

Zuidas dok

Deelrapport windklimaat- onderzoek

Toelichting Bestemmingsplan -
Bijlage 9

Maart 2016



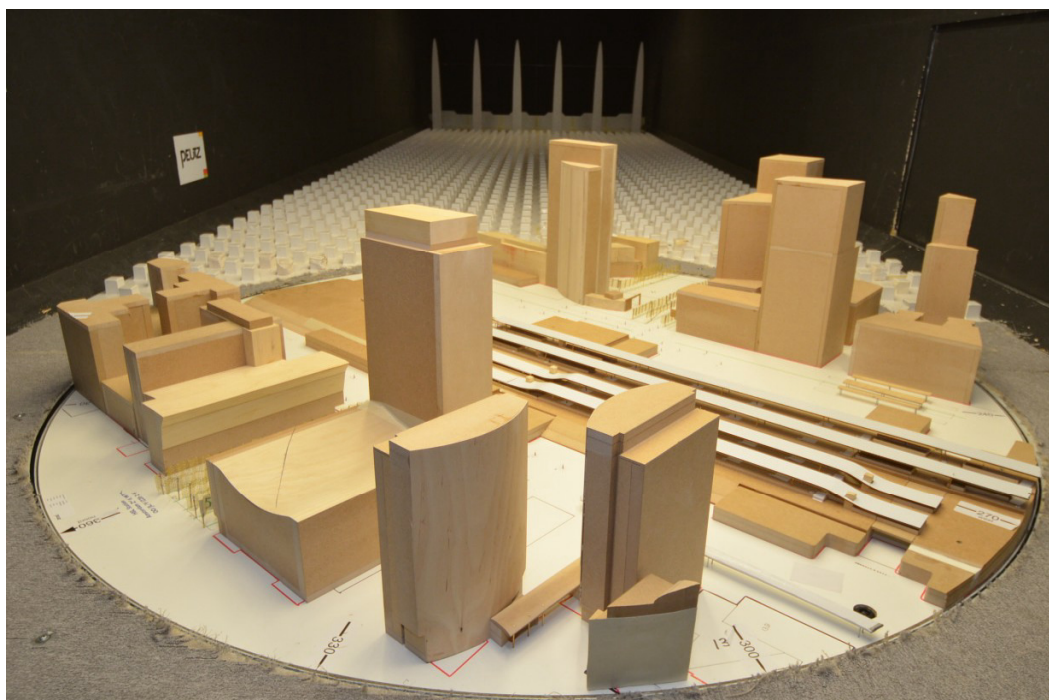


Station Amsterdam Zuid WTC

Onderzoek aan het windklimaat met behulp van de windtunnel

Station Amsterdam Zuid WTC

Onderzoek aan het windklimaat met behulp van de windtunnel



opdrachtgever Projectbureau Zuidasdok met begeleiding door het
 Ingenieursbureau Zuidasdok

rapportnummer V 1220-1-RA-002

datum 13 november 2015

referentie OO/LA//V 1220-1-RA-002

verantwoordelijke O.E. Otten

opsteller dr. ir. L. Aanen
 +31 24 3570730
 l.aanen@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 24 357 07 07, info@peutz.nl, www.peutz.nl
opdrachten volgens 'De nieuwe regeling 2011' (DNR 2011) ingeschreven kvk onder nummer 12028033
lid NL-ingenieurs, iso-9001:2008 gecertificeerd

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

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
2.2.3 Windhindereisen in de onderdoorgang	7
2.2.4 Windhindereisen op de perrons	7
2.3 Windklimaat op de locatie	8
2.4 Simulatie windsnelheden in de windtunnel	10
2.5 Schaalmodel	11
2.6 Onderzoek in de windtunnel	12
3 Resultaten van het onderzoek	13
3.1 Brittenpassage	13
3.2 Minervapassage	16
3.3 Variant A	19
3.4 Variant B	21
3.5 Variant C	22
4 Samenvatting en conclusies	24

1 Inleiding

In opdracht van Projectbureau Zuidasdok met begeleiding door het Ingenieursbureau Zuidasdok is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van Station Amsterdam Zuid WTC, inclusief de bestaande stedenbouwkundige omgeving van het project.

Voor het vervaardigen van het model is gebruik gemaakt van de gegevens zoals verstrekt door de opdrachtgever, van gegevens van de aanwezige stedenbouwkundige omgeving afkomstig van de gemeente Amsterdam, alsmede van eigen waarnemingen ter plaatse.

Het doel van het onderzoek is het formuleren van haalbare eisen op gebied van windhinder waarbij het referentieontwerp als toetsmodel gehanteerd is. De focus bij de beoordeling ligt op de twee passages en de perrons. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is vervolgonderzoek uitgevoerd met betrekking tot windafschermende maatregelen teneinde vast te kunnen stellen of met beperkte maatregelen binnen de gestelde ontwerpeisen een acceptabel windklimaat te realiseren is.

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*, waarbij voor het windklimaat in de passages gebruik gemaakt is van een aangepaste drempelsnelheid.

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 m, wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie als noodzakelijk gezien. Alhoewel de hoogte van het station significant lager is dan deze 30 meter, is vanwege de windgevoeligheid van de bestemming en de aanwezigheid van hoogbouw in de directe omgeving toch een windklimaatonderzoek uitgevoerd.

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 activiteitsklassen. 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 e.d.

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	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."

2.2.3 Windhindereisen in de onderdoorgang

In min of meer besloten ruimtes zal het publiek minder wind verwachten dan buiten en daarom ook al bij lagere windsnelheden de wind als hinderlijk ervaren. In bijvoorbeeld overdekte winkelcentra met open verbindingen naar buiten wordt daarom bij de beoordeling van het windklimaat de drempelsnelheid waarop getoetst wordt aangepast. Afhankelijk van de mate van openheid van het winkelcentrum wordt daarbij veelal een drempelsnelheid van 1 of 2 m/s gebruikt. In het geval van de geplande onderdoorgangen onder het station is er wel sprake van een vrij omsloten ruimte met een binnen-uitstraling, maar is er voor het publiek nog wel een duidelijk relatie met buiten aanwezig. Een aanpassing van de drempelsnelheid is wel nodig voor een goede beoordeling van het windklimaat, maar 2 m/s is daarbij wel een zeer strenge eis. In overleg met de opdrachtgever is gekozen voor een drempelsnelheid van 3,5 m/s, waarbij het windklimaat in de onderdoorgang voor wat betreft te accepteren overschrijdingspercentages in het grootste deel van het gebied wordt beoordeeld als slentergebied. Uitzondering hierop zijn de gebieden aan de randen van de overkapping, waar de relatie met buiten nog zeer sterk aanwezig is, en de gebieden bij de trapopgangen naar de perrons, waar het publiek over het algemeen alleen door heen zal lopen en niet lang zal blijven.

Door de opdrachtgever is daarbij bepaald dat bij de verdere ontwikkeling van de onderdoorgangen en de stations er een minimum eis aan het windklimaat wordt gesteld. Het uiteindelijke windklimaat dient te voldoen aan de volgende eisen:

1. Het windklimaat in het Transfergebied van de Minervapassage dient te voldoen aan de kwalificatie "goed" voor slenteren conform NEN8100, met als grenswaarde 3,5 m/s i.p.v. 5 m/s. Op deze kwalificatie zijn de volgende uitzonderingen:
 - De gebieden onder aan de trappen, tot 5 m. vanaf de trap dienen minimaal te voldoen aan de kwalificatie "matig" voor slenteren.
 - De gebieden ter plaatse van de Stationsentrees, tot 5 m. vanaf de rooilijn dienen minimaal te voldoen aan de kwalificatie "matig" voor slenteren.

Toelichting bij de eis:

Bij een lokale afwijking is in overleg met OG aanpassing van de eis bespreekbaar.

De grenswaarde 3,5 m/s i.p.v. 5 m/s geldt ook voor de uitzonderingen.

2. De windhinder in het Beheerste Gebied van de Brittenpassage dient te voldoen aan de kwalificatie "goed" voor slenteren met als grenswaarde 3,5 m/s i.p.v. 5 m/s als genoemd in de NEN8100.

Toelichting bij de eis:

Bij een lokale afwijking is in overleg met OG aanpassing van de eis bespreekbaar

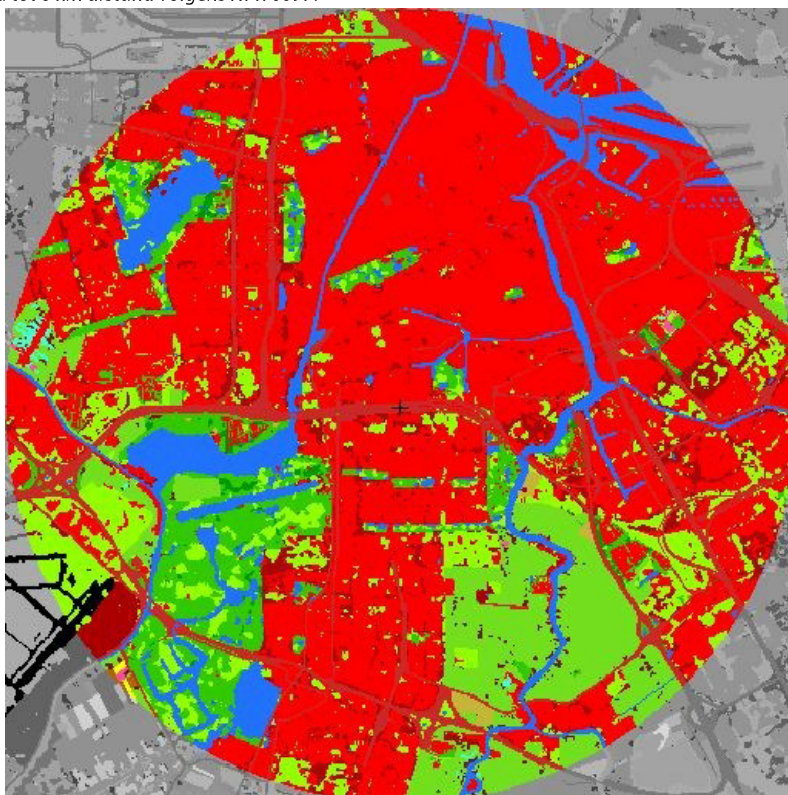
2.2.4 Windhindereisen op de perrons

Het windklimaat op de perrons wordt beoordeeld als slentergebied met de gebruikelijke drempelsnelheid van 5 m/s voor de beoordeling van het windklimaat. Aan het windklimaat op de perrons zijn voorsnog geen specifieke eisen gesteld.

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.

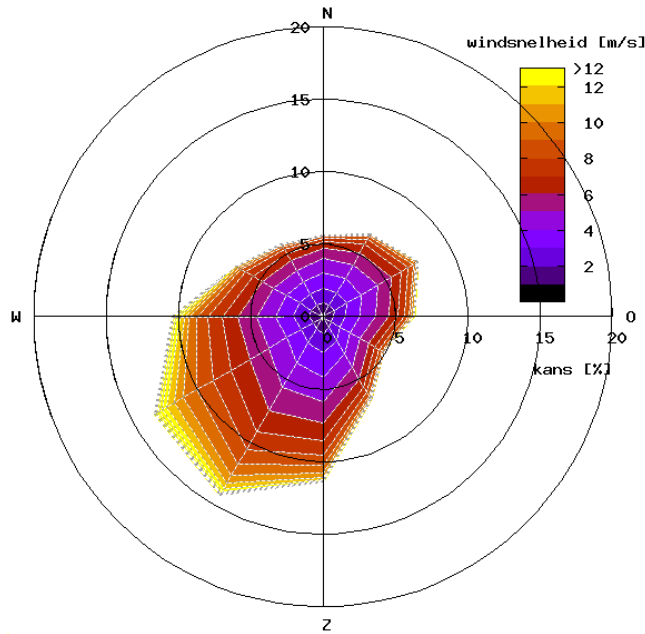
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097.



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 bouwlocatie met name bij wind uit het zuidwesten tot noordwesten de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind ca. 28% van de tijd uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee bepalend voor het windklimaat op de bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097.

Windroos voor locatie X119841 Y483563.



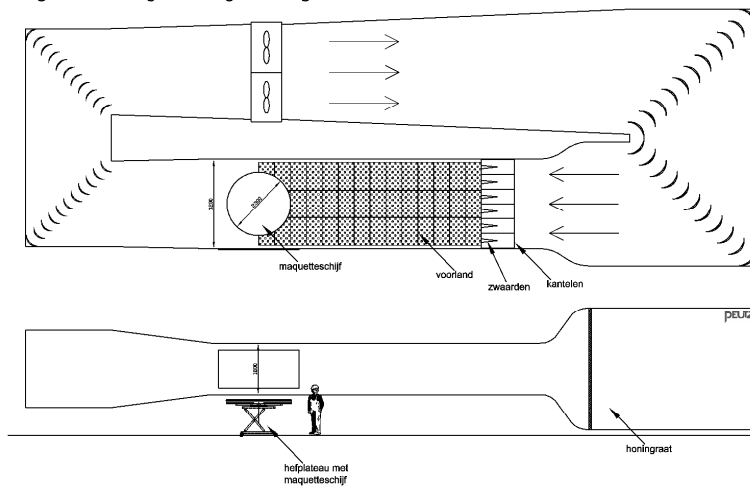
t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097.

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8785,9		
Positie X119841 Y483563 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	18.8	15.8	14.1	17.8	22.2	18.3	14.4	20.3	18.1	20.5	19.1		
1.0 - 1.9	60.9	60.3	47.8	41.5	55.8	79.0	62.3	53.7	66.2	61.8	61.4	65.0		
2.0 - 2.9	85.5	84.9	73.8	66.2	90.0	117.9	102.8	80.7	94.0	81.7	77.4	86.1		
3.0 - 3.9	106.0	104.5	87.2	72.0	95.9	146.2	139.5	105.0	109.3	95.3	83.7	97.3		
4.0 - 4.9	94.6	116.3	94.2	69.7	96.6	148.6	166.6	125.1	113.8	92.5	80.5	83.2		
5.0 - 5.9	84.8	96.3	82.2	59.0	80.1	129.1	163.1	135.1	113.7	76.2	65.4	63.7		
6.0 - 6.9	58.2	65.7	55.6	41.8	54.6	109.5	148.5	132.0	95.1	65.4	47.4	39.7		
7.0 - 7.9	33.7	50.5	40.9	31.0	36.5	87.4	127.6	124.8	87.3	47.8	31.0	21.2		
8.0 - 8.9	20.6	33.2	26.8	19.4	25.5	61.1	103.0	116.1	62.7	33.2	19.7	10.1		
9.0 - 9.9	10.8	18.2	14.1	6.5	14.1	43.2	75.9	88.9	47.1	19.0	10.4	4.5		
10.0 - 10.9	4.9	11.3	7.8	3.2	8.7	26.4	53.4	65.9	33.5	10.9	5.4	2.1		
11.0 - 11.9	2.4	6.3	4.6	1.1	4.2	14.4	35.9	52.4	25.2	6.8	2.7	1.4		
12.0 - 12.9	1.0	1.5	1.5	0.4	1.5	7.7	22.8	35.0	17.4	2.5	1.4	0.5		
13.0 - 13.9	0.1	0.4	0.7	0.3	0.6	3.5	11.8	20.9	12.3	1.2	0.6	0.0		
14.0 - 14.9	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	1.4	5.9	14.1	7.5	0.8	0.3	0.0		
15.0 - 15.9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.8	2.9	7.4	4.7	0.2	0.1	0.0		
16.0 - 16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	4.3	2.2	0.2	0.0	0.0		
17.0 - 17.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	2.3	1.6	0.1	0.0	0.0		
18.0 - 18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.5	0.8	0.0	0.0	0.0		
19.0 - 19.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.9	0.4	0.1	0.0	0.0		
20.0 - 20.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	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	0.2	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	0.1	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		
aantal uren	581.2	668.5	553.4	426.3	582.3	998.8	1242.9	1181.2	915.7	613.8	507.9	493.9		
gemiddelde snelheid	4.4	4.8	4.8	4.5	4.6	5.2	6.1	6.9	5.9	4.9	4.4	4.0		

2.4 Simulatie windsnelheden in de windtunnel

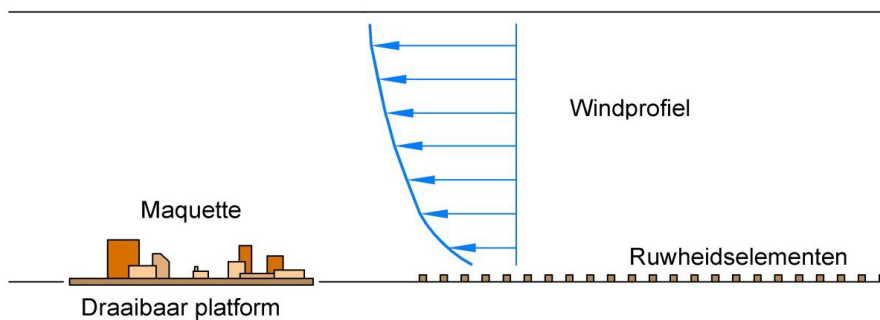
Voor het uitvoeren van windtunnelonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen voor het simuleren van een atmosferische grenslaag. In figuur 2.3 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.

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 1:200 schaalmodel van het station en de stedenbouwkundige omgeving vervaardigd conform de volgende gegevens:

- Technische tekeningen en 3D modellen d.d. mei 2015, IBZ
- Stedenbouwkundige tekening bestaande situatie.
- Een eigen inventarisatie ter plaatse.

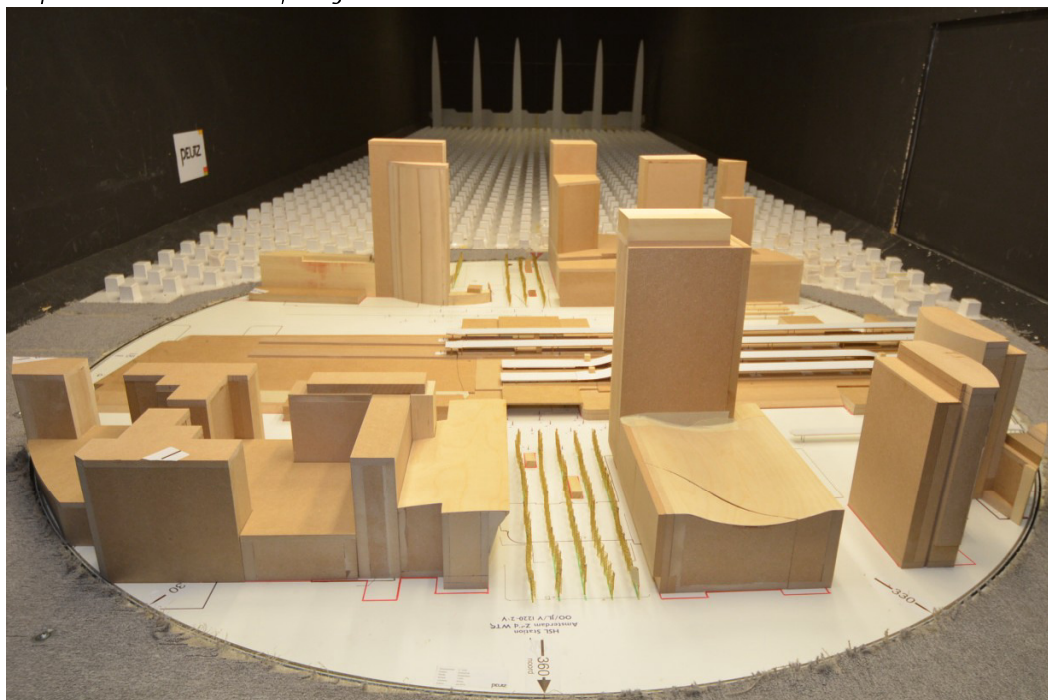
De stedenbouwkundige omgeving is tot een afstand van ca. 240 meter vanaf het hart van de maquette meegenomen. De schaal is hierbij zo gekozen dat de onderdoorgangen tot in voldoende detail gemodelleerd konden worden, maar de omgevingsbebouwing de windtunnel niet te veel blokkeert. De blokkering van de windtunnel is daarbij nog steeds groter dan tijdens windklimaatmetingen normaal wordt geaccepteerd. Het gevolg van deze blokkering is een toename van de snelheden ter plaatse van de maquette. Deze toename is op basis van voor en boven de maquette uitgevoerde pitot-metingen in de uitwerkingen meegenomen.

Gezien de afstand tussen de twee onderdoorgangen en de benodigde schaal van de maquette was het niet mogelijk om beide onderdoorgangen in één maquette te modelleren. Er is daarom gekozen voor een maquette waarin de beide omgevingsbebouwingen van de twee maquettes en de onderdoorgang zelf verwisseld kunnen worden, waarbij de instrumentatie van de maquette zo veel als mogelijk intact blijft. Foto's van de twee varianten van de maquetteschijf zijn weergegeven in figuren 2.5 en 2.6.

f2.5 Maquette basissituatie Brittenpassage.



f2.6 Maquette basissituatie Minervapassage.



2.6 Onderzoek in de windtunnel

In de basissituatie zijn in totaal op 126 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. 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. Daarnaast is in dit geval in de passages aan de aangepaste drempelsnelheid van 3,5 m/s getoetst.

Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend volgens de NPR 6097, die eveneens uitgaat van een referentiehoogte van 60 meter (mesohoogte), 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, 2.2.2 en 2.2.3 betreffende windhinder en windgevaar. Hierbij worden de meetpunten op de verschillende perrons beoordeeld met het criterium voor slentergebied (categorie II) en de punten in de passages als slentergebied met een aangepaste drempelsnelheid van 3,5 m/s. De overige meetpunten worden beoordeeld met het beoordelingscriterium voor loopgebied (categorie I). Een totaal overzicht van alle meetpunten in het gebied is weergegeven in bijlage 2, figuren 1 en 2.

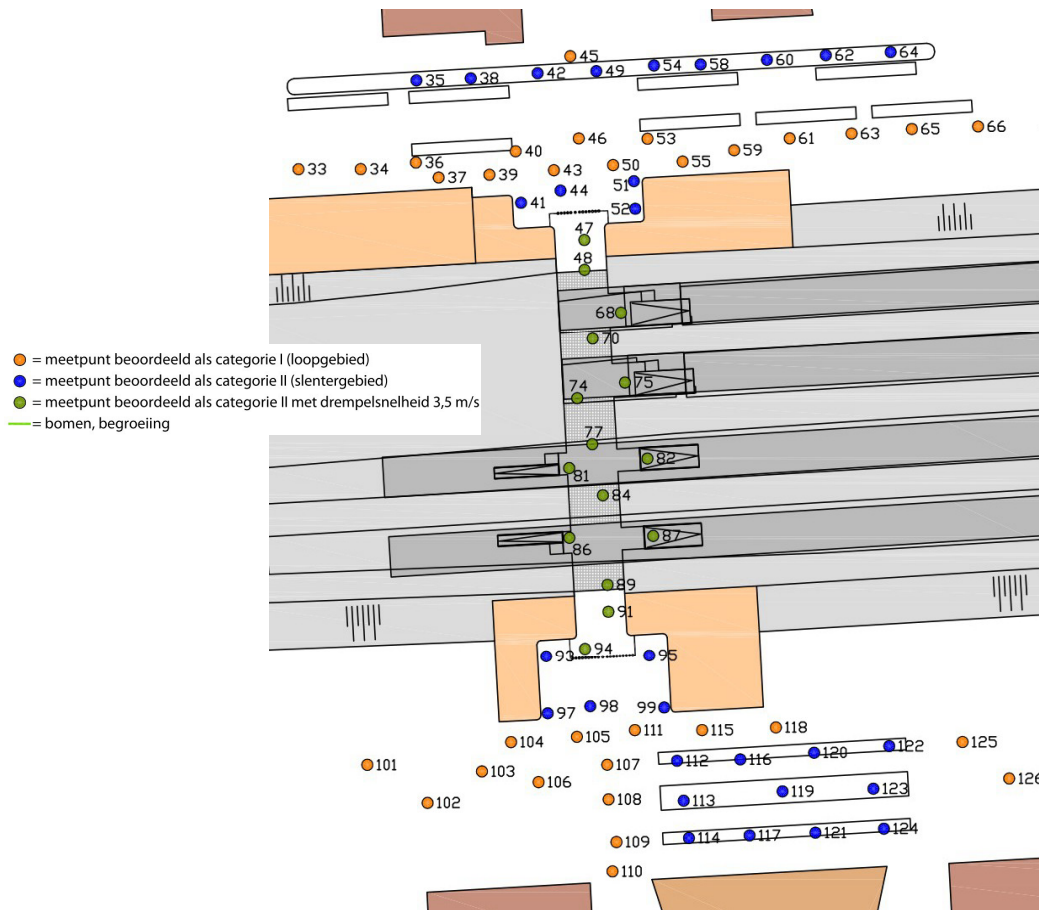
3.1 Brittenpassage

Een foto van het model van de Brittenpassage is weergegeven in figuur 3.1. Een overzicht van de categorie-indeling van meetpunten in de Brittenpassage is weergegeven in figuur 3.2 (begane grond niveau) en figuur 3.3 (perron niveau). De oranje punten worden hierbij beoordeeld als doorloopgebied (categorie I), de blauwe punten als slentergebied (categorie II) en de groene punten als slentergebied met aangepaste drempelsnelheid. De resultaten van de metingen worden getoond in de figuren 3.4 en 3.5 en in bijlage 2, figuren 3 en 4.

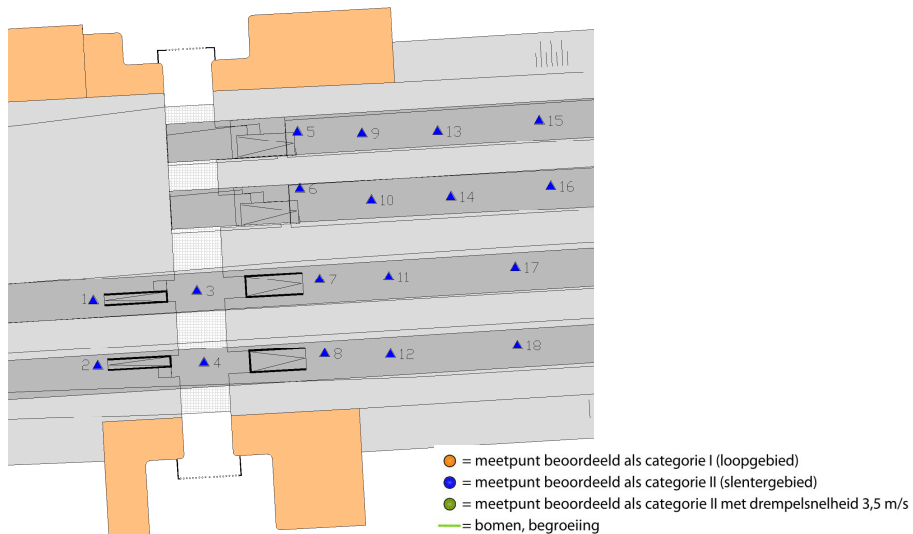
f3.1 Foto van het model van de Brittenpassage



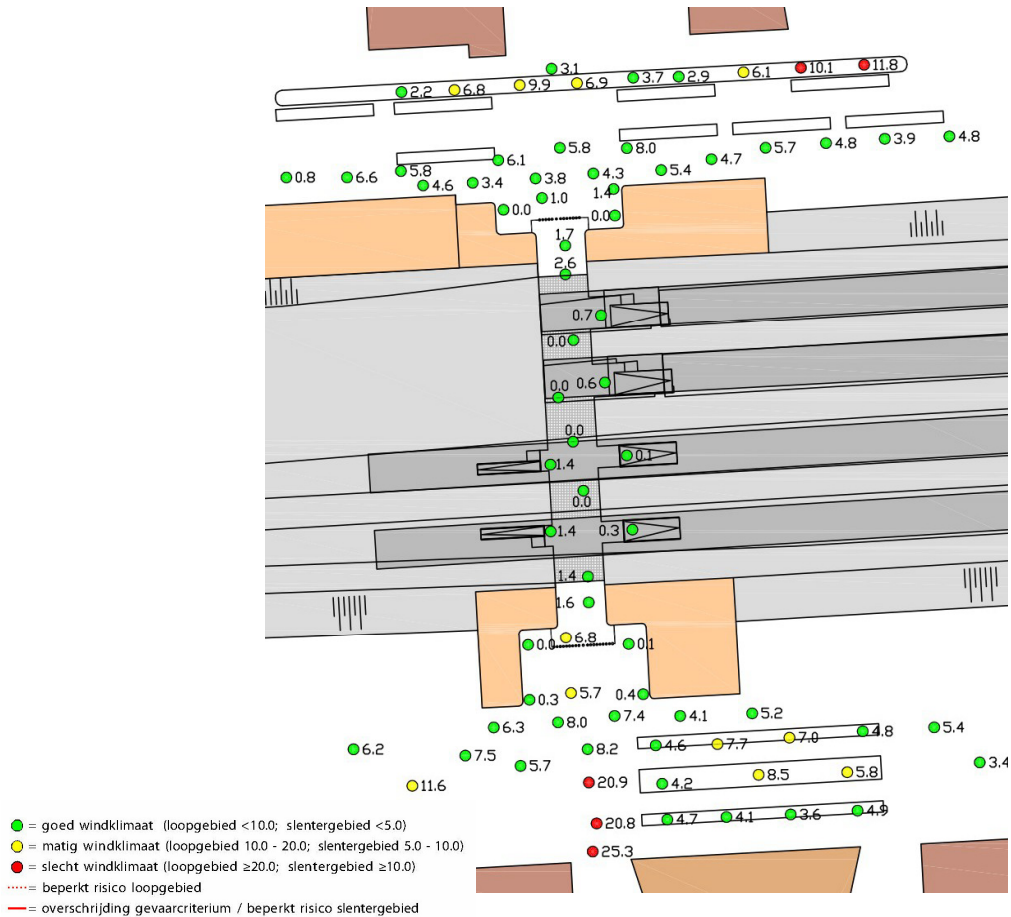
f3.2 Meetpunten en categorie-indeling Brittenpassage (BG-niveau)



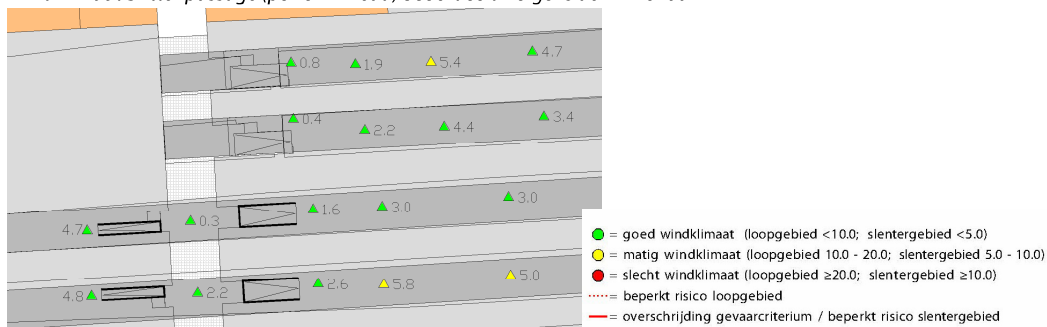
f3.3 Meetpunten en categorie-indeling Brittenpassage (perron-niveau)



f3.4 Windklimaat Brittenpassage (BG-niveau) beoordeeld volgens de NEN 8100, met drempelwaarde 3,5 m/sec in de passage



f3.5 Windklimaat Brittenpassage (perron-niveau) beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit de resultaten blijkt dat in en rond de Brittenpassage op de meeste punten een gunstig windklimaat verwacht mag worden. Uitzondering hierop zijn de gebieden die direct beïnvloed worden door de omringende bebouwing, met name op meetpunten 108, 109 en 110, waar een voor doorloopgebied slecht windklimaat verwacht wordt. Dit ongunstige windklimaat wordt bepaald door wind die tussen de gebouwen door stroomt in noordelijke richting en ligt dan ook buiten de invloedssfeer van het station.

Het te verwachten windklimaat op de busperrons aan de noordzijde kent forse verschillen. Lokaal is het te verwachten windklimaat goed, op plaatsen waar de naastliggende hoogbouw het windklimaat bepaald lokaal slecht. Het windklimaat kan hier eventueel verbeterd worden door het plaatsen van schermen of abri constructies. Het te verwachten windklimaat op de tramperrons aan de zuidzijde van het station is goed tot matig. Ook hier zou met behulp van schermen of abri's het windklimaat verder verbeterd kunnen worden. Hetzelfde geldt voor het windklimaat op de perrons van het treinstation.

Het te verwachten windklimaat in de Brittenpassage zelf is gunstig. Op alle meetpunten op één na is het te verwachten windklimaat beoordeeld als slentergebied met de aangepaste drempelsnelheid van 3,5 m/s goed, op één punt matig. Hiermee wordt voldaan aan eisen als genoemd in 2.2.3 zoals die aan het windklimaat gesteld zijn.

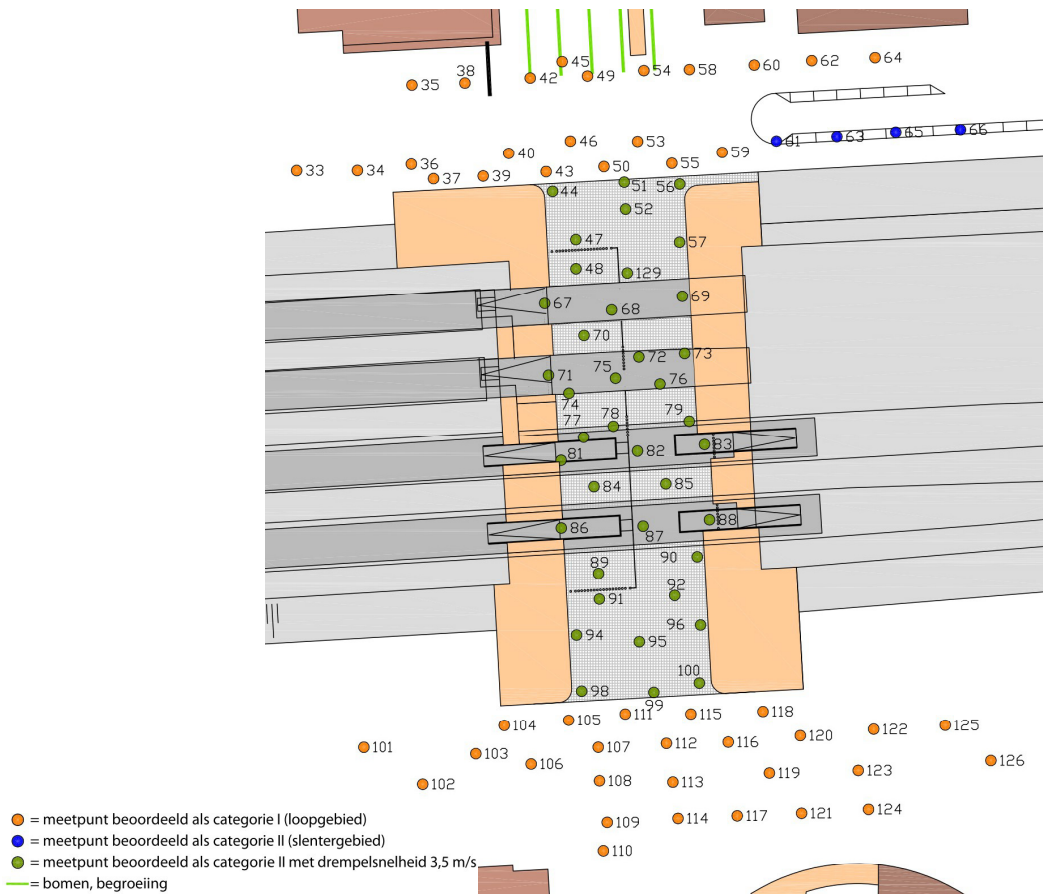
3.2 Minervapassage

Een foto van het model van de Minervapassage is weergegeven in figuur 3.6. In het model is het bestaande scherm aan de hoek van het WTC-gebouw ten noorden van het station in de basismeting niet mee gemodelleerd, omdat het nog niet zeker is of dit scherm in de toekomst blijft staan. Een overzicht van de categorie-indeling van meetpunten in de Minervapassage is weergegeven in figuur 3.7 (begane grond niveau) en figuur 3.8 (perron niveau). De oranje punten worden hierbij beoordeeld als doorloopgebied (categorie I), de blauwe punten als slentergebied (categorie II) en de groene punten als slentergebied met aangepaste drempelsnelheid. De resultaten van de metingen worden getoond in de figuren 3.9 en 3.10 en in bijlage 2, figuren 3 en 4.

f3.6 Maquette Minervapassage.



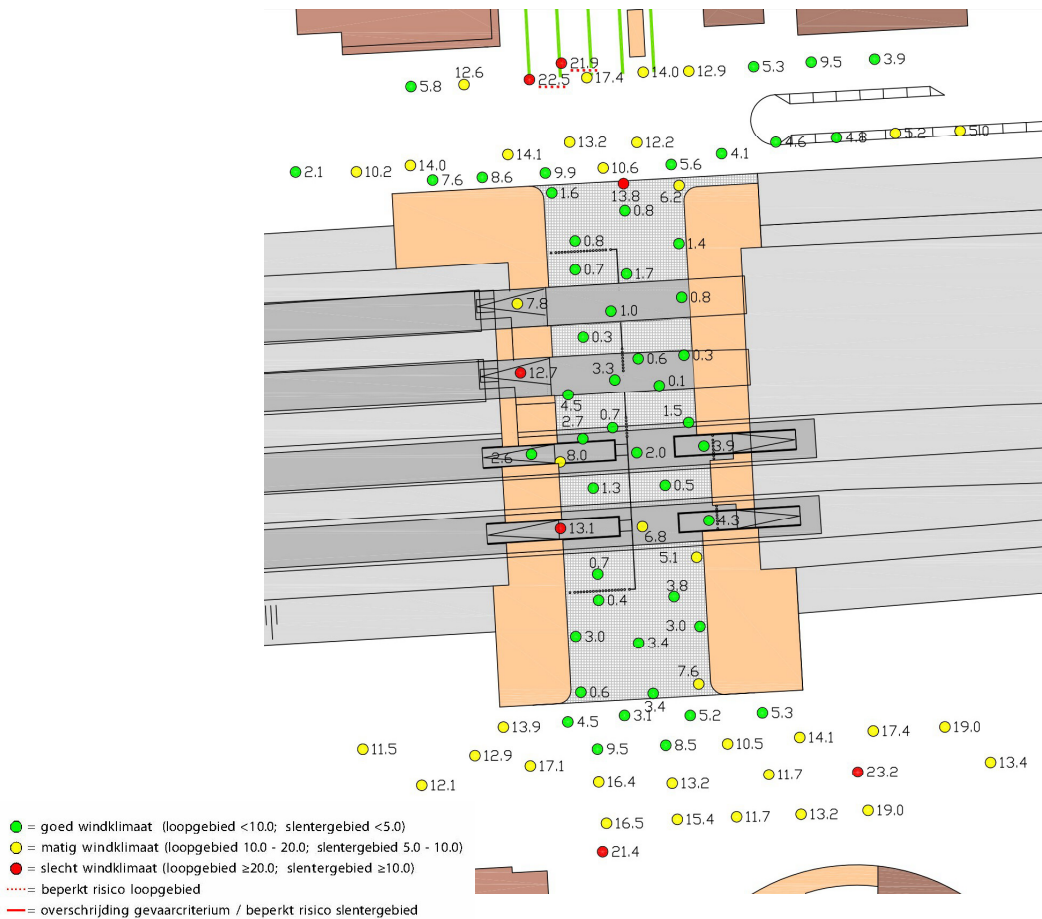
f3.7 Meetpunten en categorie-indeling Minervapassage (BG-niveau)



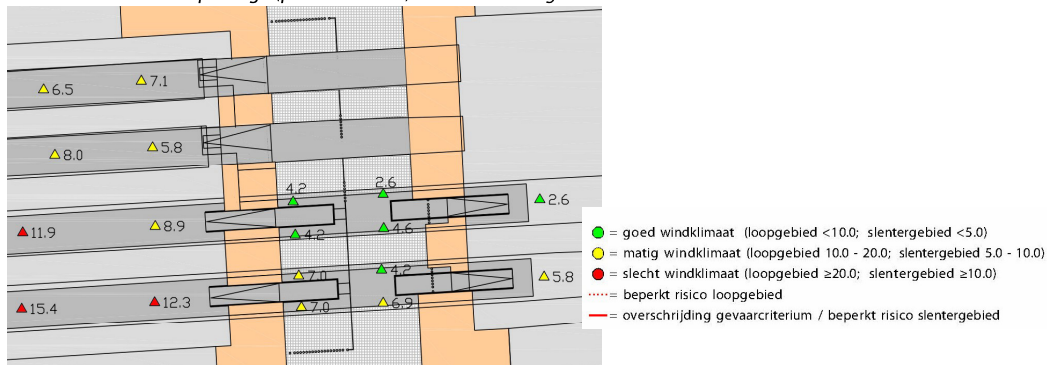
f3.8 Meetpunten en categorie-indeling Minervapassage (perron-niveau)



f3.9 Windklimaat Minervapassage (BG-niveau) beoordeeld volgens de NEN 8100, met drempelwaarde 3,5 m/sec in de passage



f3.10 Windklimaat Minervapassage (perron-niveau) beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit de resultaten blijkt ten noorden en ten zuiden van de Minervapassage een veelal matig, lokaal slecht windklimaat verwacht wordt. Aan de noordzijde is het lokaal slechte windklimaat te wijten aan het verwijderen van het scherm bij het WTC, waardoor er op een

tweetal punten zelfs sprake is van een beperkt risico op windgevaar. Aan de zuidzijde is de bestaande hoogbouw de oorzaak van het ongunstige windklimaat.

Het windklimaat op de perrons van het treinstation is bij de Minerva passage aanzienlijk minder gunstig als bij de Brittenpassage. Op de perrons wordt een voor slentergebied veelal matig tot slecht windklimaat verwacht. Dit wordt wellicht verklaard door de meer open ligging voor de zuidwesten wind in vergelijking met de Brittenpassage.

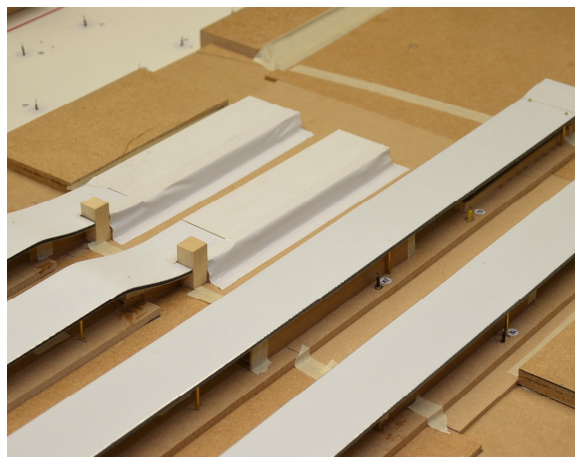
Het te verwachten windklimaat in de passage zelf is op de meeste punten, beoordeeld als slentergebied met aangepaste drempelsnelheid van 3,5 m/s, goed. Uitzondering hierop zijn de toegangen van de passage, waar de invloed van de langstreckende wind nog merkbaar is, en de punten bij de verschillende trapopgangen aan de westzijde van de passage. Op deze punten is de invloed van het minder gunstige windklimaat op de perrons goed merkbaar. Bij wind uit zuidwestelijke richtingen stroomt lucht via de trapopgangen naar beneden, waardoor in de passage lokaal hogere snelheden gevonden worden. Lokaal wordt een slecht windklimaat gevonden, waarmee niet voldaan wordt aan de gestelde eisen. Ter plaatse van punt 87 wordt een matig windklimaat verwacht. Dit wordt waarschijnlijk verklaard door het feit dat dit punt net na een verlaging in de hoogte van de doorgang ligt, in combinatie met de omstroming van de daar aanwezige lift.

Teneinde vast te kunnen stellen of het lokaal ongunstige windklimaat met relatief beperkte middelen verbeterd kan worden, zijn een aantal variantmetingen uitgevoerd, met name gericht op het verminderen van de windsnelheden over de trappen.

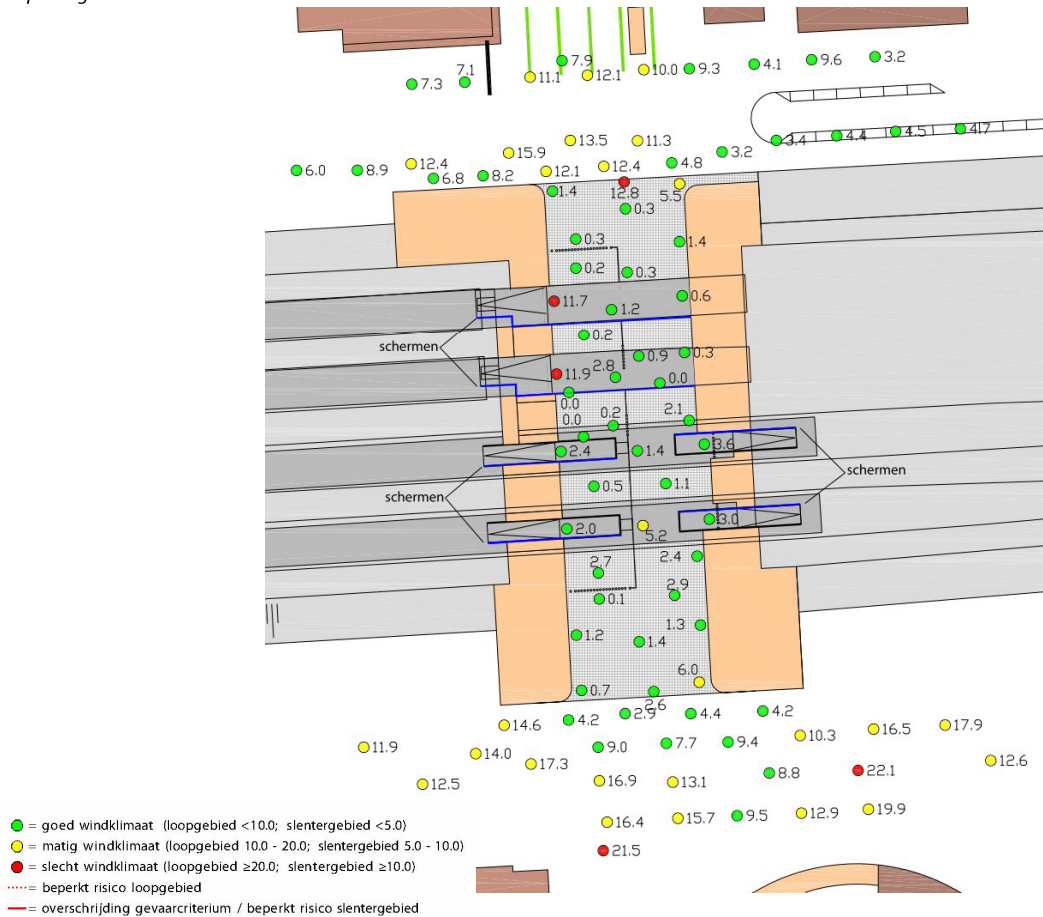
3.3 Variant A

In variantmeting A zijn de verschillende trapopgangen aan de westzijde van de doorgang voorzien van schermen (zie figuur 3.11). Deze zijn geplaatst aan de zuidzijde van de trapopgangen, zodat ze afscherming bieden voor de zuidwesten wind. De trapopgangen aan de oostzijde zijn voorzien van een scherm aan de noordzijde. Daarnaast zijn een aantal trapopgangen wat nauwkeuriger gemodelleerd. Het scherm aan het WTC-gebouw is teruggeplaatst, zodat de invloed daarvan op het windklimaat ook inzichtelijk gemaakt kan worden. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.12 en 3.13.

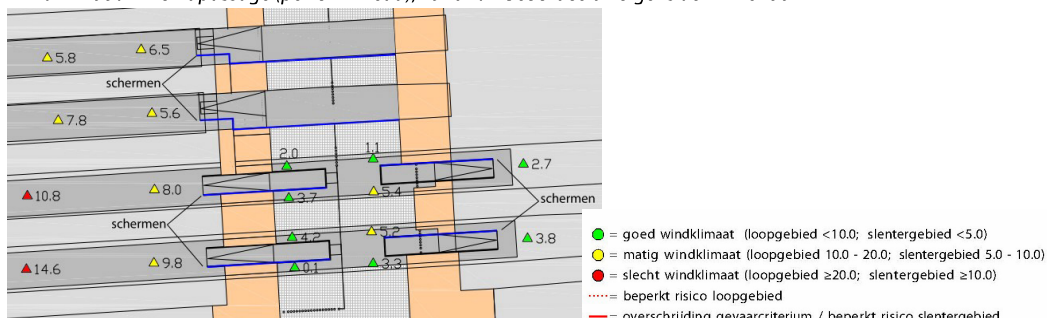
f3.11 Maquette variant A.



f3.12 Windklimaat Minervapassage (BG-niveau), variant A beoordeeld volgens de NEN 8100, met drempelwaarde 3,5 m/sec in de passage



f3.13 Windklimaat Minervapassage (perron-niveau), variant A beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit de resultaten blijkt dat het scherm aan het WTC-gebouw de problemen met het windklimaat in het gebied ten oosten van het scherm effectief vermindert. Er wordt in het gebied nu een voor doorloopgebied matig tot goed windklimaat verwacht.

Het windklimaat bij de twee zuidelijke trapopgangen wordt door de schermen effectief verbeterd. Op de punten onder aan de trap wordt nu met de aangepaste drempelsnelheid

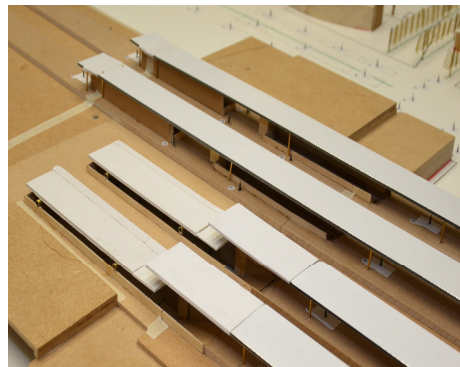
een goed windklimaat verwacht voor slentergebied. Het windklimaat bij de twee noordelijk trapopgangen profiteert niet van de aanwezigheid van de schermen. Door de aanpassing van de geometrie is het verwachte windklimaat op punt 67 zelfs minder goed geworden. Bij beide trapopgangen wordt nu een slecht windklimaat verwacht. Dit wordt waarschijnlijk verklaard door het feit dat de overkapping bij de trap naar beneden buigt, waardoor geleiding van de wind naar het lager gelegen niveau plaatsvindt.

Op perronniveau wordt lokaal door de afschermdende werking van de schermen een gunstiger windklimaat gevonden dan in de basissituatie.

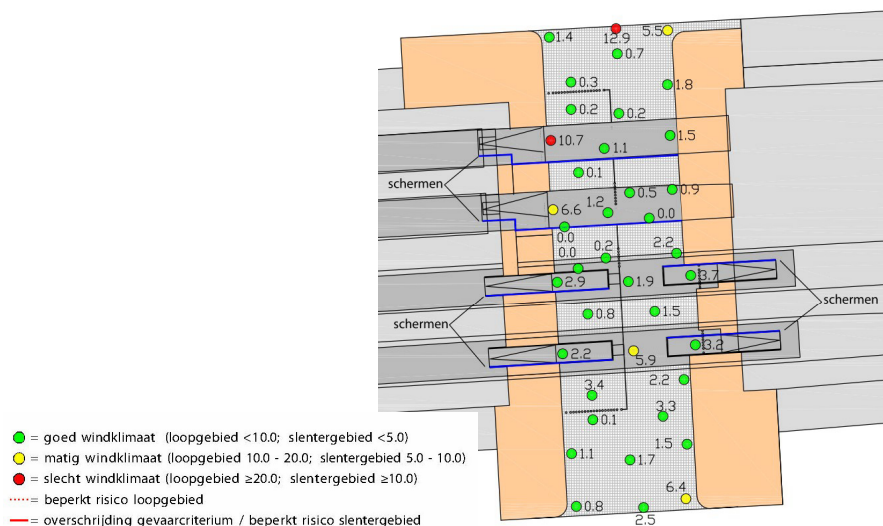
3.4 Variant B

In variantmeting B is het onderzocht of het wijzigen van de vorm van de overkapping een positief effect heeft op het te verwachten windklimaat. De gebogen kappen zijn daarbij vervangen door twee, gedeeltelijk overlappende kappen, zie figuur 3.14. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.15.

f3.14 Maquette variant B.



f3.15 Windklimaat Minervapassage, variant B beoordeeld volgens de NEN 8100, met drempelwaarde 3,5 m/s.



Uit de resultaten blijkt dat het windklimaat op punt 71 significant verbetert, maar met de aangepaste drempelsnelheid nog wel matig blijft. Het windklimaat op punt 67 verbetert nauwelijks, en blijft slecht. Dit verschil tussen de twee trapopgangen wordt wellicht verklaard doordat de stroming over de trapopgangen voor den deel wordt veroorzaakt door een onderdruk op de noordelijke opening van de passage, waardoor de trapopgang het dichtst bij de opening het sterkst wordt beïnvloed. Het effectief vergroten van de opening in het dak van de passage kan daarom een positief effect hebben op het te verwachten windklimaat ter plaatse van de trap. Deze grotere opening geeft de mogelijkheid tot "drukvereffening" waardoor er minder lucht over de trap wordt aangezogen.

3.5 Variant C

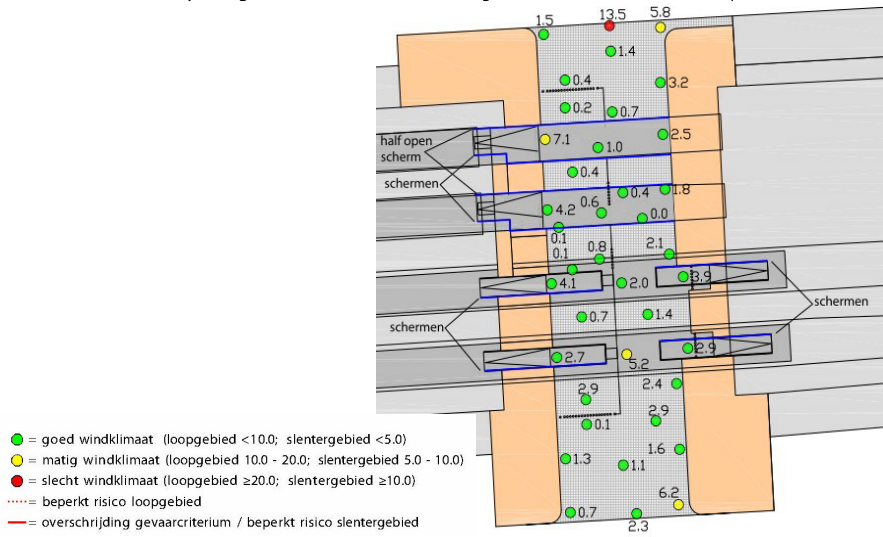
In variantmeting C is het onderzocht of het het openen van de doorgang een positief effect heeft op het te verwachten windklimaat. De verspringing in de kap is daartoe verwijderd, zodat deze nu net als de zuidelijk overkappingen doorloopt. Teneinde regeninslag te voorkomen is aan de noordzijde van de overkapping een half-open scherm gemodelleerd, zie figuur 3.16. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.17.

f3.16 Maquette variant C.



Uit de resultaten blijkt dat het windklimaat in de situatie met grotere opening inderdaad leidt tot een verbetering van het windklimaat onder aan de trapopgangen. Op punt 67 wordt nu met de aangepaste drempelsnelheid een voor slentergebied matig windklimaat verwacht, op punt 71 verbetert het te verwachten windklimaat tot goed. Op een aantal punten in de passage wordt het te verwachten windklimaat door de grotere opening wel wat minder gunstig (uiteindelijk leidt de grotere opening tot een groter luchtdebiet), maar dit leidt nergens tot een wijziging in de beoordeling van het te verwachten windklimaat.

f3.17 Windklimaat Minervapassage, variant C beoordeeld volgens de NEN 8100, met drempelwaarde 3,5 m/sec.



4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Projectbureau Zuidasdok met begeleiding door het Ingenieursbureau Zuidasdok is een windtunnelonderzoek uitgevoerd aan een schaalmodel van Station Amsterdam Zuid WTC, inclusief de bestaande stedenbouwkundige omgeving van het project. Doel van het onderzoek is het formuleren van haalbare eisen op gebied van windhinder waarbij het referentieontwerp als toetsmodel gehanteerd is. De focus bij de beoordeling ligt op de twee passages en de perrons. Naar aanleiding van de eerste meetresultaten is vervolgonderzoek uitgevoerd met betrekking tot windafschermende maatregelen teneinde vast te kunnen stellen of met beperkte maatregelen binnen de gestelde ontwerpeisen een acceptabel windklimaat te realiseren is.

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

- Het te verwachten windklimaat op het maaiveld ten noorden en ten zuiden van de Brittenpassage is relatief gunstig. Lokaal kan het windklimaat op bus- en tramperrons middels schermen of abri's verder verbeterd worden. Onder invloed van de omringende hoogbouw wordt op een aantal punten een matig tot slecht windklimaat verwacht.
- Het windklimaat op de perrons boven de Brittenpassage is beoordeeld als slentergebied veelal goed, op enkele punten juist matig.
- Het te verwachten windklimaat in de Brittenpassage beoordeeld als slentergebied met een aangepaste drempelsnelheid van 3,5 m/s, is op vrijwel alle punten goed, bij de zuidelijke toegang tot de passage op één punt matig, en voldoet hiermee aan de gestelde eisen.
- Het windklimaat op het maaiveld ten noorden en ten zuiden van de Minervapassage is minder gunstig. Zonder maatregelen wordt een veelal matig, lokaal slecht windklimaat verwacht.
- Het windklimaat bij de hoek van het WTC-gebouw is zonder het nu aanwezige scherm slecht, waarbij sprake is van een beperkt risico op windgevaar, met het scherm matig.
- Het te verwachten windklimaat op de perrons boven de Minervapassage is, beoordeeld als slentergebied, veelal slecht tot matig.
- Zonder aanvullende maatregelen voldoet het windklimaat onder aan de trapopgangen in de Minervapassage niet aan de gestelde eisen (minimaal matig bij een drempelsnelheid van 3,5 m/s). Ook aan de noordelijke rand van de passage is er zeer lokaal sprake van een beoordeling slecht.
- Door het aanpassen van de vorm van de overkappingen in combinatie met het plaatsen van schermen is het windklimaat in de Minervapassage ter plaatse van de trapopgangen effectief te optimaliseren, waarmee voldaan kan worden aan de eis dat het windklimaat in de gebieden onder aan de trappen, tot 5 m. vanaf de trap minimaal de kwalificatie "matig" voor slenteren heeft.

Concluderend kan gesteld worden dat met het referentiemodel het windklimaat ter plaatse van de Brittenpassage zonder aanvullende maatregelen voldoet aan de door de opdrachtgever gestelde eisen, en dat het windklimaat in de Minervapassage met relatief beperkte ingrepen aan de gestelde eisen kan voldoen.



Mook,

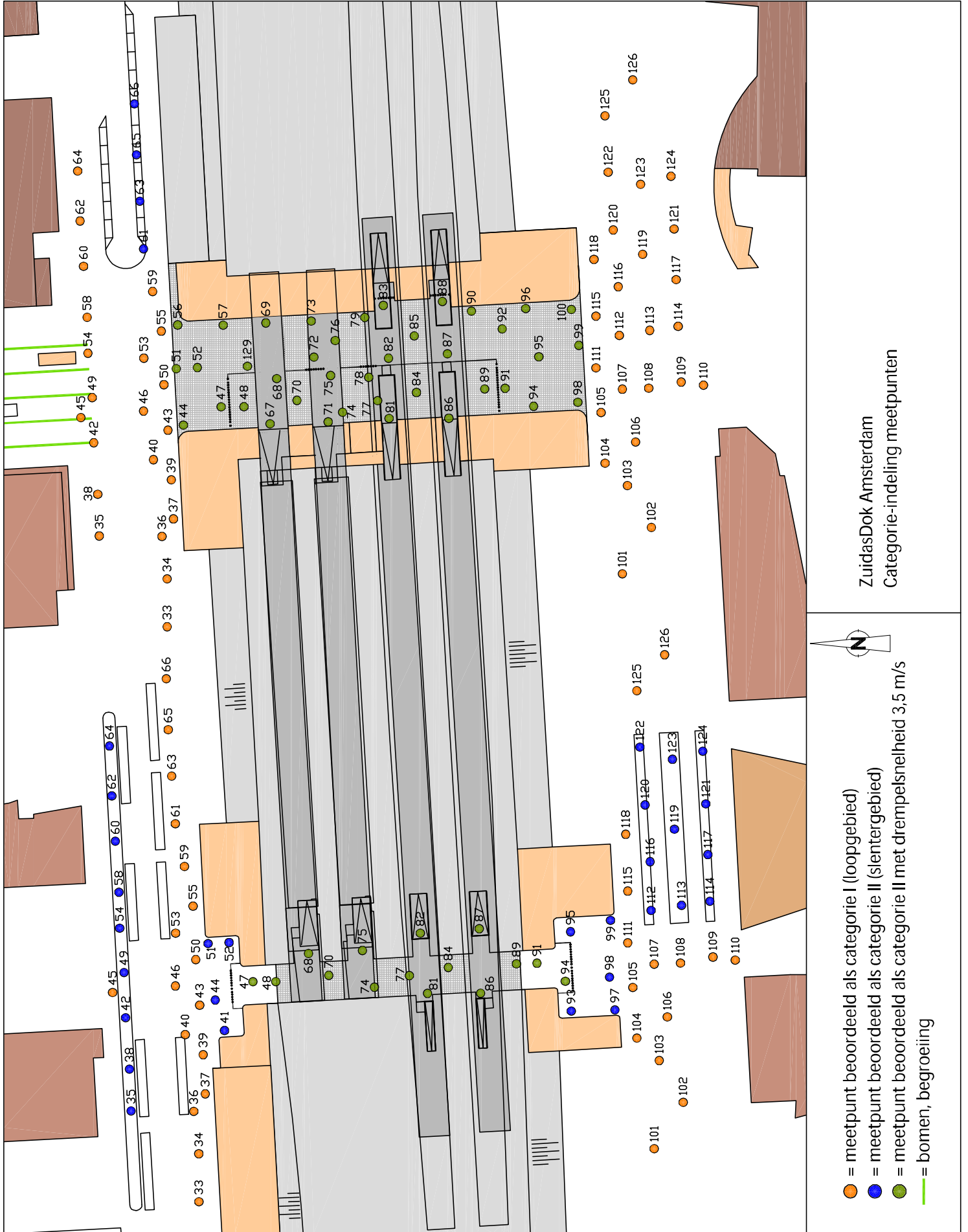
Dit rapport bevat 25 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel windtunnelsimulatie.

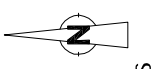
Bijlage 2: Overzichtstekening van de meetpunten in het gebied en de resultaten van de basismeting.

Bijlage 1 Technisch inlegvel windtunnelsimulatie

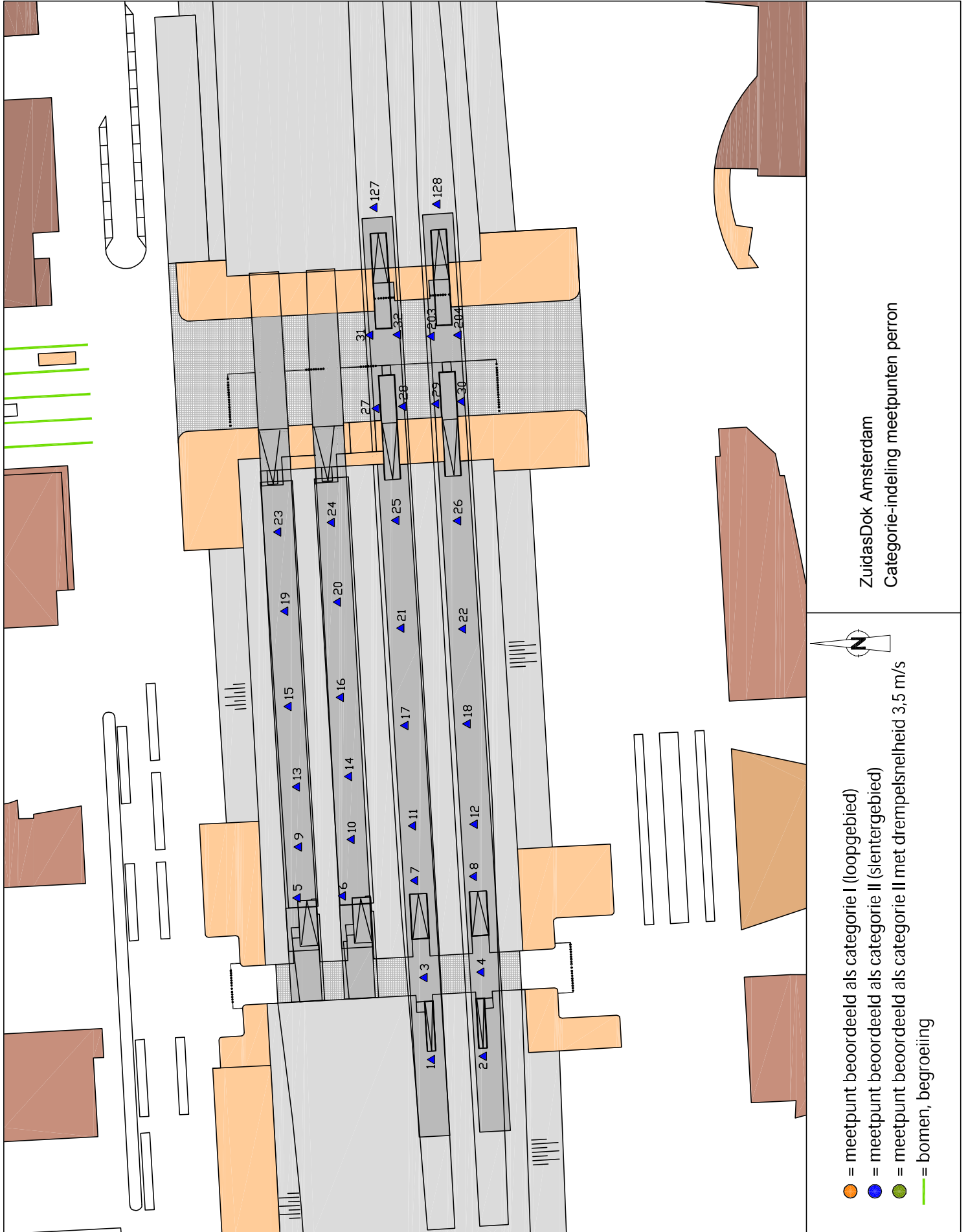
Project		Projectgegevens		
Projectnaam	Station Amsterdam Zuid WTC			
Opdrachtgever	Projectbureau Zuidasdok met begeleiding door het Ingenieursbureau Zuidasdok			
Projectleider	dr. ir. L. Aanen			
Datum	13 november 2015			
Model		Algemene gegevens van het model		
Schaal	1 : 200			
Blokkeringsgraad	< 10%, waarbij gecorrigeerd is voor de ten gevolge van de blokkering optredende snelheidsverhoging			
Omvang gemodelleerd gebied	een tweetal cirkels met een straal van 240 meter			
Kerngebied	gebied met de passages			
Omgeving	stedelijk bebouwd gebied			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie d.m.v. gevouwen gaas			
Onderzochte configuraties	<ul style="list-style-type: none"> Brittenpassage: geplande bebouwingssituatie Minervapassage: geplande bebouwingssituatie en drie aanvullende metingen 			
Meetopstelling		Informatie over de meetopstelling		
Gesimuleerde grenslaag	stedelijke bebouwing			
<ul style="list-style-type: none"> kalibratiedatum 	ijking conform kwaliteitssysteem			
Meetpunten en meethoogte	in totaal 126 meetpunten; meethoogte 1,75 m. Een deel van de meetpunten is aangebracht op de perrons.			
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Tunnelregeling				
<ul style="list-style-type: none"> kalibratiedatum kalibratie-instantie 	meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem intern			
Instrumenten				
<ul style="list-style-type: none"> kalibratiedatum 	meetapparatuur wordt jaarlijks gecontroleerd cq geijkt conform kwaliteitssysteem			
Gegevensverwerking en -beoordeling		Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat		
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 119841 Y = 483563			
Toegepaste eisen	v_{DR} m/s	Gewenste kwaliteitsklasse	Overschrijdingskans %	Beoordeling
Voor comfort in de gebieden buiten de passages			$p(v_{LOK} > v_{DR,H})$	
Doorlopen	5,0	≤ D	< 20	≤ matig
Slenteren	5,0	≤ C	< 10	≤ matig
Zitten	5,0	≤ B	< 5	≤ matig
Voor comfort in de gebieden binnen de passages	Zie de eisen zoals beschreven in paragraaf 2.2.3			
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				

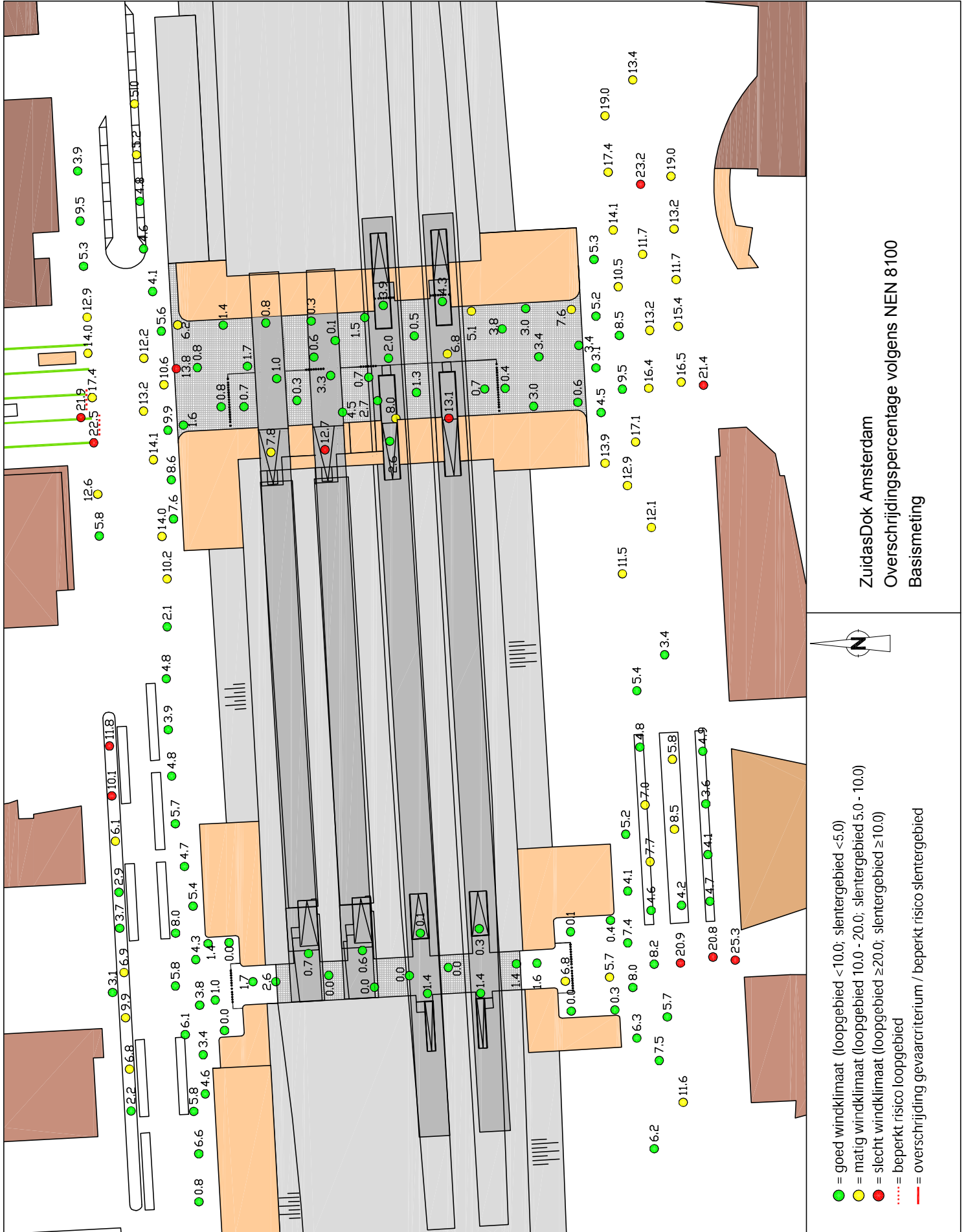


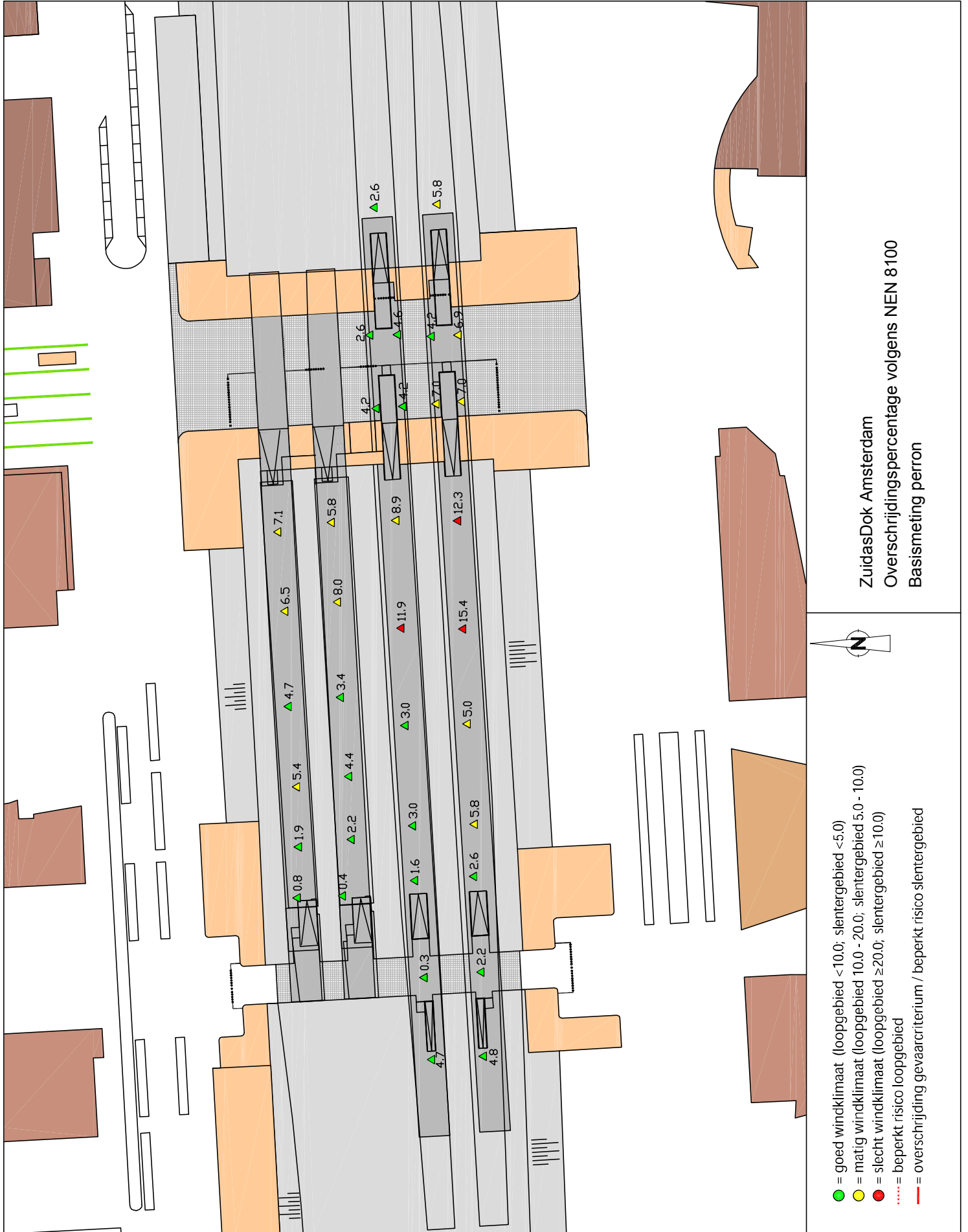
ZuidasDok Amsterdam
Categorie-indeling meetpunten



- = meetpunt beoordeeld als categorie I (loopgebied)
- = meetpunt beoordeeld als categorie II (slechtergebied)
- = meetpunt beoordeeld als categorie II met drempelsnelheid 3,5 m/s
- = bomen, begroeiing







Financiering

× Gemeente
× Amsterdam



Ministerie van Infrastructuur en Milieu

 Provincie
Noord-Holland



Medegefinancierd door de Europese Unie
Trans-Europees vervoersnetwerk (TEN-T)

In deze publicatie wordt slechts de mening van de auteur weer-
gegeven. De Europese Unie is niet aansprakelijk voor het gebruik
dat eventueel wordt gemaakt van de informatie in deze publicatie.