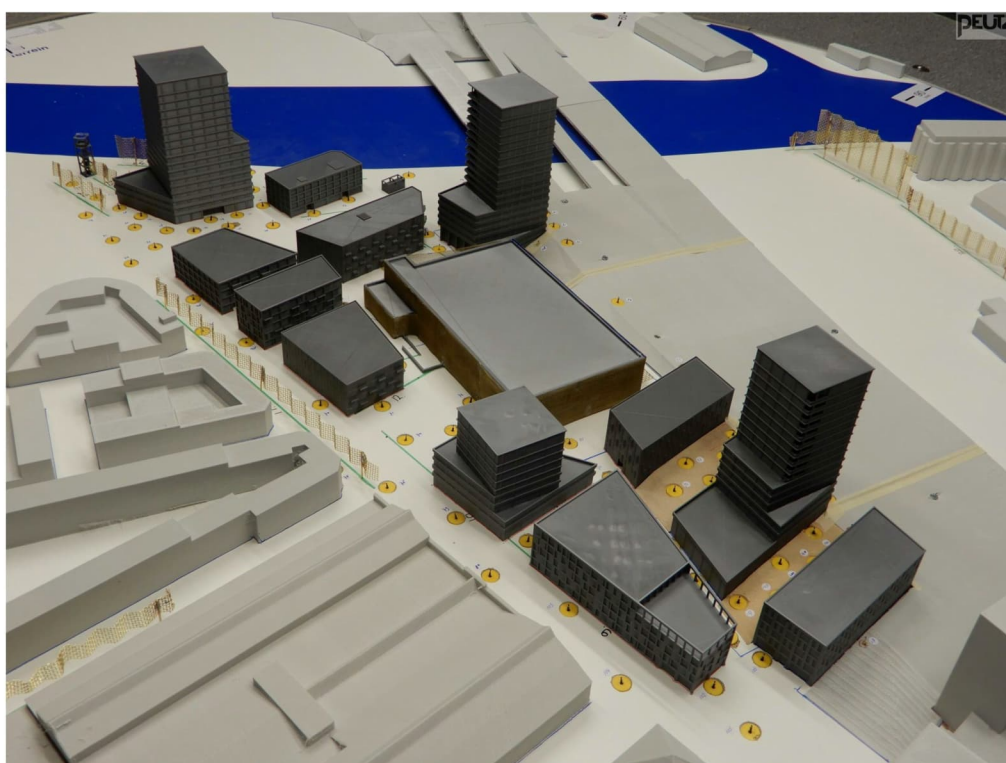
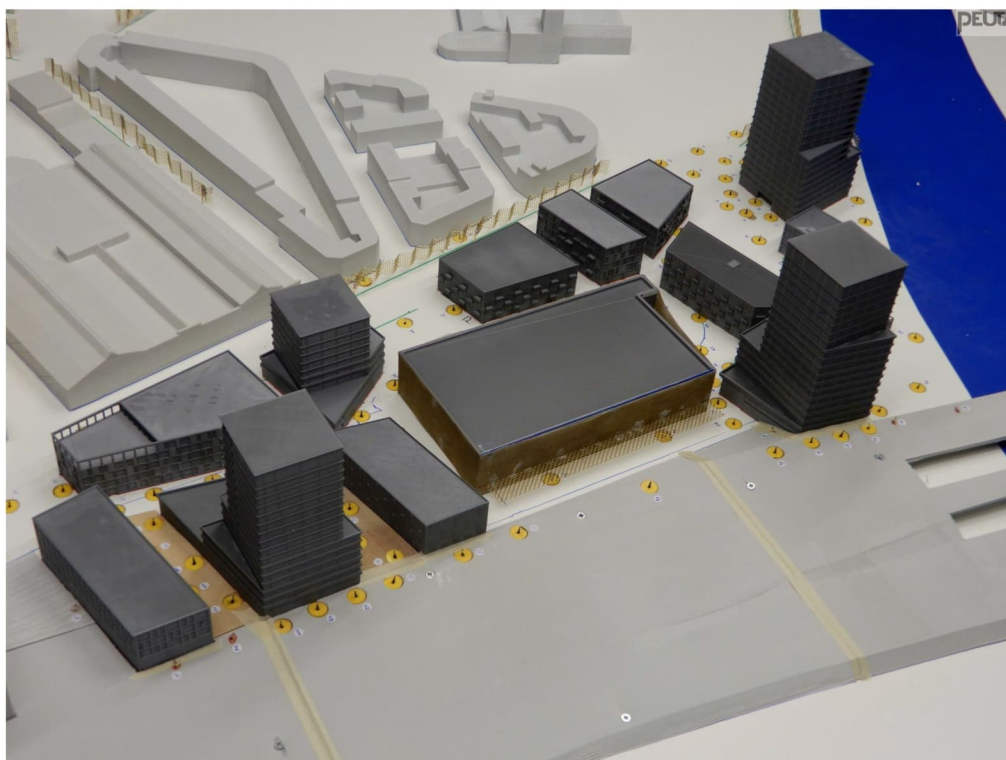
Bijlage 2/meetpunten



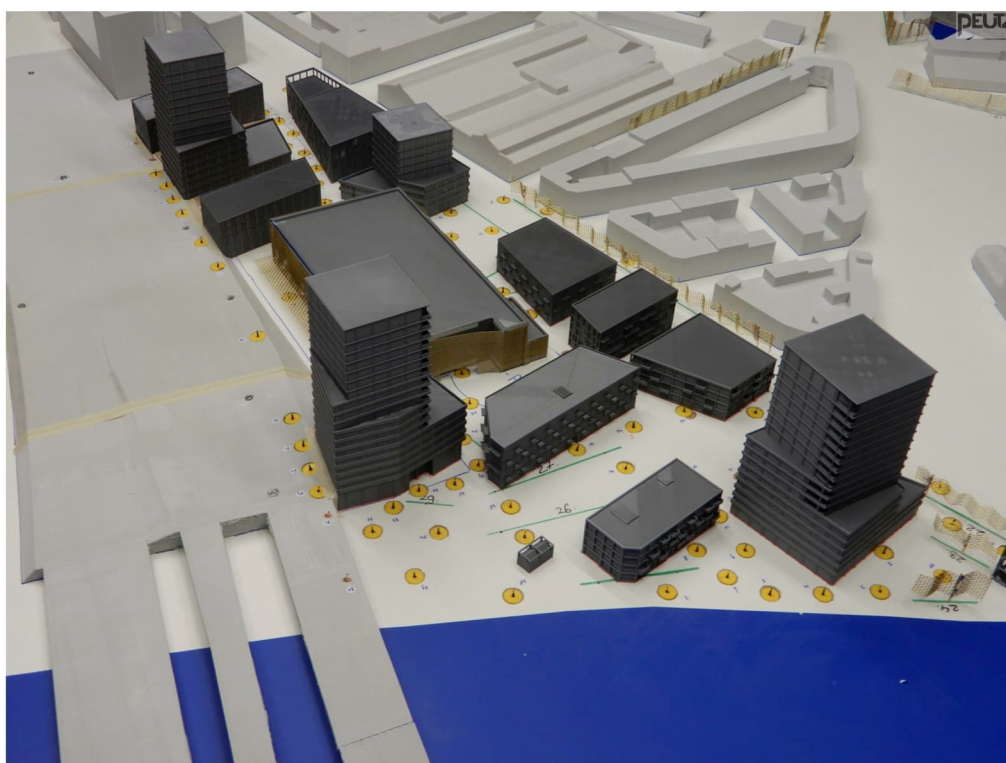
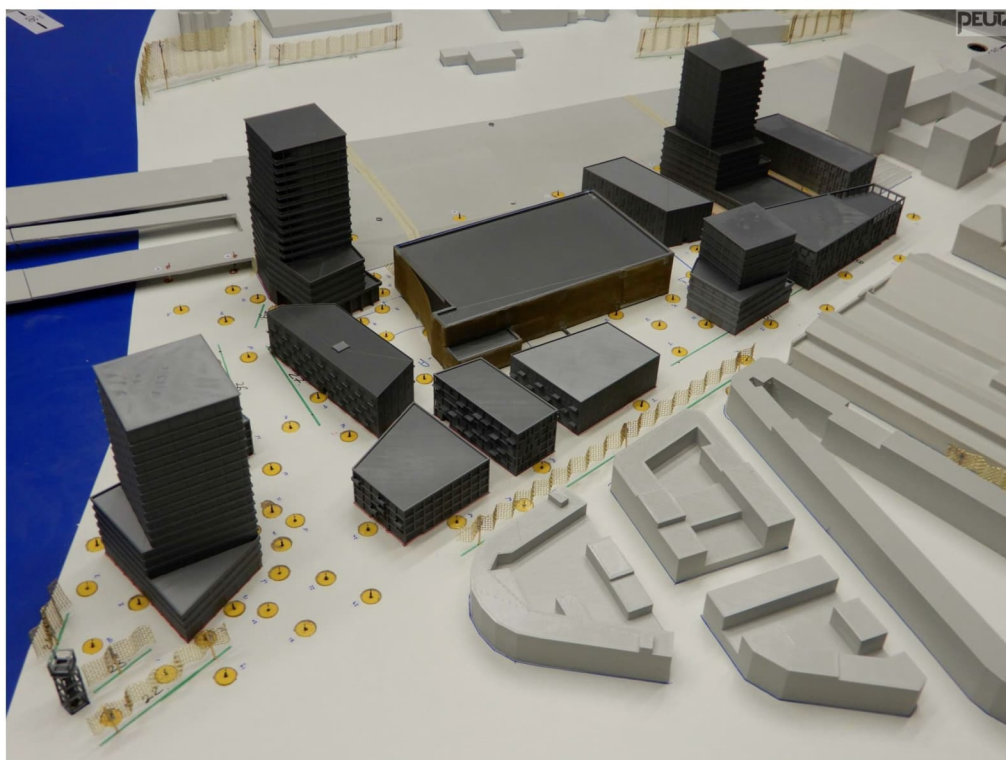
## Bijlage 2/basismeting/meetresultaten



## Bijlage 2/basismeting/foto's



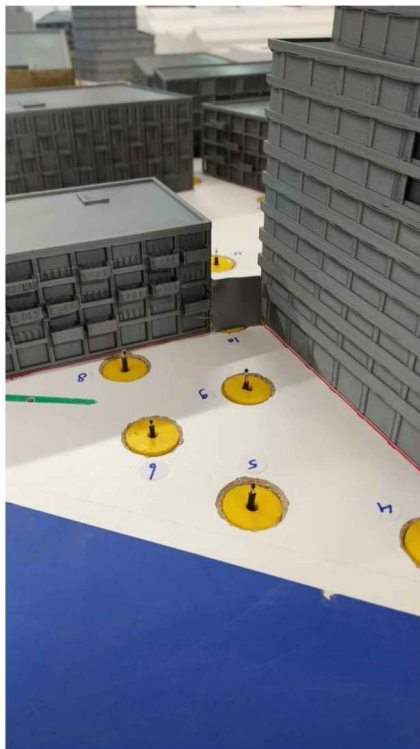
## Bijlage 2/basismeting/foto's



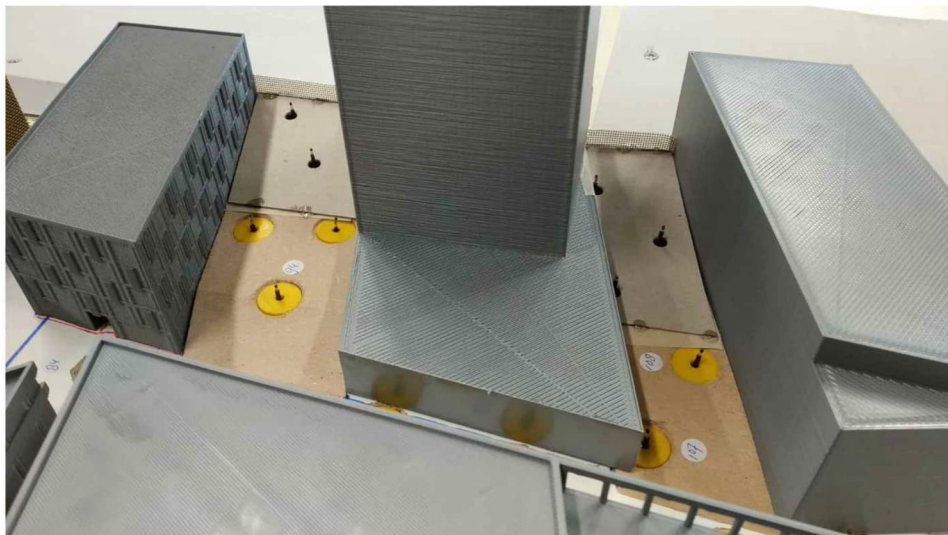
## Bijlage 2/variant A/meetresultaten



## Bijlage 2/variant A/foto's



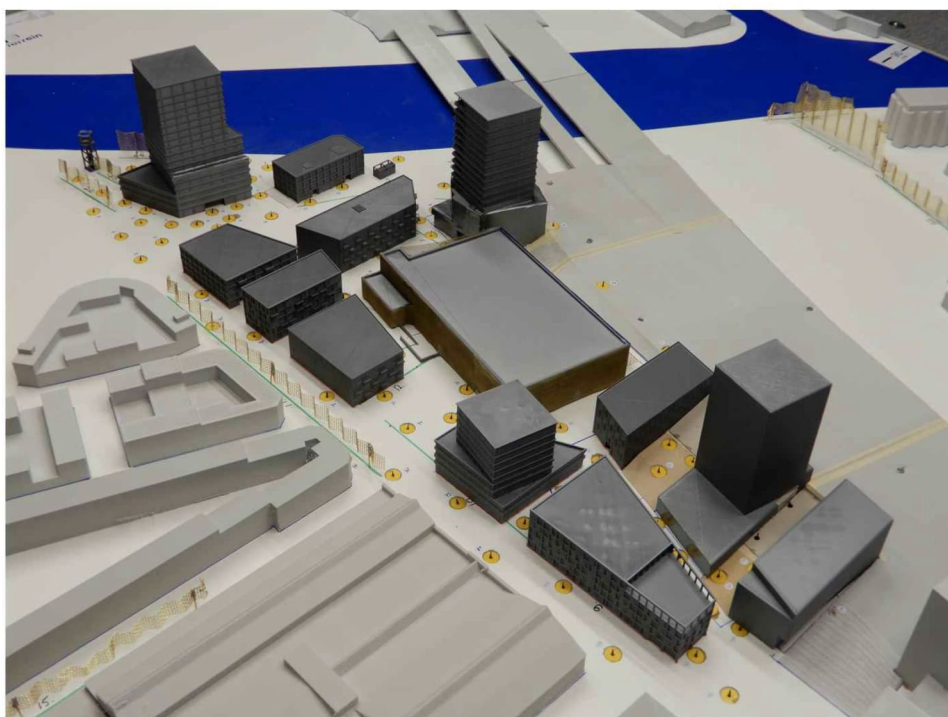
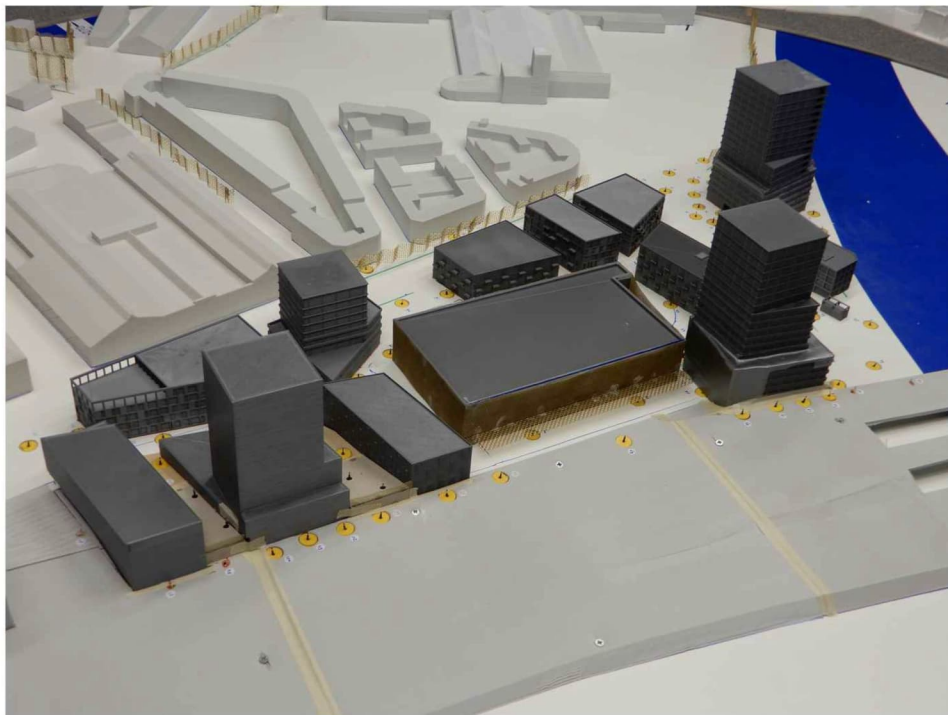
Bijlage 2/variant A/foto's



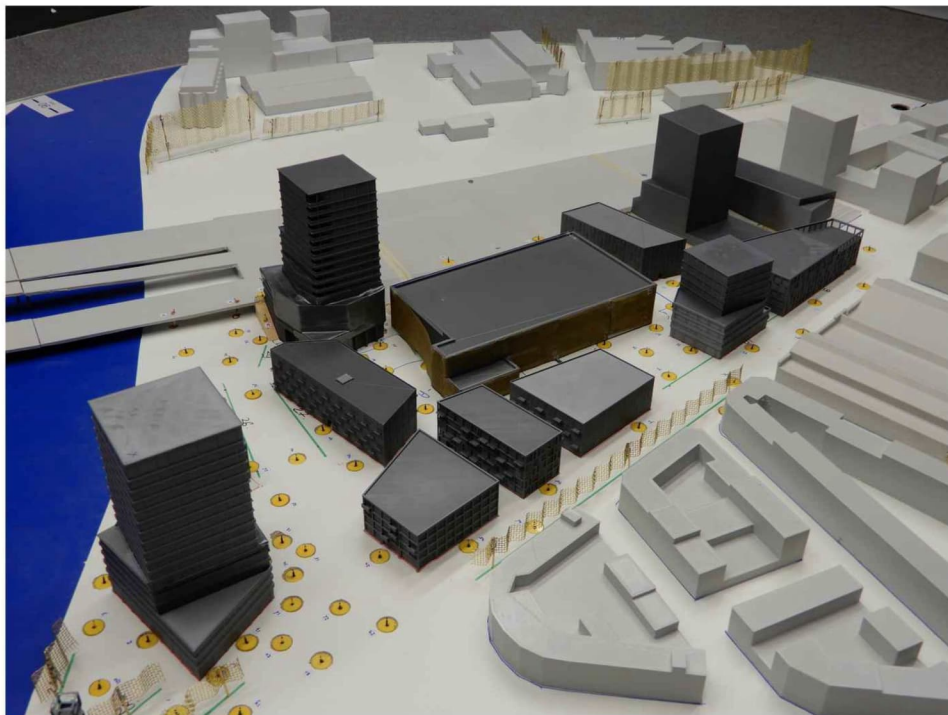
## Bijlage 2/variant B/meetresultaten



Bijlage 2/variant B/foto's



Bijlage 2/variant B/foto's



The site plan illustrates a residential development with buildings A through M. Building A is a large structure with a 'plint verlaagd' (lowered plinth) and 'overstek h = 6 m' (overhang h = 6 m). Building F is a smaller structure with a '9 m' dimension. Building J is a large central building. Building K is a smaller structure within a larger building footprint. Building L is a long, narrow building. Building M is a large building at the bottom. The plan also shows a 'haag begroeiing binnentuin h = 2,5 m' (hedge planting inner garden h = 2,5 m) and a 'deels openscherm h = 3 m' (partially open screen h = 3 m). Wind climate data points are shown as green, yellow, and red circles with numerical values. A legend at the bottom left explains the color coding for wind climate quality and risk levels. A north arrow is in the bottom right corner.

● = goed windklimaat (doorlopen <10.0; slenteren <5.0)  
 ● = matig windklimaat (doorlopen 10.0 - 20.0; slenteren 5.0 - 10.0)  
 ● = slecht windklimaat (doorlopen ≥20.0; slenteren ≥10.0)  
 ----- = beperkt risico lopen  
 ----- = overschrijding gevaarcriterium / beperkt risico slenteren

Bijlage 2/variant C/foto's



Bijlage 2/variant C/foto's

