

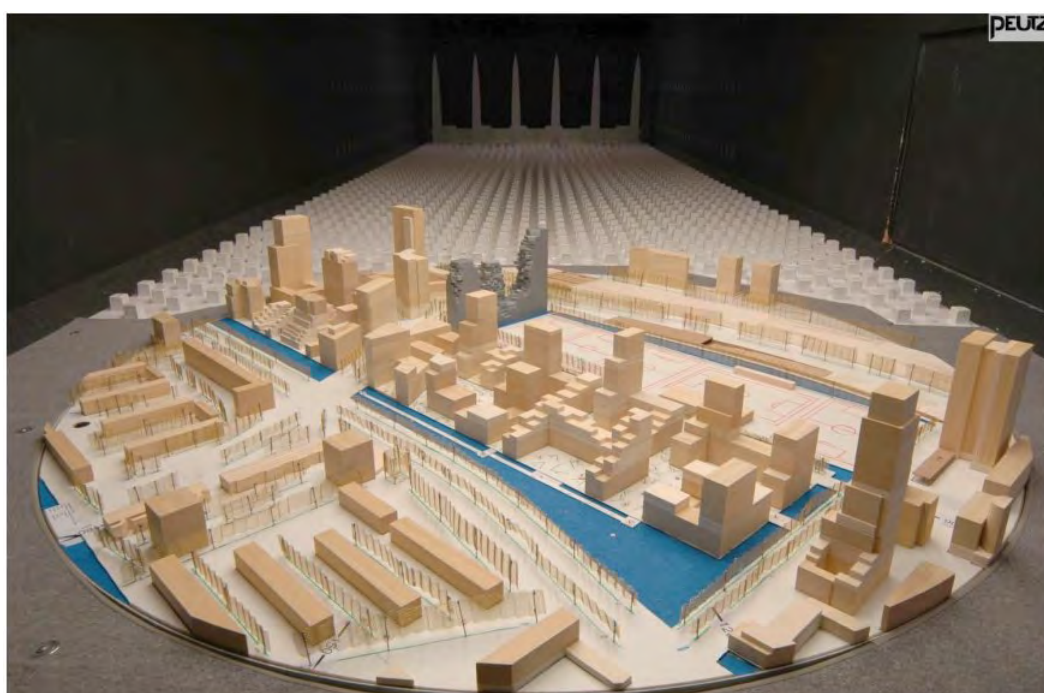


Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel

Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel



opdrachtgever	Zuidas- gemeente Amsterdam
rapportnummer	OB 189-2-RA-001
datum	1 oktober 2018
referentie	OO/OO//OB 189-2-RA-001
verantwoordelijke	O.E. Otten
opsteller	O.E. Otten +31 85 8228667 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 – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Normstelling en opzet van het onderzoek	5
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
3	Resultaten van het onderzoek	13
3.1	Basismodel (variant A1/A2)	14
3.2	Variant B	16
3.3	Variant C	16
3.4	Variant D	17
3.5	Variant E	20
3.6	Variant F	20
4	Samenvatting en conclusies	22

1 Inleiding

In opdracht van Zuidas – gemeente Amsterdam is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het plangebied Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam, inclusief de bestaande en geplande stedenbouwkundige omgeving van het project.

Het doel van het onderzoek was het geven van een eerste beoordeling van het te verwachten windklimaat rondom de geplande bebouwing. Hiertoe zijn verschillende bebouwingsvarianten en het effect van begroeiing onderzocht.

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 bebouwingssituatie, 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 ervaren kunnen worden 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 te voorkomen is: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook getroffen worden. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend gehouden wordt 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 dicht waaien 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 $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,H}})$ in procenten 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
≥ 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 naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Activiteitenklasse 'langdurig zitten' is dusdanig kritisch dat deze met terughoudendheid wordt toegepast.

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

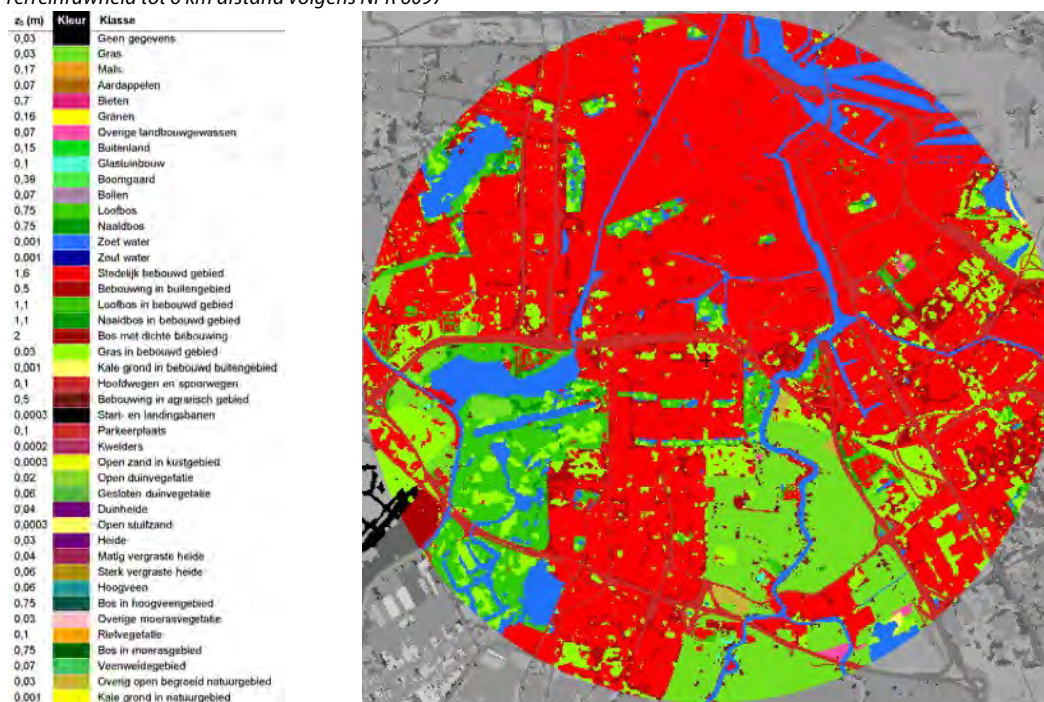
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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.

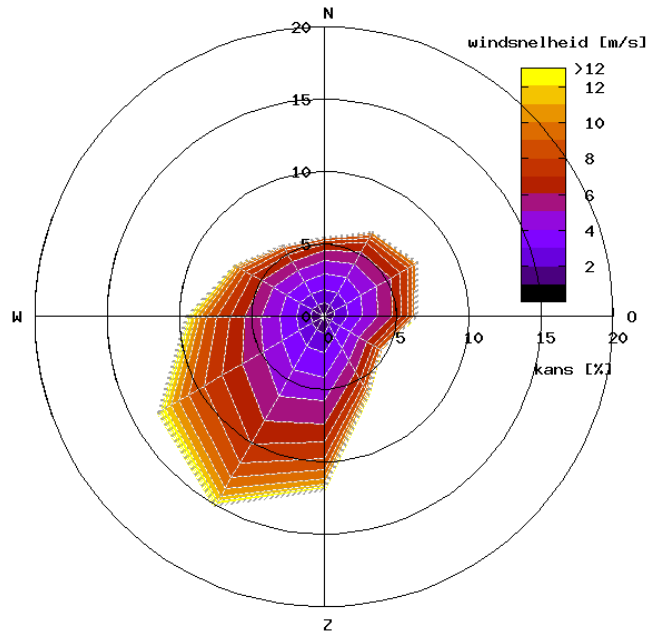
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



In figuur 2.2 op de volgende pagina 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 zuidwesten wind is hiermee het meest bepalend voor het windklimaat op de planlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X120523 Y483208.



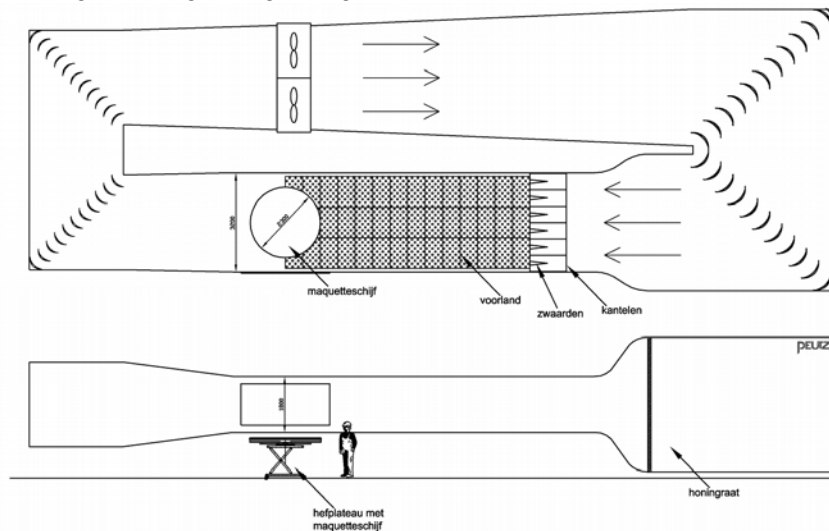
t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 80 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												Totaal aantal uren: 8767.3	
Postie X120523 Y483208												Gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.3	
Wind snelheid	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°	
0.0 - 0.9	17.8	17.5	16.5	13.0	14.6	21.9	21.5	17.6	17.9	19.0	20.3	18.4	
1.0 - 1.9	61.7	58.0	49.7	38.5	45.8	80.4	69.9	62.8	61.7	62.5	60.5	62.7	
2.0 - 2.9	84.5	81.2	75.7	62.5	71.7	116.1	116.8	91.6	88.0	85.7	77.4	82.0	
3.0 - 3.9	108.2	102.1	90.8	66.9	85.4	146.4	157.1	116.7	101.7	92.7	84.1	93.0	
4.0 - 4.9	96.3	112.4	94.6	65.4	86.8	144.5	187.3	136.6	110.1	93.9	79.8	81.3	
5.0 - 5.9	86.0	95.3	83.8	55.5	77.8	139.6	175.9	145.0	102.9	79.3	64.3	62.7	
6.0 - 6.9	60.5	66.9	56.4	41.1	56.8	111.1	158.1	140.3	90.5	67.7	46.9	40.3	
7.0 - 7.9	35.2	50.3	41.2	30.0	38.2	97.1	130.9	128.8	77.9	48.7	30.3	21.5	
8.0 - 8.9	21.9	35.1	27.9	17.6	29.4	68.0	106.8	104.0	58.6	34.3	19.3	10.3	
9.0 - 9.9	11.6	19.4	14.0	7.7	17.0	50.5	76.9	73.3	41.2	20.4	10.0	5.0	
10.0 - 10.9	4.9	12.3	8.1	2.8	10.8	33.3	52.9	57.9	31.1	11.4	5.3	2.3	
11.0 - 11.9	2.5	7.4	4.6	1.1	5.2	18.6	34.4	38.3	21.8	7.8	2.5	1.6	
12.0 - 12.9	1.2	1.9	1.4	0.6	2.9	11.7	19.5	23.5	14.9	2.9	1.3	0.5	
13.0 - 13.9	0.2	0.7	0.7	0.2	0.7	6.0	10.3	14.7	10.3	1.3	0.5	0.0	
14.0 - 14.9	0.1	0.2	0.3	0.0	0.4	2.8	4.3	7.6	6.1	1.0	0.3	0.0	
15.0 - 15.9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	1.1	2.4	3.9	3.3	0.3	0.1	0.0	
16.0 - 16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.5	2.4	2.2	0.2	0.0	0.0	
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	1.3	1.1	0.2	0.0	0.0	
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	0.5	0.1	0.0	0.0	
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
22.0 - 22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
23.0 - 23.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	
24.0 - 24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
25.0 - 25.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26.0 - 26.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27.0 - 27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28.0 - 28.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29.0 - 29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30.0 - 30.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31.0 - 31.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
32.0 - 32.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33.0 - 33.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
34.0 - 34.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
35.0 - 35.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
36.0 - 36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
37.0 - 37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
38.0 - 38.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
39.0 - 39.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Totaal uren:	302.8	660.8	565.8	402.8	541.8	1020.2	1307.1	1161.5	842.4	620.5	500.0	481.8	
Gemiddelde windsnelheid:	4.5	4.0	4.8	4.5	4.0	5.5	6.0	6.2	5.8	4.0	4.4	4.1	

2.4 Simulatie windsnelheden in de windtunnel

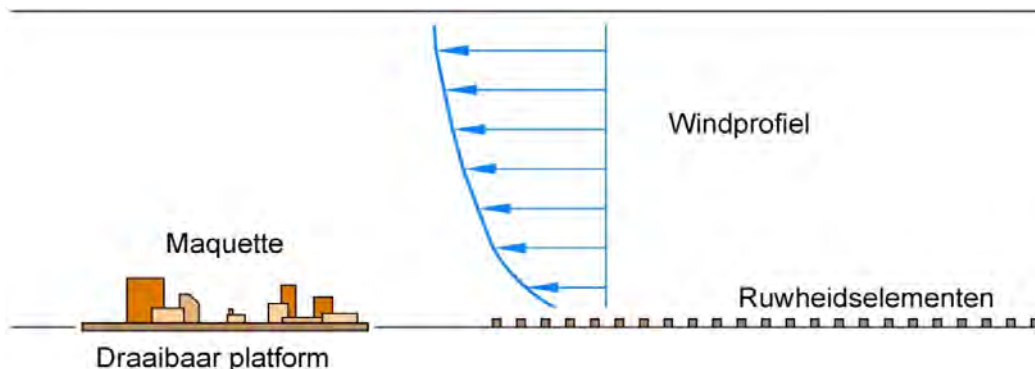
Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz zowel over eigen windtunnel- als rekenfaciliteiten. In deze situatie is gezien de mogelijke interactie tussen de diverse hoogbouwdelen gekozen voor simulaties in de windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen 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



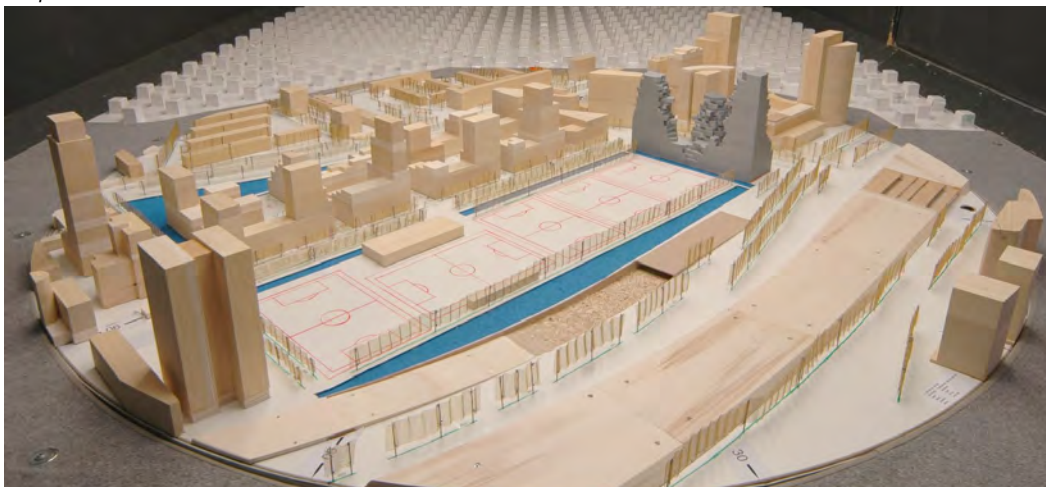
2.5 Schaalmodel

Ten behoeve van het windtunnelonderzoek is een 1:350 schaalmodel van het plangebied en de stedenbouwkundige omgeving vervaardigd conform de volgende gegevens:

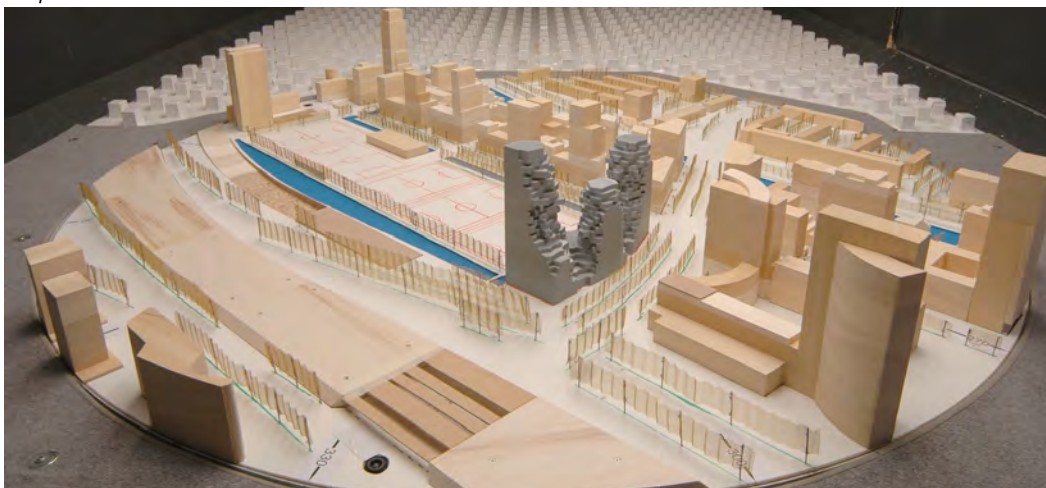
- 20180823_landscape_positie bomen
- Stadsplattegrond Zuidas_Ravel-Ontwikkelveld 2_basis model_20180717
- Zuidas_Ravel-Ontwikkelveld 2_bouwhoogte_20180719
- 180822_de Strip_max option_3.dwg
- gegevens uit diverse openbare bronnen, waaronder de BGT en AHN.

De maquette beslaat een cirkelvormig gebied met een diameter van ruim 800 meter. In de figuren 2.5 t/m 2.8 zijn enkele foto's opgenomen van de maquette van het basismodel zonder bomenplan.

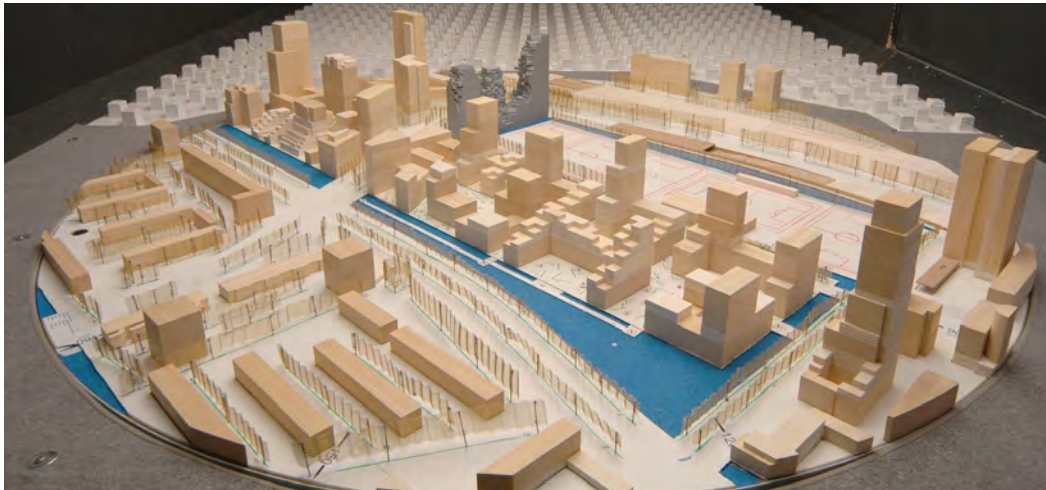
f2.5 Maquette aanzicht noordoost



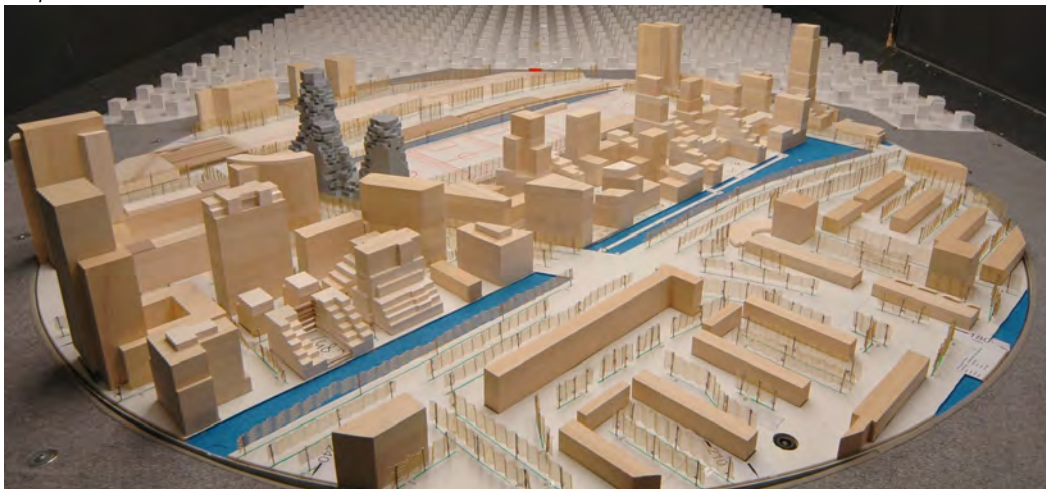
f2.6 Maquette aanzicht noordwest



f2.7 Maquette aanzicht zuidoost



f2.8 Maquette aanzicht zuidwest



2.6 Onderzoek in de windtunnel

In de basissituatie zijn in totaal op 118 plaatsen 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. De meetpunten zijn verspreid over het ontwikkelveld en zodanig geplaatst dat het windklimaat in functionele en windgevoelige gebieden, zoals terrassen, entrees en fiets- en looppaden, inzichtelijk wordt gemaakt. Een overzicht van de indeling en nummering van meetpunten is weergegeven in figuur 2.9.

f2.9 Indeling en nummering meetpunten



Een vergrote weergave van figuur 2.9 is bijgevoegd als bijlage 4.

Door middel van windtunnelmetingen zijn voor 12 verschillende windrichtingen voor alle meetpunten windsnelheidscoëfficiënten c_v bepaald, zijnde de verhouding tussen de windsnelheden op loop- en verblijfsniveau (1,75 meter) en de windsnelheid op 60 meter hoogte. Met deze windsnelheidscoëfficiënten kan per windrichting bepaald worden 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.

Met behulp 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

Onderstaand wordt een omschrijving gegeven van de doorgemeten situaties en worden de meetresultaten weergegeven. 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. Bij de beoordeling van het windklimaat kan onderscheidt worden gemaakt tussen verschillende functiecategorieën. Gezien een dergelijke differentiatie in dit stadium van planontwikkeling nog niet mogelijk is (de posities van entrees zijn bijvoorbeeld nog niet vastgesteld) wordt het windklimaat zowel een keer beoordeeld met het criterium voor doorlopen (categorie I) en keer met het criterium voor slenteren (categorie II). Voor slenteren wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. Het criterium voor langdurig zitten (categorie III) is niet toegepast.

In aanwezigheid van stedenbouwkundigen van de gemeente Amsterdam zijn in de windtunnel in totaal 6 bebouwingssituaties onderzocht:

- | | |
|--------|---|
| A1, A2 | basismodel zonder en met bomenplan |
| B | verhoogde bebouwing |
| C | westelijke plandelen verlaagd en aantal bomen gehalveerd |
| D | nadere wijziging westelijke bouwdelen |
| E | gewijzigde oriëntatie hoogste plandelen, zonder begroeiing |
| F | Variant zonder begroeiing, met luifels op kritische plandelen |

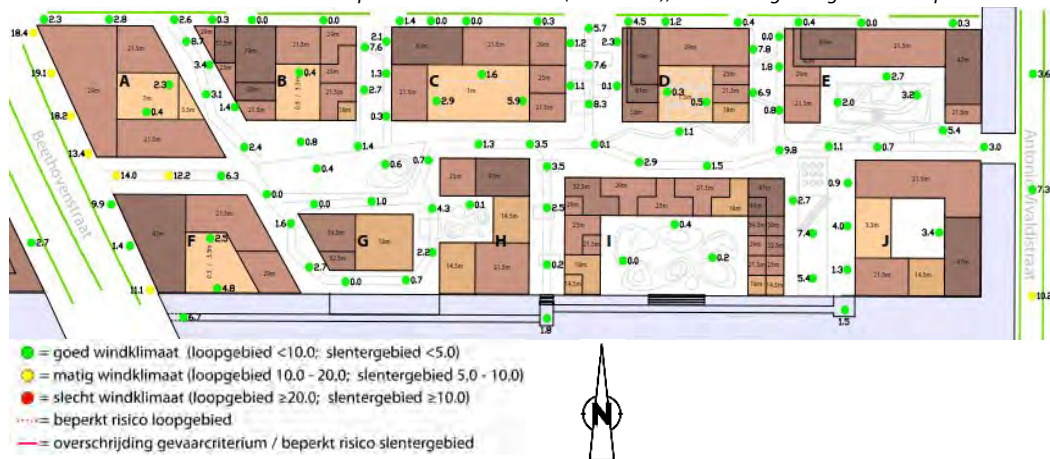
In de navolgende paragrafen worden de diverse varianten en bijbehorende onderzoeksresultaten beschreven. In overleg met de opdrachtgever zijn niet alle varianten even ver uitgewerkt.

In voorgaand windklimaatonderzoek voor dit plangebied (2016) is het huidig heersende windklimaat met de bestaande bebouwing en begroeiing onderzocht. Een foto en de meetresultaten van het windklimaatonderzoek van de huidige bebouwingssituatie, dat met name toegespitst was op het windklimaat op de voetbalvelden, zijn bijgevoegd als bijlage 2 en 3. Deze resultaten kunnen als referentie worden gehanteerd bij de beoordeling van het te verwachten windklimaat in de toekomstige bebouwingssituatie.

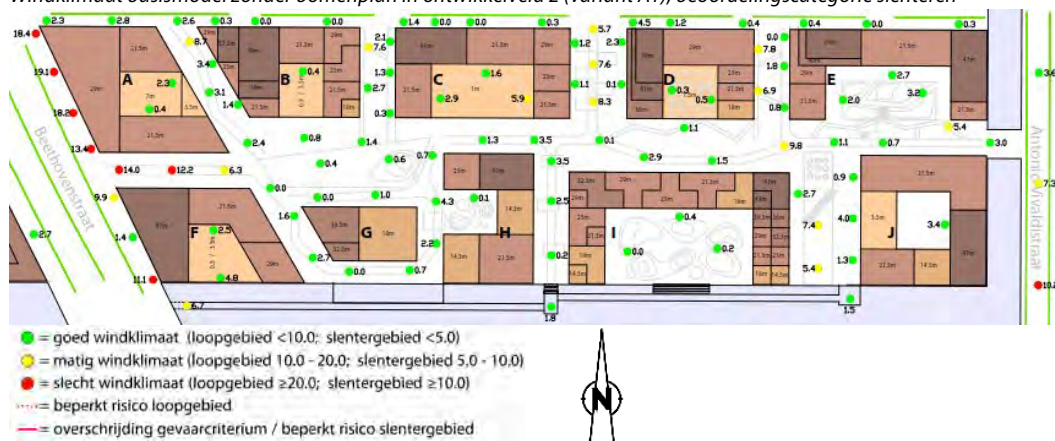
3.1 Basismodel (variant A1/A2)

Het windklimaat voor het basismodel is een keer zonder (variant a1) en een keer met begroeiing (variant A2) volgens het bijbehorende bomenplan in ontwikkelveld 2 gemeten. De resultaten van het windklimaatonderzoek zonder bomen, integraal beoordeeld met respectievelijk de functiecategorieën voor doorlopen en slenteren, zijn weergegeven in de figuren 3.1 en 3.2. Een vergrotingen van de afbeeldingen en foto's zijn te vinden in bijlagen 5 t/m 8.

f3.1 Windklimaat basismodel zonder bomenplan in ontwikkelveld 2 (variant A1); beoordelingscategorie doorlopen



f3.2 Windklimaat basismodel zonder bomenplan in ontwikkelveld 2 (variant A1); beoordelingscategorie slenteren

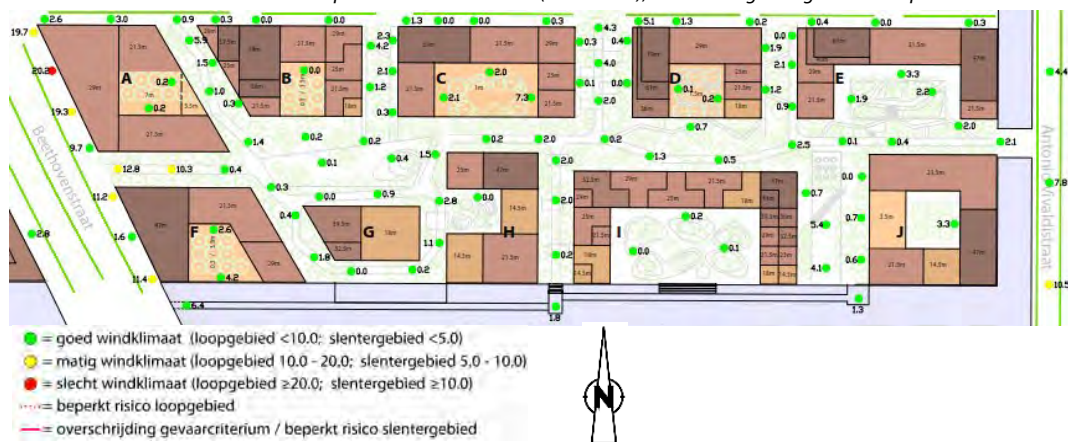


Vervolgens is het windklimaat voor het basismodel met bomenplan onderzocht (variant A2). In figuur 3.3 is een foto van de maquette met begroeiing getoond en in de figuren 3.4 en 3.5 zijn de meetresultaten van het windklimaat weergegeven, uitgaande van achtereenvolgens de criteria voor doorlopen en slenteren. De figuren zijn vergroot terug te vinden in bijlagen 9 t/m 12.

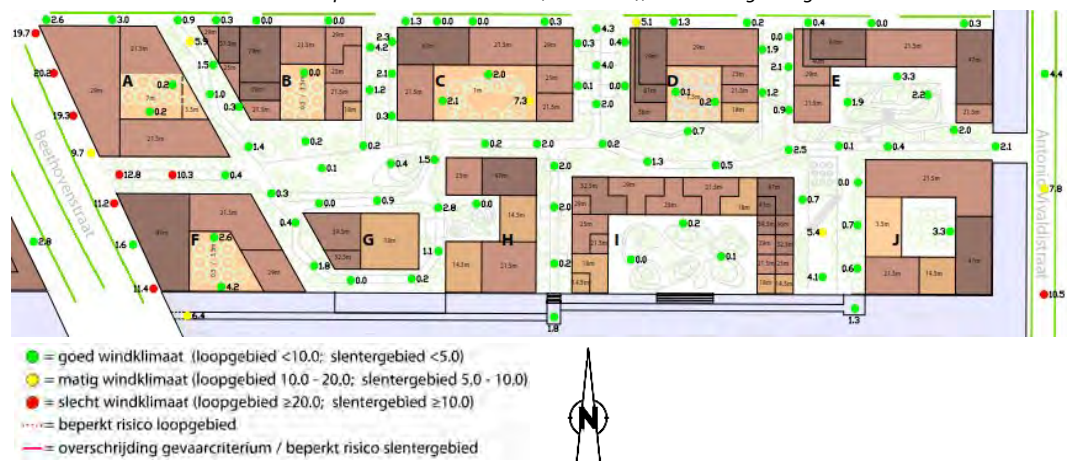
f3.3 Basismodel met bomenplan in ontwikkelveld 2 (variant A2)



f3.4 Windklimaat basismodel met bomenplan in ontwikkelveld 2 (variant A2); beoordelingscategorie doorlopen



f3.5 Windklimaat basismodel met bomenplan in ontwikkelveld 2 (variant A2); beoordelingscategorie slenteren



Over het algemeen pakken de resultaten relatief gunstig uit. Dat wil zeggen, ondanks een aanzienlijke bouwhoogte is op de meeste plaatsen in het plangebied een als goed te beoordelen windklimaat te verwachten. Met name bij de verschillende hoogbouwdelen en ten westen van het plangebied is plaatselijk sprake van een matig windklimaat, uitgaande van het criterium voor doorlopen. Dit geeft plaatselijk niet alleen een lager windcomfort, de situatie is op voorhand minder geschikt voor windgevoelige functies als gebouwentrees en buitenruimten.

Door beide metingen met elkaar te vergelijken is het effect van de relatief dichte begroeiing op het windklimaat in ontwikkelveld 2 te kwalificeren. Bevonden is dat de hoogte van de hinderkans op enkele locaties gevoelig is voor de mate van begroeiing. Bij het ontbreken van begroeiing is er een aanzienlijk slechter windklimaat vast te stellen in de straten tussen plandelen A en F, A en B, B en C, C en D, D en E en I en J alsmede op het kruispunt tussen D, E, I en J. Aan de westzijde van de plandelen A en F en in de straat tussen de plandelen A en F blijft ook in de situatie met begroeiing sprake van relatief hoge waarden.

3.2 Variant B

Variantmeting B betreft een stedenbouwkundige variant, waarbij enkele hoogbouwdelen verder verhoogd worden of groter zijn. Het bomenplan is overeenkomstig variant A2 meegenomen. Enkele foto's van de maquette zijn bijgevoegd als bijlagen 13 t/m 17.

De meetresultaten met de vergrootte bebouwing in het ontwikkelveld zijn weergegeven in bijlagen 18 en 19. De gewijzigde afmetingen van de hoogbouw staan in de afbeeldingen vermeld.

Bevonden is onder meer dat het windklimaat rondom deze plandelen over het algemeen verslechtert. In de straat tussen de plandelen A en F en op de Beethovenstraat, langs de westelijke gevels van deze plandelen, is sprake van een verdere verhoging van de relatief hoge hinderkans en er ontstaat plaatselijk een beperkt risico op windgevaar. Verder blijft uitgaande van het criterium voor doorlopen op de meeste plaatsen sprake van een goed windklimaat.

3.3 Variant C

Vervolgens is verder gegaan met de stedenbouwkundige opzet zoals bij variant B omschreven, waarbij alleen de hoogte en vormgeving van de westelijk gelegen plandelen zijn aangepast in verband met het vastgestelde windklimaat. De hoogte van plandeel A is tot een maximale hoogte van 21,5 meter gereduceerd en bij plandeel F is de hoogbouw getrapd uitgevoerd, met een maximale hoogte van 52 meter. Ook is het bomenplan qua aantal bomen voor de helft uitgedund. Een foto van de maquette en de meetresultaten zijn opgenomen in bijlage 20 t/m 23.

Uit het windklimaatonderzoek blijkt dat het wijzigen van de bouwhoogte van de plandelen A en F een aanzienlijk gunstig effect heeft op het windklimaat in de straat tussen plandelen A en F en op de westelijk gelegen Beethovenstraat. Het vastgestelde 'beperkt risico op windgevaar' vervalt hiermee. Ook is er een gunstiger windklimaat op de boardwalk zuidelijk van plandeel F vastgesteld.

Met het reduceren van de bouwhoogte van plandeel A vervalt er ook een stuk windafscherming. Gevolg hiervan is dat er noordoostelijk van plandeel A lokaal een zekere verslechtering van het windklimaat ontstaat. In de zone tussen de plandelen A en B neemt de hinderkans ter plaatse van de toren in deze situatie toe van 8,5 naar 13,2. De beoordeling wijzigt van goed naar matig voor de functie doorlopen. Een deel van de verslechtering ontstaat ook door de minder dichte begroeiing in het gebied.

Over het gehele ontwikkelveld bezien is het windklimaat slechts in beperkte mate verslechterd met het halveren van de aantal bomen.

3.4 Variant D

Bij deze variant is alleen plandeel A enigszins gewijzigd ten opzichte van variant C. Op de noordwesthoek is een overstek gemodelleerd, door vanaf het maaiveld tot een hoogte van 9 meter de gevel terug te leggen. Reden hiervoor is een beperking van de bouwmogelijkheid in verband met kabels en leidingen in de grond op deze hoek. De gevellijn van het terugliggende deel is bewust asymmetrisch gekozen, zodat bij een omstroming van dit bouwdeel bij de dominante zuidwestelijke windrichting de gevel in de luwte valt. In de resultaatafbeeldingen is de maatvoering van het overstek aangegeven.

Ook zijn er 5 meetpunten toegevoegd, 1 ter plaatse van de genoemde hoek en 4 voor de gevels in de straat tussen de plandelen A en F.

In figuur 3.6 is een foto van de maquette van de plandelen A en F opgenomen. In bijlagen 24 t/m 26 zijn foto's van de gehele maquette en enkele details van het ontwikkelveld te vinden.

f3.6 Variant D, detail plandelen A en F

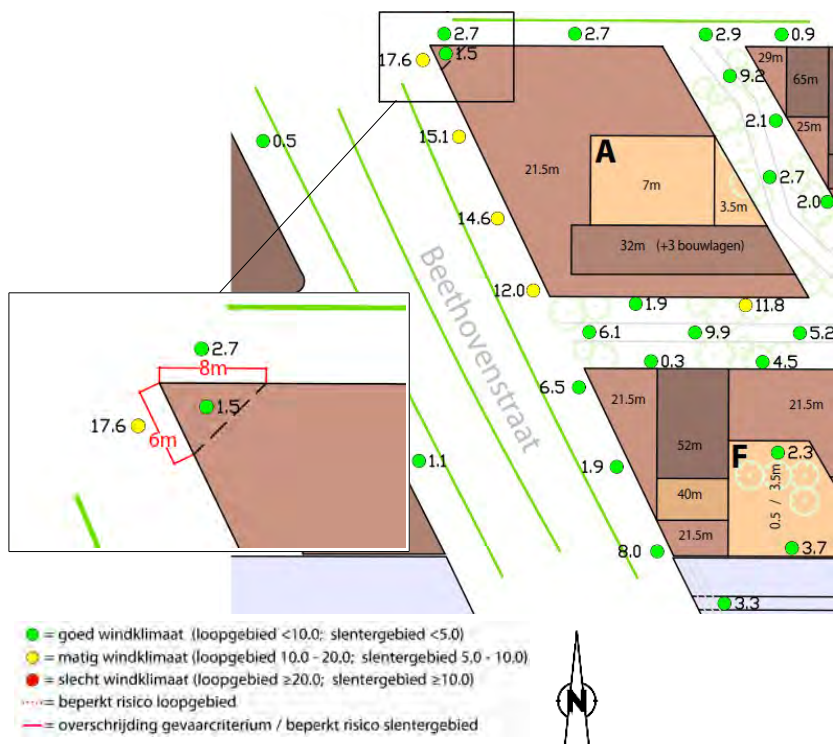


De resultaten van vastgestelde windklimaat, beoordeeld met de criteria voor doorlopen en slenteren, zijn weergegeven in de figuren 3.7 en 3.8. Zie ook bijlage 27 en 28.

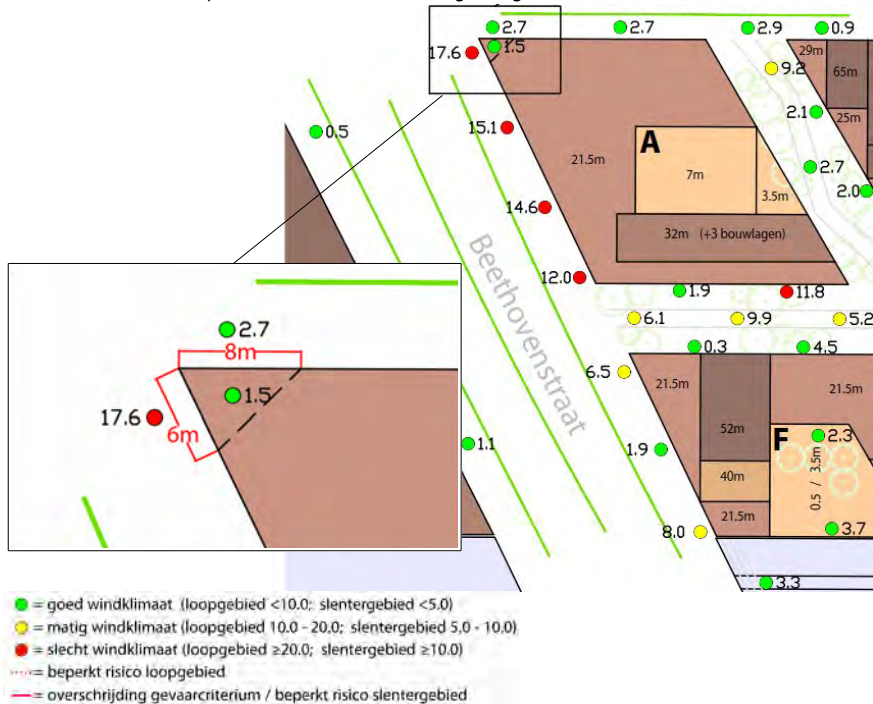
Hieruit blijkt dat het windklimaat op de Beethovenstraat ter hoogte van het overstek verslechtert. Onder het overstek is een lage hinderkans voor de gevel vastgesteld, waardoor de situatie geschikt is voor bijvoorbeeld een centrale gebouwentree.

De introductie van 3 extra bouwlagen op de zuidzijde van plandeel A geeft afscherming en derhalve een verbetering van het windklimaat in de straat tussen de plandelen A en B. De hinderkans zakt van 13,2 naar 9,2, waardoor het windklimaat een beoordeling goed krijgt.

f3.7 Windklimaat variant D plandelen A en F; beoordelingscategorie doorlopen



f3.8 Windklimaat variant D plandelen A en F; beoordelingscategorie slenteren



3.5 Variant E

Voor variant E zijn volgens recentere stedenbouwkundig inzichten d.d. 12-09-2018 de hoge bouwdelen van plandelen C, E, I anders georiënteerd en is de positie van de hoogbouw van plandeel J in noordelijke richting verplaatst. Daarnaast is plandeel A qua hoogteopbouw en vormgeving aangepast ten opzichte van variant D. Foto's van de maquette en de meetresultaten zijn weergegeven in bijlagen 29 t/m 35.

Rond de plandelen met een gewijzigde torenoriëntatie zijn noemenswaardige veranderingen in het windklimaat te zien, zowel positief als negatief.

Bij de noordwesthoek van plandeel A neemt de hinderkans met circa 2 procentpunt toe naar 19,4. Er blijft hiermee nog net sprake van een matig windklimaat voor doorlopen. Onder het overstek neemt de hinderkans eveneens toe maar blijft duidelijk onder de grens van 5 waardoor het windklimaat geschikt blijft voor een entreefunctie.

In de straat tussen de plandelen A en B neemt de hinderkans ongeveer in gelijke mate toe, waardoor met een hinderkans van 11,3 sprake is van een matig windklimaat voor doorlopen.

Het windklimaat in de noord-zuid georiënteerde straat tussen plandelen D en E verslechtert aanzienlijk evenals op het kruispunt ten zuiden hiervan. Daartegenover staat dat het windklimaat in de straat tussen plandelen C en D aanzienlijk verbetert.

Bevonden is dat de positionering/oriëntatie van de toren van plandeel I veel invloed heeft op het windklimaat op de het genoemde kruispunt tussen plandelen I, D, E en J.

Het windklimaat op de Antonio Vivaldistraat is wat verslechterd ten opzichte van voorgaande varianten.

3.6 Variant F

Ten einde vast te stellen of het haalbaar is het windklimaat voor de westgevel van plandeel A aan de Beethovenstraat te verbeteren is het effect van een luifel aan de westgevels van de plandelen A en F onderzocht. De westelijke gevels zijn in het model voorzien van een luifel van 4 meter diepte, op een hoogte van 9 meter. Verder is de situatie gelijk aan de vorige variant. Enkele foto's van de maquette en de meetresultaten voor doorlopen en slenteren zijn bijgevoegd als bijlagen 36 t/m 39.

Bevonden is dat de luifel een beperkt maar positief effect heeft op het windklimaat op de Beethovenstraat bij plandeel A. Het windklimaat voor de westgevel van plandeel F kent in door zowel een plaatselijke verbetering als een plaatselijke verbetering met name een andere verdeling van de optredende wind.



In de straat tussen de plandelen A en F is geen verbetering vastgesteld ten gevolge van de luifels.

Al met al kan worden gesteld dat het effect, ondanks de forse afmetingen van de luifels, beperkt is en niet alleen maar een verbetering van het windklimaat geeft.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Zuidas – gemeente Amsterdam is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het plangebied Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam, inclusief de bestaande en geplande stedenbouwkundige omgeving van het project. Doel van het onderzoek was het geven van een eerste beoordeling van het te verwachten windklimaat rondom de geplande bebouwing. Hiertoe zijn verschillende bebouwingsvarianten en het effect van begroeiing onderzocht.

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*.

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

- Over het algemeen is een als goed tot plaatselijk matig te beoordelen windklimaat te verwachten rondom de bebouwing binnen Ontwikkelveld 2 en in de directe omgeving. Tevens zijn er enkele aandachtsgebieden vast te stellen en spelen de gebruiksfunctie en het daarmee samenhangende te hanteren beoordelingscriterium een rol.
- Het belangrijkste aandachtspunt dat volgt uit het windklimaatonderzoek betreft de gebouwhoogte en vormgeving van de westelijke plandelen (plandelen A en F in het onderzoek). De mate van windhinder voor de westgevels van deze plandelen, aan de Beethovenstraat, en in de oost-west georiënteerde straat tussen deze bouwdelen, wordt hierdoor sterk beïnvloed. Afhankelijk van de gebouwconfiguratie kan sprake zijn van een slecht windklimaat voor doorloopgebied en een beperkt risico op windgevaar. Door een getrapte hoogteopbouw te hanteren, met een relatief beperkte hoogte, is een situatie vast te stellen waarbij zowel tegemoet gekomen kan worden aan de stedenbouwkundige structuur als aan een beperking van de mate van windhinder. Plaatselijk blijft er ook dan sprake van een matig windklimaat voor de functie doorlopen. Plaatsen met een dergelijke hinderkans zijn op voorhand minder geschikt voor windgevoelige functies als gebouwentrees en terrassen. Er zijn echter ook diverse geveldelen rondom de westelijke bouwdelen met een hinderkans onder de grenswaarde van 5%, waarbij het windklimaat hier wel geschikt voor is, waaronder de gevel onder het overstek op de hoek Beethovenstraat – Ravellaan.
- Het toepassen van een luifel op de westelijke gevels van deze plandelen heeft nauwelijks een positief effect op het plaatselijke windklimaat.
- Met volwassen begroeiing is een aanzienlijke verbetering van het windklimaat op diverse plaatsen in het plangebied te verkrijgen. De gevels aan de Beethovenstraat vallen buiten dit positieve effect. Zowel een conceptuele indeling van het groenplan is onderzocht als een uitgedunde versie. Vastgesteld is dat ook met de uitgedunde versie een meer dan evenredig positief effect op het windklimaat bereikt wordt. Daarnaast kan op plaatsen met een relatief hoge hinderkans rondom een plaatselijke verdichting van begroeiing worden toegepast. Voor het daadwerkelijk verkrijgen van een afschermend effect van begroeiing wordt geadviseerd op deze plaatsen windbestendige volwassen bomen te plaatsen met goede vertakking en dichtheid. Deze begroeiing wordt bij voorkeur

gecombineerd met bladhoudende begroeiing zoals stuiken met voldoende hoogte en naaldbomen.

- In de diverse zuid-noord georiënteerde straten in het plangebied is, afhankelijk van de gebouwconfiguratie, plaatselijk bij hoogbouw een relatief hoge hinderkans te verwachten. Uitgaande van de functie doorlopen krijgt het windklimaat plaatselijk een beoordeling matig. Deze posities zijn op voorhand minder geschikt voor windgevoelige functies. Aan de hand van de grafische weergave van de onderzoeksresultaten kan worden vastgesteld op welke plaatsen een hinderkans van minder dan 5% is vastgesteld en daardoor met een beoordeling goed op basis van het criterium voor slenteren meer geschikt zijn voor windgevoelige functies, zoals gebouwentrees.
- De gebouwhoogte en hoogteopbouw van de meest oostelijke plandelen (E en J) zijn bepalend voor het windklimaat tussen beide plandelen. Er kan door te schuiven met de positie en het wijzigen van de oriëntatie van de hoogbouw bepaald worden welke plaatsen het meest in de luwte vallen.
- Het windklimaat in binnenhoven en pocketparks is over het algemeen goed te noemen.

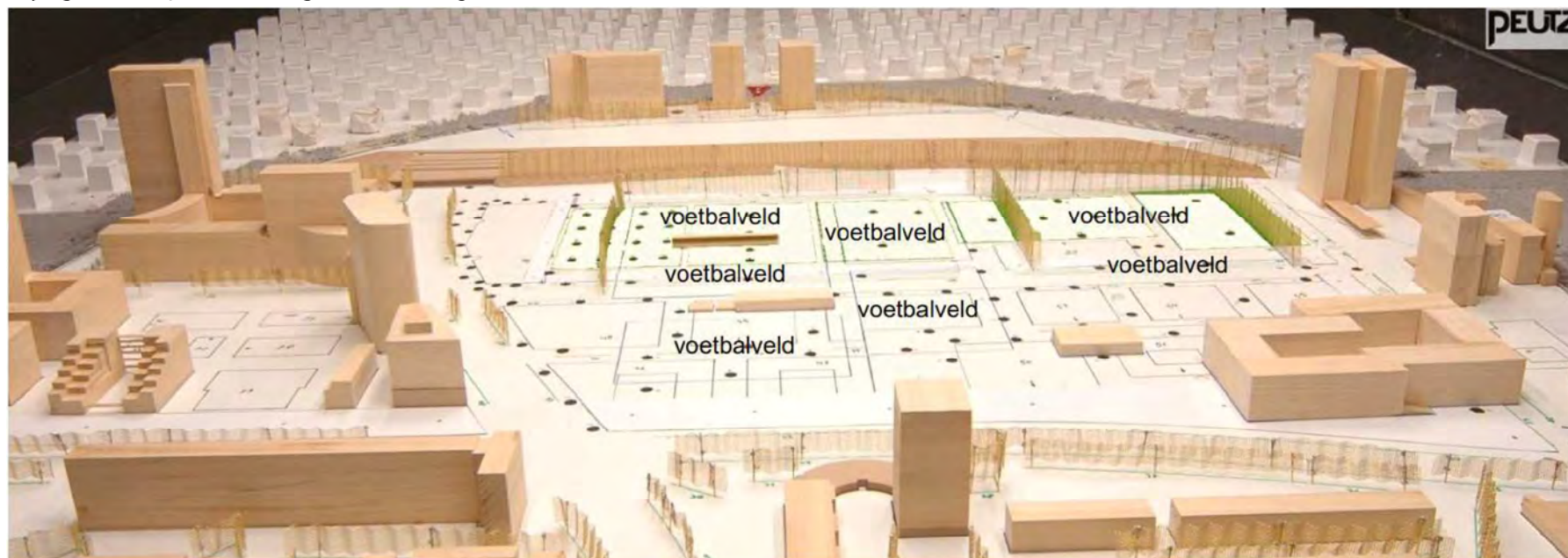
Mook,



Bijlage 1 Technisch inlegvel windtunnelsimulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam			
Opdrachtgever	Zuidas - Gemeente Amsterdam			
Projectleider	O.E. Otten / A. Zaagougui			
Datum	1 oktober 2018			
Model	Algemene gegevens van het model			
Schaal	1 : 350			
Blokkeringsgraad	< 5%			
Omvang gemodelleerd gebied	een cirkel met een diameter van 805 meter			
Kerngebied	Ravel Ontwikkelveld 2 Amsterdam			
Omgeving	stedelijk bebouwd gebied			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie d.m.v. gevouwen gaas			
Onderzochte configuraties	• Stedenbouwkundig bouwplan • 6 aanvullende metingen			
Meetopstelling	Informatie over de meetopstelling			
Gesimuleerde grenslaag • kalibratiedatum	stedelijke bebouwing ijking conform kwaliteitssysteem			
Meetpunten en meethoogte	in totaal 118 meetpunten (basismeting); meethoogte 1,75 m.			
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Tunnelregeling • kalibratiedatum • kalibratie-instantie	meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem intern			
Instrumenten • kalibratiedatum	meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 120523 Y = 483208			
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans %	Beoordeling
Voor comfort			$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	
Doorlopen	5,0	≤ D	< 20	≤ matig
Slenteren	5,0	≤ C	< 10	≤ matig
Zitten	5,0	≤ B	< 5	≤ matig
Regionale correctie	Geen correctie			
Voor gevaar			$p(V_{LOK} > V_{DR,G})$	
	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: maquette huidige bebouwing

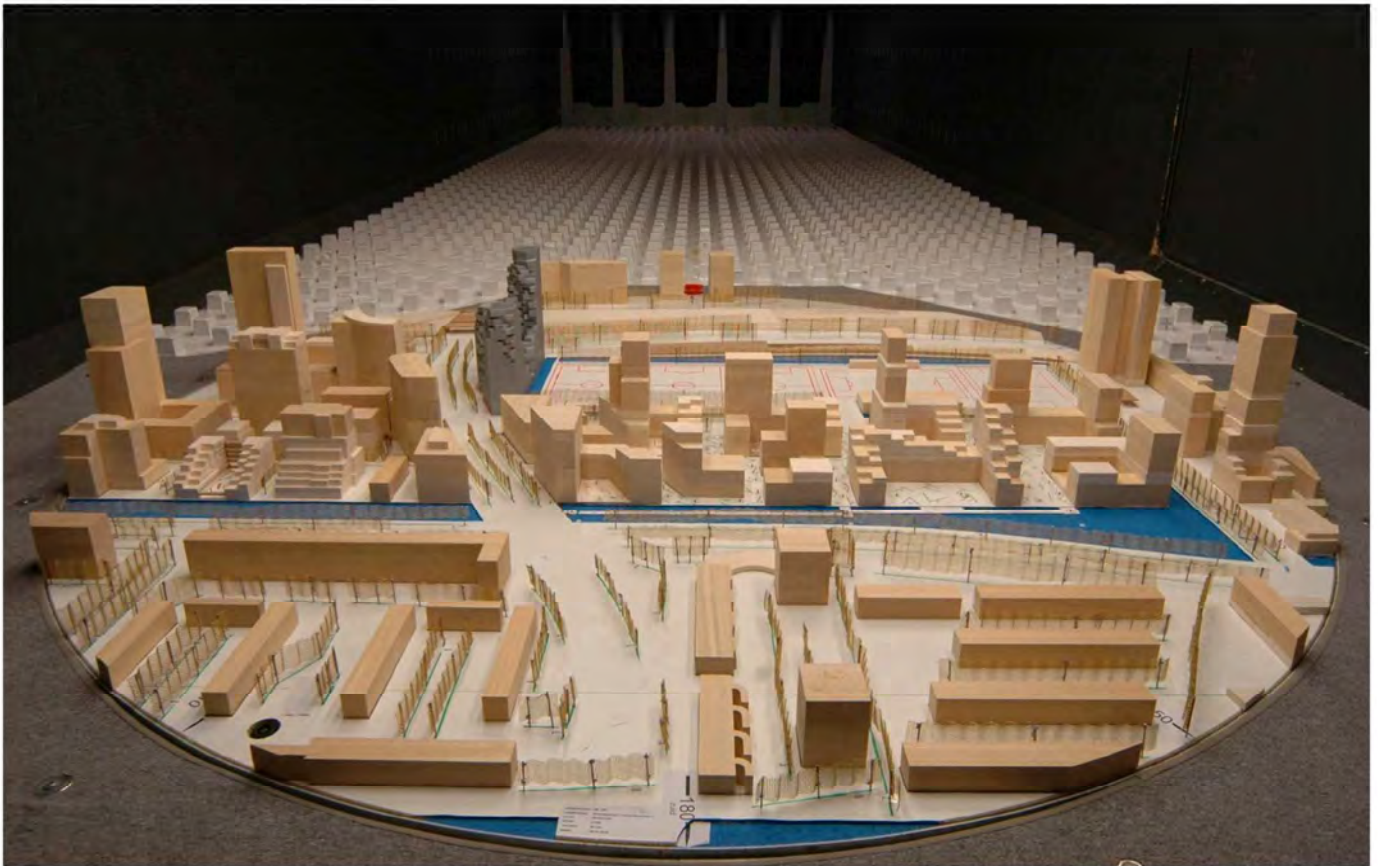




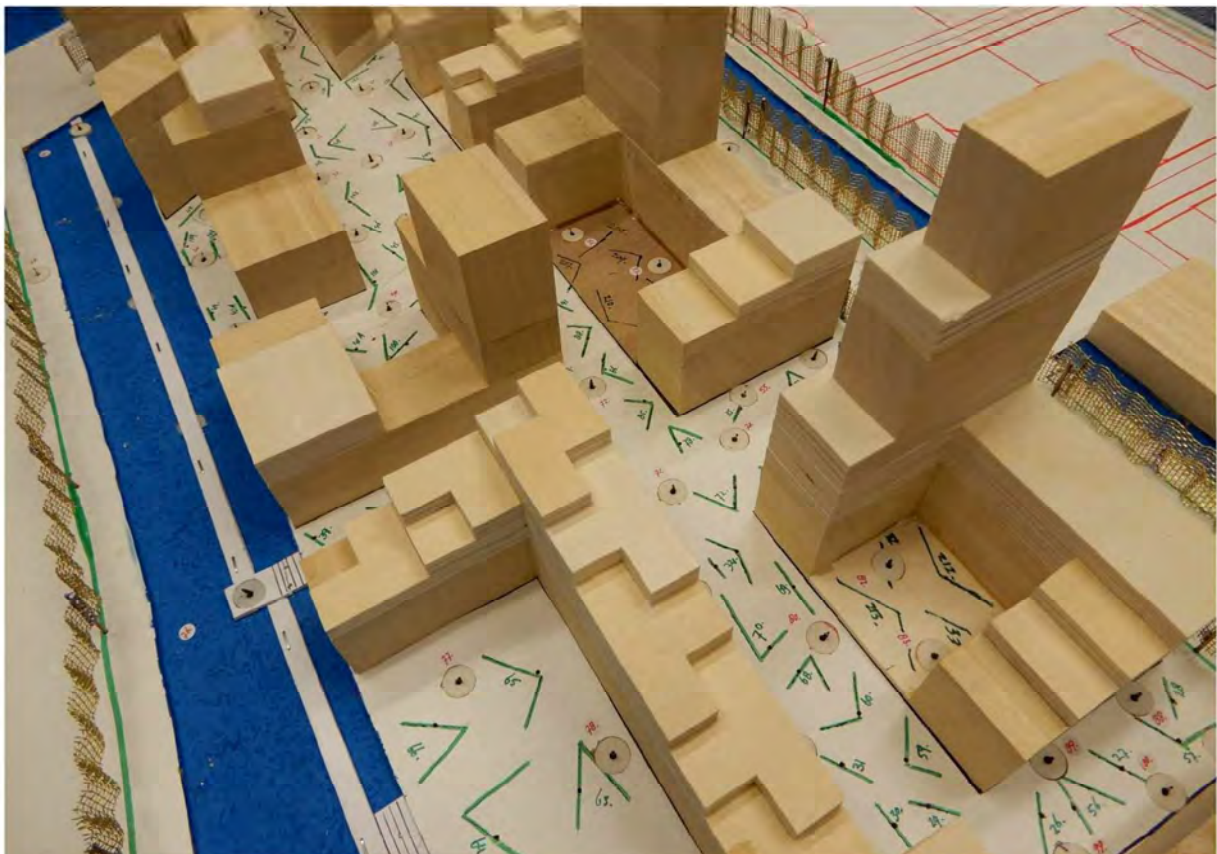
Bijlage 4: Overzicht meetpunten en gebouw indeling

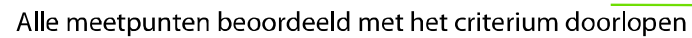


Bijlage 5: Maquette variant A1



Bijlage 6: Basismodel zonder bomenplan detail ontwikkeld





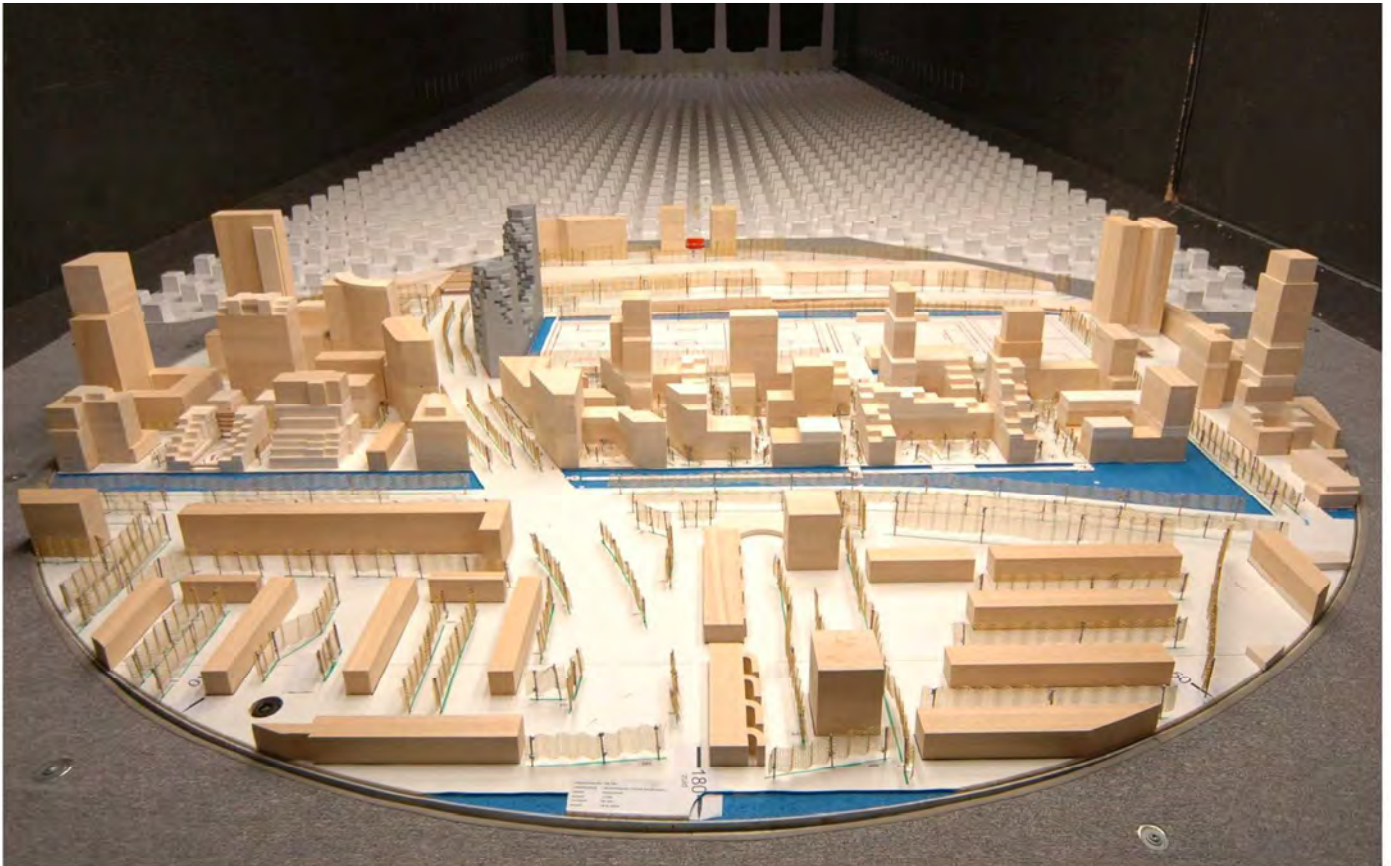
- | | | |
|-------------|------------|--|
| OB 189-1-RA | Variant A1 | Conform basismodel 17 juli 2018 Ravel ontwikkelveld 2 zonder bomenplan |
|-------------|------------|--|



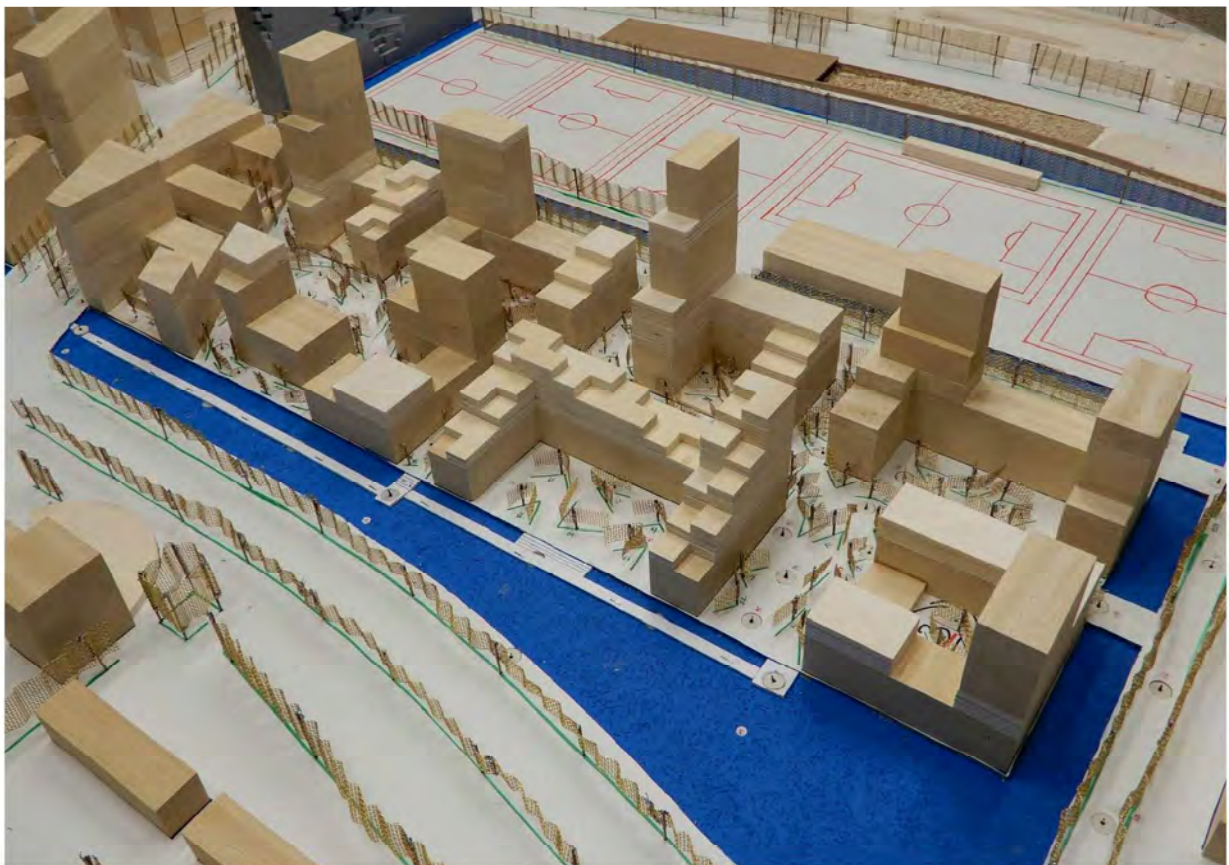
Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren

- = 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 gevaaarcriterium / beperkt risico slenteren

Bijlage 9: maquette variant A2 met bomenplan



Bijlage 10: maquette variant A2 detail ontwikkeld 2





Alle meetpunten beoordeeld met het criterium doorlopen

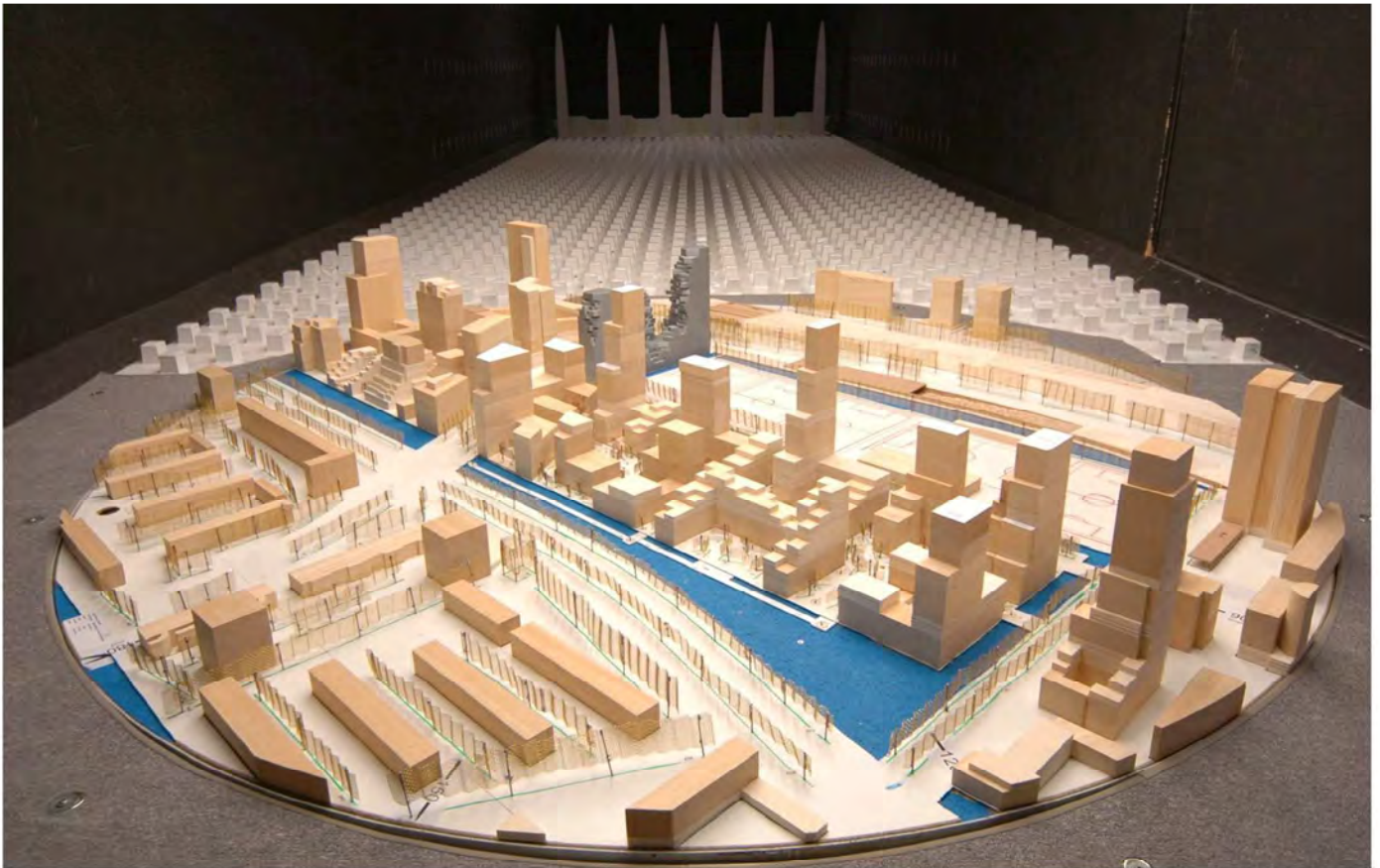
- = goed windklimaat (doorlopen <10.0; slenteren <5.0)
- = matig windklimaat (doorlopen 10.0 - 20.0; slenteren 5.0 - 10.0)
- = slecht windklimaat (doorlopen ≥20.0; slenteren ≥10.0)
- = beperkt risico lopen
- = overschrijding gevaaarcriterium / beperkt risico slenteren



Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren

- = 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 gevaaarcriterium / beperkt risico slenteren

Bijlage 13: maquette variant B



Bijlage 14: maquette variant B plandelen E en J



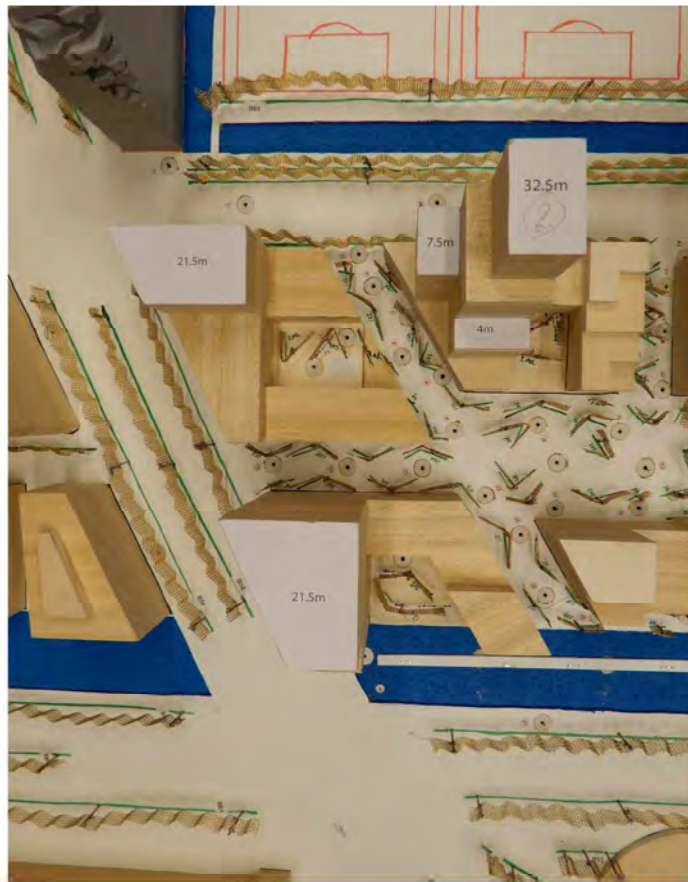
Bijlage 15: maquette variant B plandelen D en I



Bijlage 16: maquette variant B plandelen C en H



Bijlage 17: maquette variant B plandelen A en F



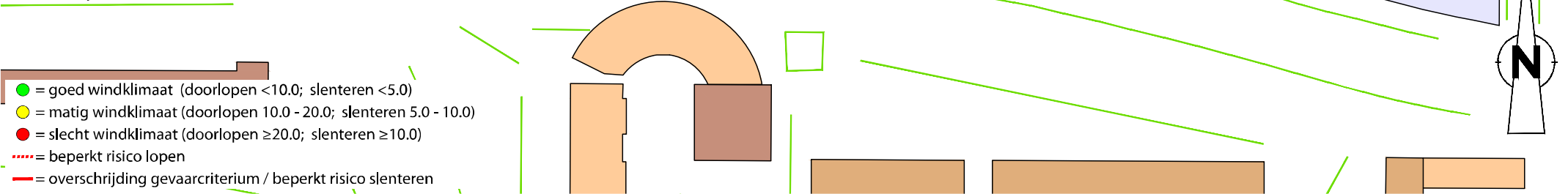


Alle meetpunten beoordeeld met het criterium doorlopen

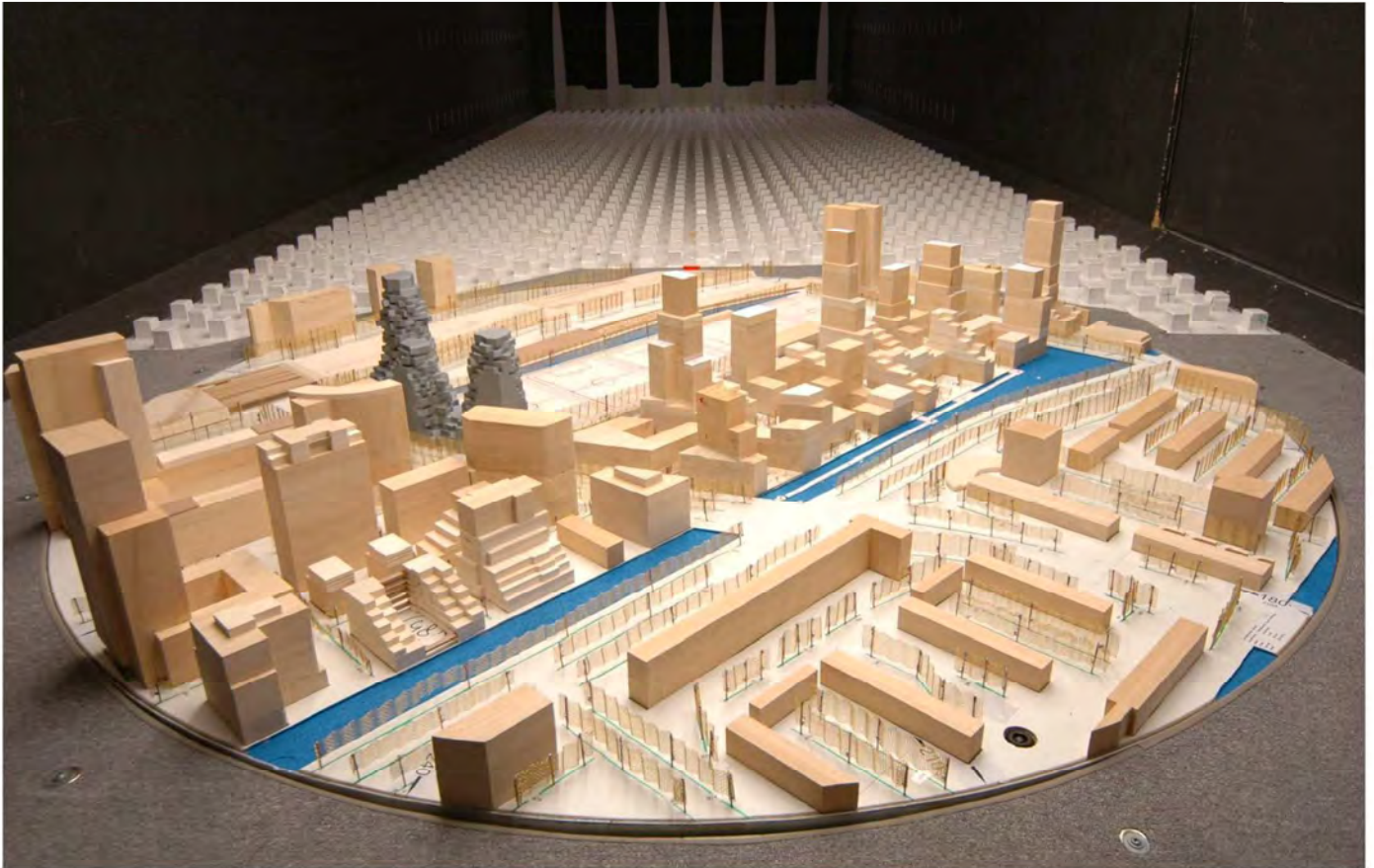
- = goed windklimaat (doorlopen <10.0; slenteren <5.0)
- = matig windklimaat (doorlopen 10.0 - 20.0; slenteren 5.0 - 10.0)
- = slecht windklimaat (doorlopen ≥20.0; slenteren ≥10.0)
- = beperkt risico lopen
- = overschrijding gevaaarcriterium / beperkt risico slenteren



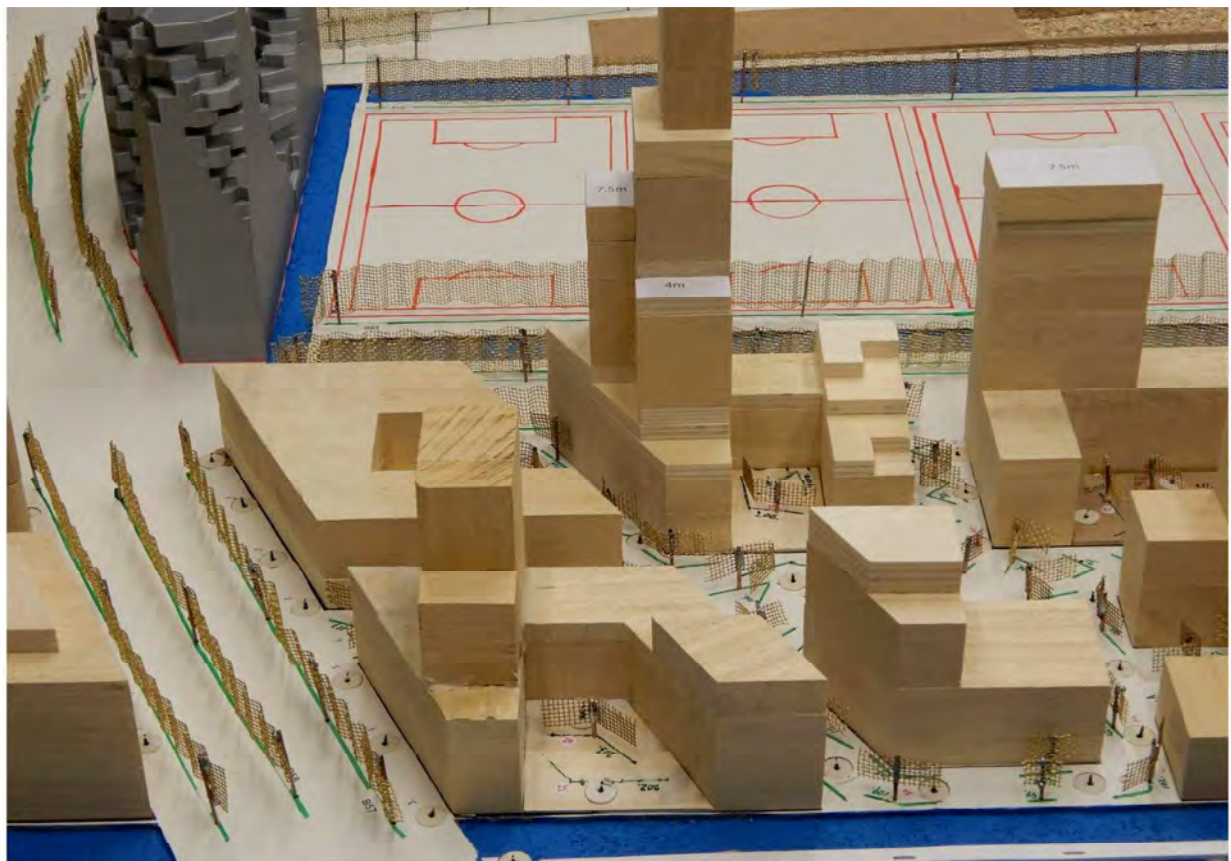
Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren



Bijlage 20: maquette variant C



Bijlage 21: maquette variant C plandelen A en F





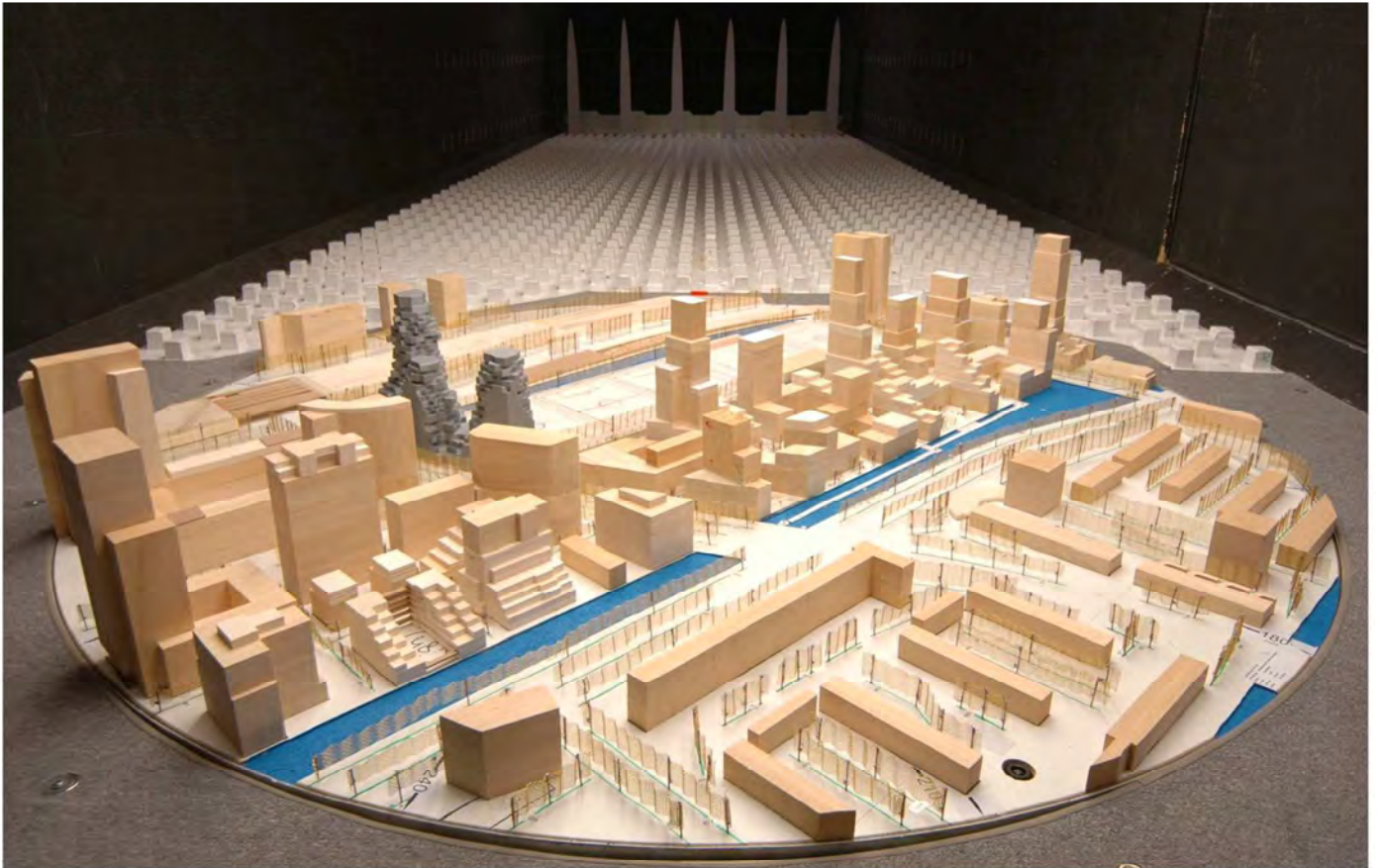
- | | | |
|-------------|-----------|--|
| OB 189-1-RA | Variant C | Bouwdelen A + F aangepast; aantal bomen gehalveerd |
|-------------|-----------|--|



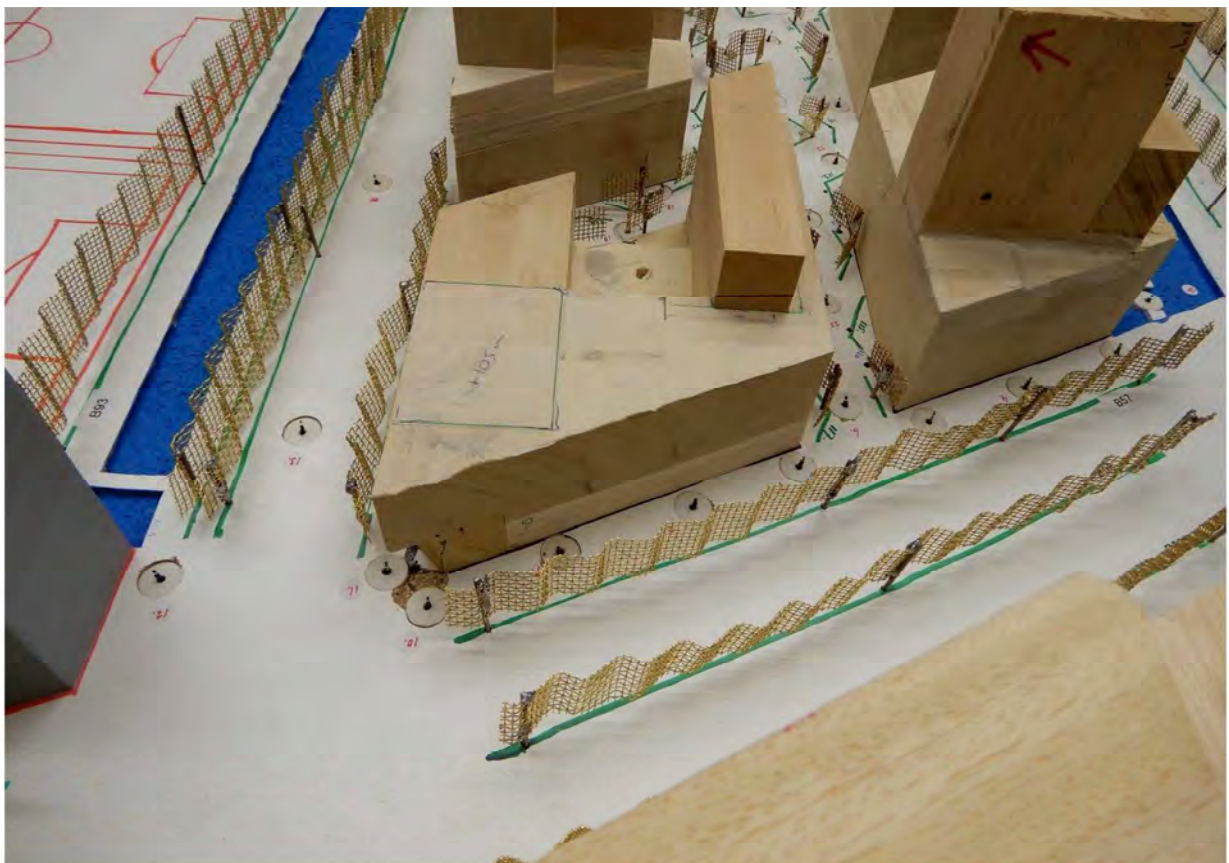
Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren

- = 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 gevaaercriterium / beperkt risico slenteren

Bijlage 24: maquette variant D



Bijlage 25: maquette variant D plandeel A



Bijlage 26: maquette variant D plandeel A



Bijlage 27: meetresultaten variant D doorlopen



Alle meetpunten beoordeeld met het criterium doorlopen

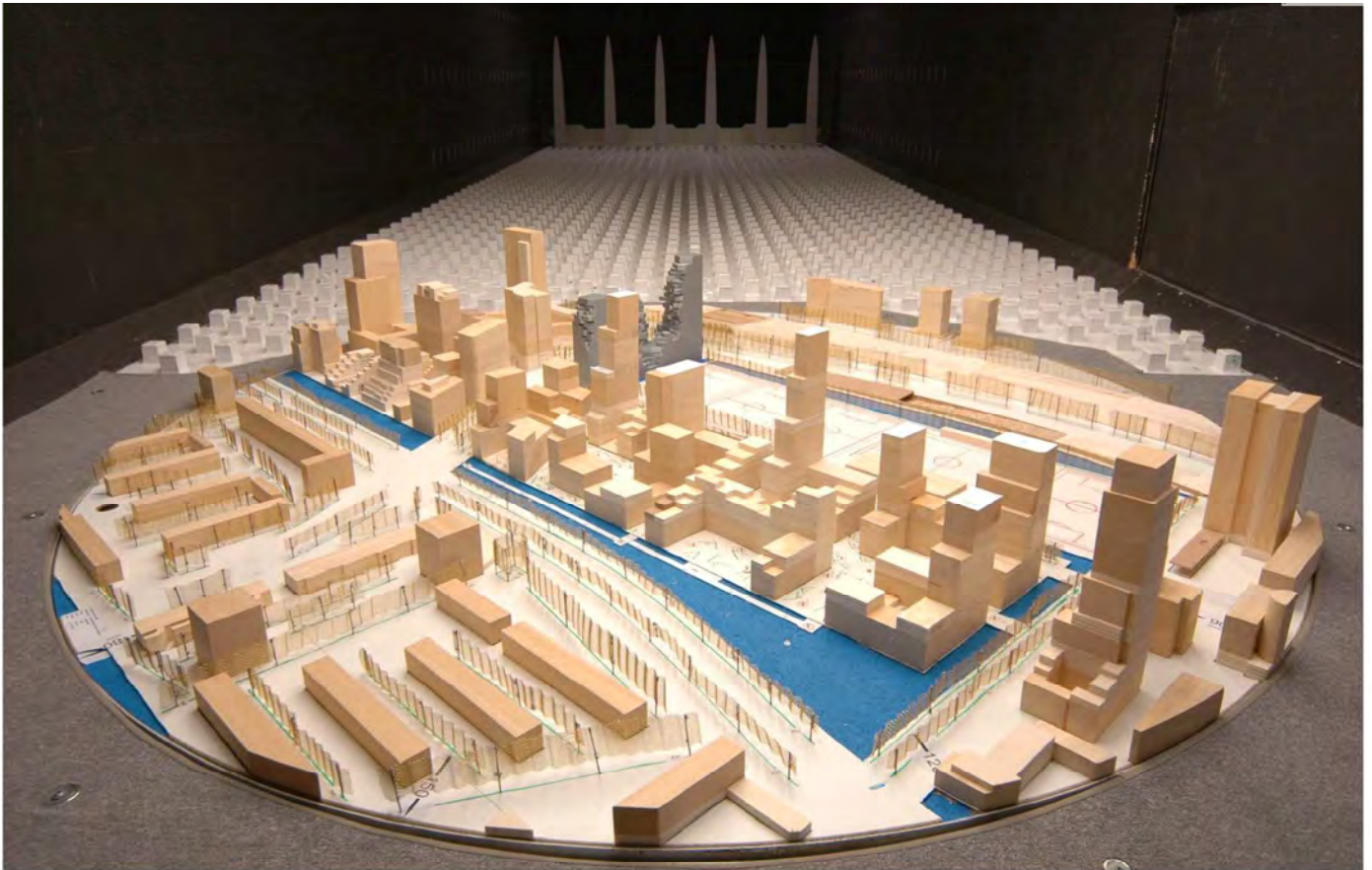
- = goed windklimaat (doorlopen <10.0; slenteren <5.0)
- = matig windklimaat (doorlopen 10.0 - 20.0; slenteren 5.0 - 10.0)
- = slecht windklimaat (doorlopen ≥20.0; slenteren ≥10.0)
- = beperkt risico lopen
- = overschrijding gevaaercriterium / beperkt risico slenteren



Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren

- = 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 gevaaercriterium / beperkt risico slenteren

Bijlage 29: maquette variant E



Bijlage 30: maquette variant E plandelen E en J



Bijlage 31: maquette variant E plandelen D en I



Bijlage 32: maquette variant E plandelen C en H



Bijlage 32: maquette variant E plandelen B en G



Bijlage 33: maquette variant E plandelen A en F





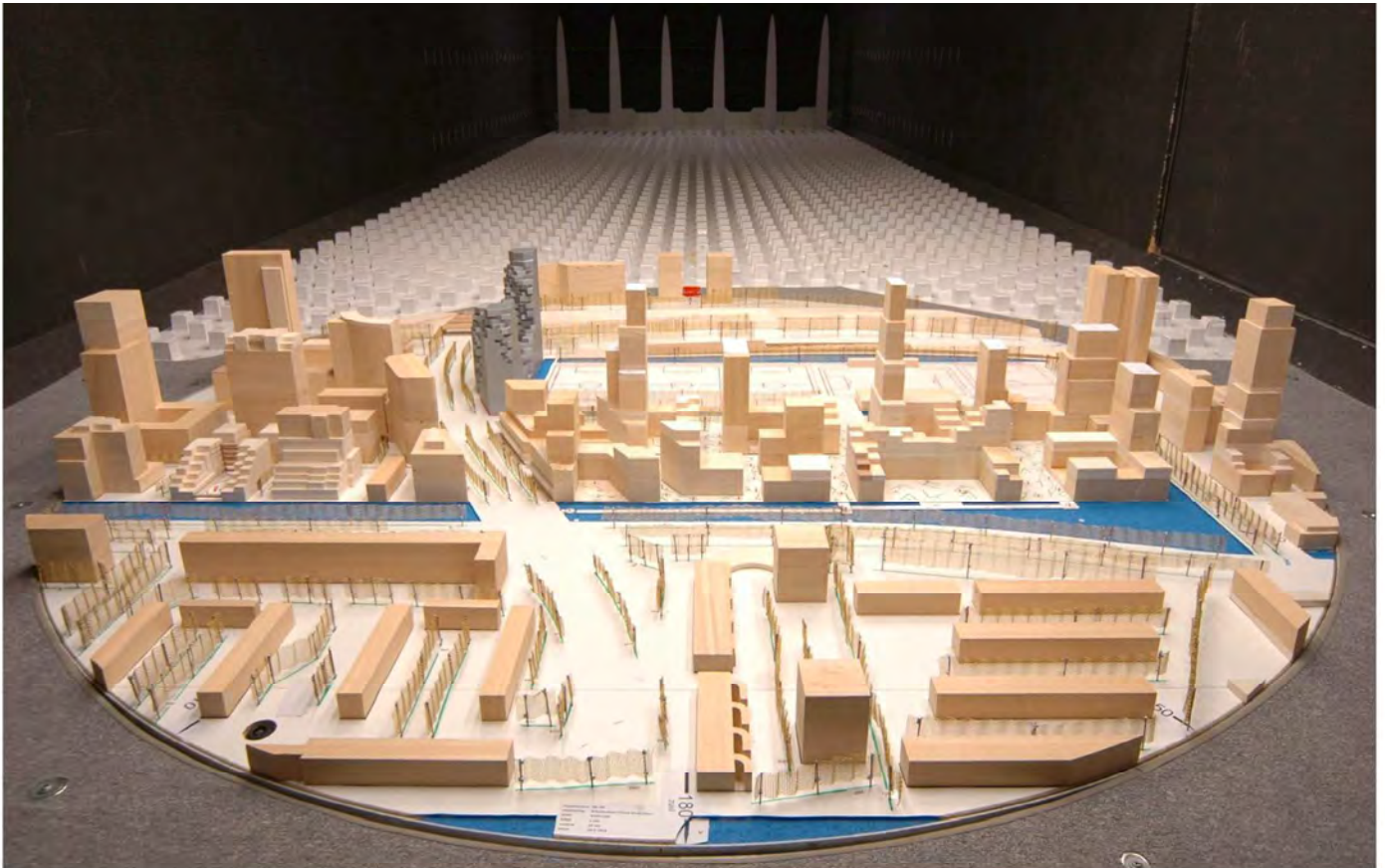
Alle meetpunten beoordeeld met het criterium doorlopen

- = 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 gevaaercriterium / beperkt risico slenteren



-

Bijlage 36: maquette variant E



Bijlage 37: maquette variant E plandelen A en F





Alle meetpunten beoordeeld met het criterium doorlopen

- = 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 gevaaercriterium / beperkt risico slenteren





Alle meetpunten beoordeeld met het criterium slenteren

