

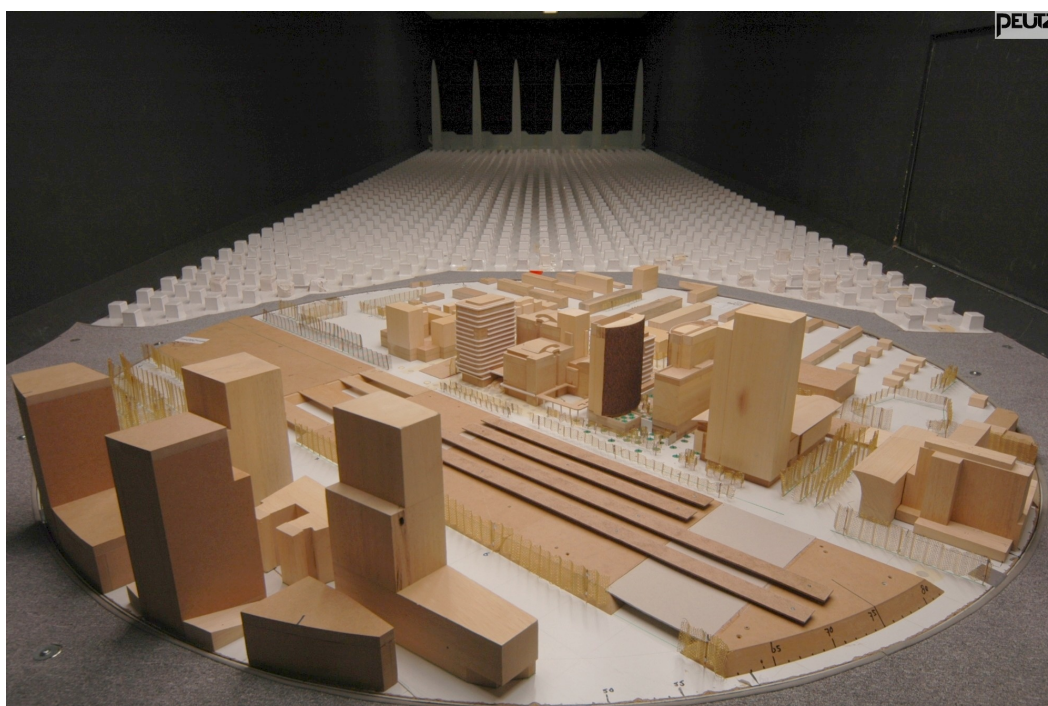


2Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel

2Amsterdam

Windklimaatonderzoek met behulp van de windtunnel



opdrachtgever	Provast B.V.
rapportnummer	G 17721-6-RA
datum	20 juli 2016
referentie	MN/OO//G 17721-6-RA
verantwoordelijke	ing. M.H. Noordermeer
opsteller	O.E. Otten +31 24 3570767 o.otten@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, mook@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

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	12
4 Samenvatting en conclusies	14

1 Inleiding

In opdracht van Provast is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het plan 2Amsterdam, inclusief de stedenbouwkundige omgeving van het project.

Het doel van het onderzoek was het geven van een beoordeling van het te verwachten windklimaat rondom de geplande situatie.

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

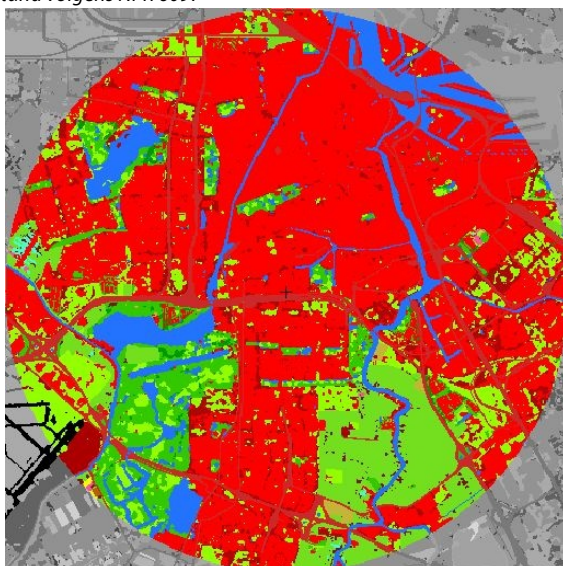
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 meteorologische gegevens 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 meteorologische gegevens van een groot aantal meteorologische stations 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.

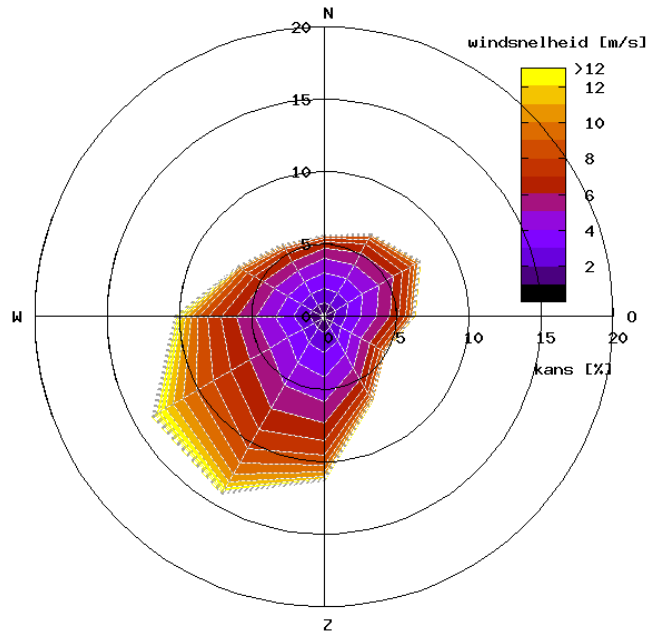
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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 bouwlocatie 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 bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X119825 Y483699.



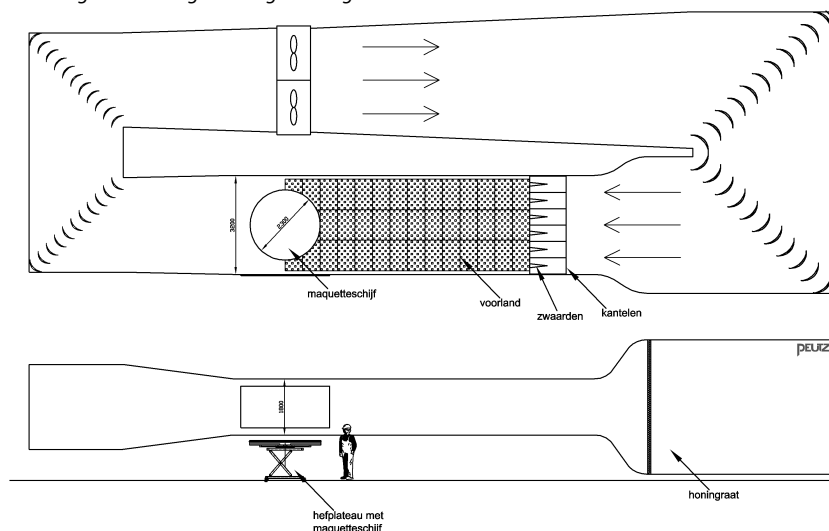
t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8767.2	
Positie X119825 Y483699 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.3	
wind snelheid	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	Noord 360°	
0.0 - 0.9	17.6	19.0	15.8	13.9	18.0	22.2	17.9	14.4	21.1	18.0	20.4	19.0	
1.0 - 1.9	61.0	61.1	48.3	41.3	57.2	78.2	61.1	53.8	67.8	61.3	61.1	65.0	
2.0 - 2.9	85.6	84.4	74.1	65.9	88.5	118.1	102.2	80.1	95.6	81.3	76.8	86.1	
3.0 - 3.9	106.1	106.8	89.6	71.6	98.2	145.5	137.9	105.6	111.2	94.3	83.9	97.7	
4.0 - 4.9	94.7	117.1	93.3	69.7	97.2	147.8	162.4	124.9	117.1	91.6	80.4	83.2	
5.0 - 5.9	84.4	97.1	81.1	59.0	82.0	127.8	159.3	137.9	114.6	75.6	65.3	63.7	
6.0 - 6.9	58.0	65.9	54.8	41.5	54.5	109.5	149.7	131.9	94.8	64.7	47.4	39.9	
7.0 - 7.9	33.8	50.6	40.3	31.0	36.2	87.8	127.9	127.7	83.7	47.3	31.1	21.5	
8.0 - 8.9	20.4	33.2	25.7	19.4	25.2	59.4	102.2	118.2	59.5	32.5	19.9	10.1	
9.0 - 9.9	10.7	18.3	13.1	6.6	14.1	43.0	77.4	92.7	43.3	18.9	10.5	4.6	
10.0 - 10.9	4.9	11.1	7.8	3.1	8.4	25.7	54.3	68.9	33.5	10.5	5.4	2.2	
11.0 - 11.9	2.4	6.2	4.0	1.1	4.2	14.3	36.7	52.2	23.9	6.8	2.6	1.4	
12.0 - 12.9	1.0	1.5	1.3	0.4	1.4	7.6	23.2	37.8	16.4	2.4	1.4	0.5	
13.0 - 13.9	0.1	0.4	0.7	0.3	0.6	3.4	12.6	22.8	11.7	1.2	0.6	0.0	
14.0 - 14.9	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	1.4	6.4	14.6	6.6	0.8	0.3	0.0	
15.0 - 15.9	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.8	2.9	8.4	4.1	0.2	0.1	0.0	
16.0 - 16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	5.1	2.0	0.2	0.0	0.0	
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	2.5	1.2	0.1	0.0	0.0	
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	0.9	0.0	0.0	0.0	
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	0.1	0.1	0.0	0.0	
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	
21.0 - 21.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	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	0.1	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	0.1	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	
aantal uren	580.8	672.9	550.3	424.9	586.1	992.9	1236.9	1202.9	909.6	607.8	507.2	494.9	
gemiddelde snelheid	4.4	4.8	4.7	4.5	4.6	5.2	6.2	6.9	5.8	4.9	4.4	4.0	

2.4 Simulatie windsnelheden in de windtunnel

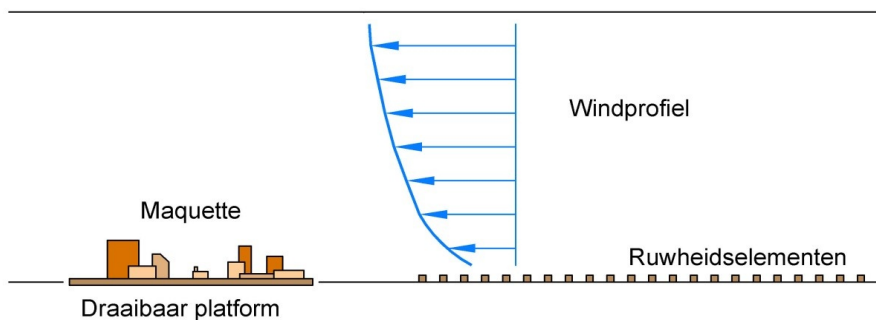
Voor het uitvoeren van windtunnelonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen voor het simuleren van een atmosferische grenslaag. In figuur 2.3 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.

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 2Amsterdam vervaardigd conform gegevens afkomstig van KCAP Architects&Planners, inclusief de terreininrichting van het plan en de directe omgeving.

De stedenbouwkundige omgeving is tot een ruime afstand meegenomen. Hierbij is gebruik gemaakt van een bij Peutz aanwezige omgevingsmaquette waarop onder meer ook het bouwplan New Atrium en in schematische vorm de toekomstige wijziging van het spoortalud is verwerkt.

f2.5 Maquette geplande situatie



2.6 Onderzoek in de windtunnel

Op 72 plaatsen rondom het project zijn 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 gezien wordt 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 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.

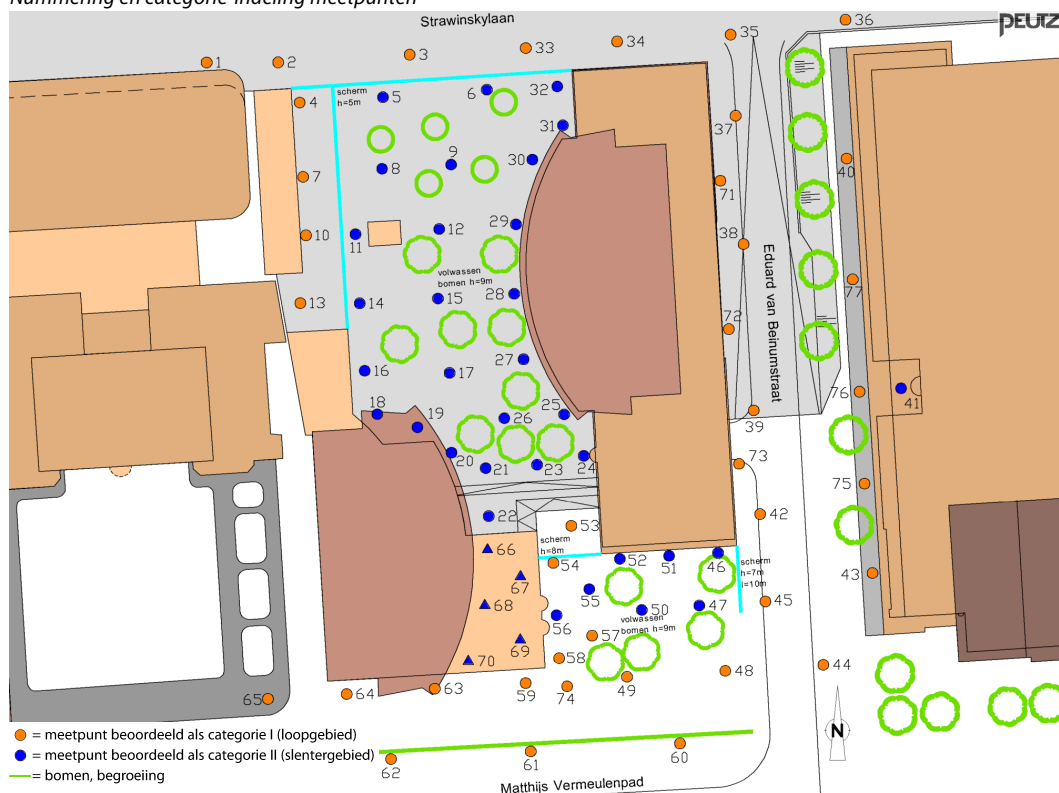
Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend volgens de NPR 6097, die eveneens uitgaat van een referentiehoogte van 60 meter, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor deze kritische windsnelheid bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen 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

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 bij de hoofdentrees, op het voorplein, in de tuin en ter plaatse van het dakterras beoordeeld met het criterium voor slentergebied (categorie II). Hier wordt een hinderkans van minder dan 5% nagestreefd, overeenkomend met een beoordeling goed. De overige meetpunten worden beoordeeld met het beoordelingscriterium voor loopgebied (categorie I).

Een overzicht van de categorie-indeling van meetpunten is opgenomen in figuur 3.1. De driehoekige meetpunten zijn op het dakterras geplaatst.

f3.1 Nummering en categorie-indeling meetpunten



De meetresultaten zijn weergegeven en beoordeeld in figuur 3.2.

f3.2 Hinderkans en beoordeling windklimaat in geplande situatie



De meetresultaten laten een overwegend als goed te beoordelen windklimaat zien. Bij de belangrijke hoofdentrees is sprake van een beoordeling goed. Op enkele meetposities rondom de hoogbouw wordt plaatselijk een matig windklimaat verwacht. Nergens in het onderzoeksgebied is sprake van een beoordeling slecht of van een overschrijding van het gevaarcriterium.

De relatief gunstige onderzoeksresultaten zijn mede te danken aan de situering van diverse schermen en volwassen bomen. Het is derhalve van evident belang de geprojecteerde schermen en bomen in het bouwplan mee te nemen. De bomen dienen voldoende volgroeid en windbestendig te zijn. De gehanteerde positionering van de begroeiing is indicatief, de werkelijke positionering kan hier tot op zekere hoogte van afwijken zonder het afscherpende effect te verliezen.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Provast is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van het plan 2Amsterdam, inclusief de stedenbouwkundige omgeving van het project.

Het doel van het onderzoek was het geven van een beoordeling van het te verwachten windklimaat rondom de geplande situatie.

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:

- De onderzoeksresultaten vallen relatief gunstig uit. Nergens in het onderzoeksgebied is sprake van een beoordeling slecht of van een overschrijding van het gevaarcriterium.
- De in het onderzoek gehanteerde schermen en bomen zijn van evident belang voor het verkrijgen van voldoende beschutting. Ten einde deze beschutting ook in de praktijk te verkrijgen dienen deze schermen en bomen in het bouwplan meegenomen te worden, waarbij de bomen voldoende volgroeid en windbestendig zijn. De gehanteerde positionering van de begroeiing is indicatief, de werkelijke positionering kan hier tot op zekere hoogte van afwijken zonder het afschermende effect te verliezen.

Mook,



Dit rapport bevat 14 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel windtunnelsimulatie.

Bijlage 1 Technisch inlegvel windtunnelsimulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	2Amsterdam			
Opdrachtgever	Provast B.V.			
Projectleider	O.E. Otten			
Datum	20 juli 2016			
Model	Algemene gegevens van het model			
Schaal	1 : 300			
Blokkeringsgraad	< 5%			
Omvang gemodelleerd gebied	een cirkel met een straal van 345 meter			
Kerngebied	gebied met de betreffende nieuwbouw			
Omgeving	stedelijk bebouwd gebied			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie d.m.v. gevouwen gaas			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituatie			
Meetopstelling	Informatie over de meetopstelling			
Gesimuleerde grenslaag	stedelijke bebouwing			
kalibratiedatum	ijking conform kwaliteitssysteem			
Meetpunten en meethoogte	in totaal 72 meetpunten; meethoogte 1,75 m.			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
(minimaal 12 over de windroos)				
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 = 119825 Y = 483699			
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				