

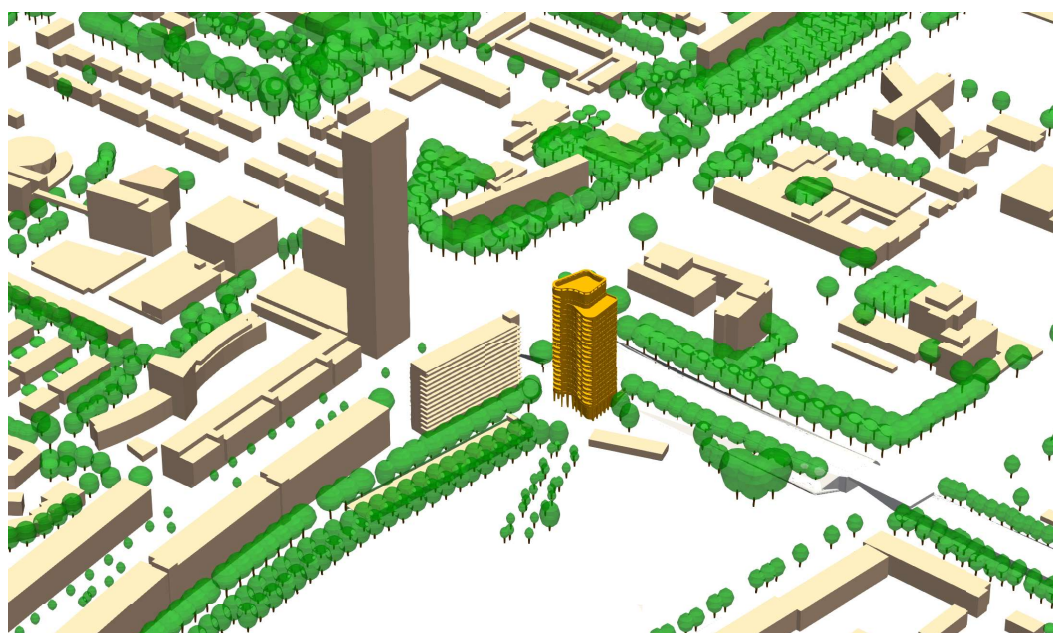


Woontoren Hazelaarstraat Tilburg

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Woontoren Hazelaarstraat Tilburg

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever Spoorpark Ontwikkeling B.V.
rapportnummer O 16549-5-RA-005
datum 1 februari 2022
referentie OO/JA//O 16549-5-RA-005
verantwoordelijke O.E. Otten
opsteller ir. J.T. Akhnoukh
 +31 858228676
 j.akhnoukh@peutz.nl

peutz bv, postbus 696, 2700 ar zoetermeer, +31 85 822 87 00, zoetermeer@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 uitgangspunten	6
2.1	Beslismodel NEN 8100	6
2.2	Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	6
2.2.1	Windhinder	6
2.2.2	Windgevaar	7
2.3	Windklimaat op de locatie	8
2.4	Simulatie windsnelheden met CFD	10
3	Rekenresultaten	11
4	Samenvatting en conclusies	14

1 Inleiding

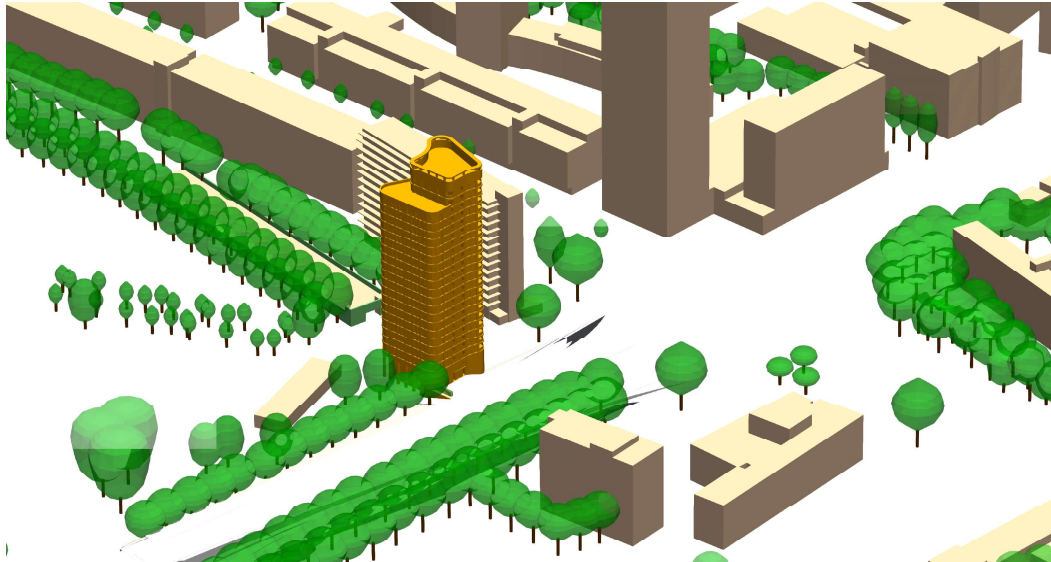
In opdracht van Spoorpark Ontwikkeling B.V. is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande woontoren aan de Hazelaarstraat te Tilburg.

Voor het vervaardigen van het CFD-model is onder meer gebruik gemaakt van een door Marquart Architecten aangeleverd 3D-model van de geplande bebouwing. De verdere stedenbouwkundige omgeving en begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In figuur 1.1 is een aanzicht van het model van de geplande situatie getoond inclusief toekomstige bomen. Dit model is een actualisatie van een in een eerder stadium doorgerekend ontwerp. Na aanleiding van tussentijdse resultaten met het nieuwe ontwerp is tevens een dichtbegroeide haag van 1,5 m hoog en 1 m breed naast de trap toegevoegd, zie figuur 1.2. In totaal is een gebied gemodelleerd van circa 1100 bij 1100 meter.

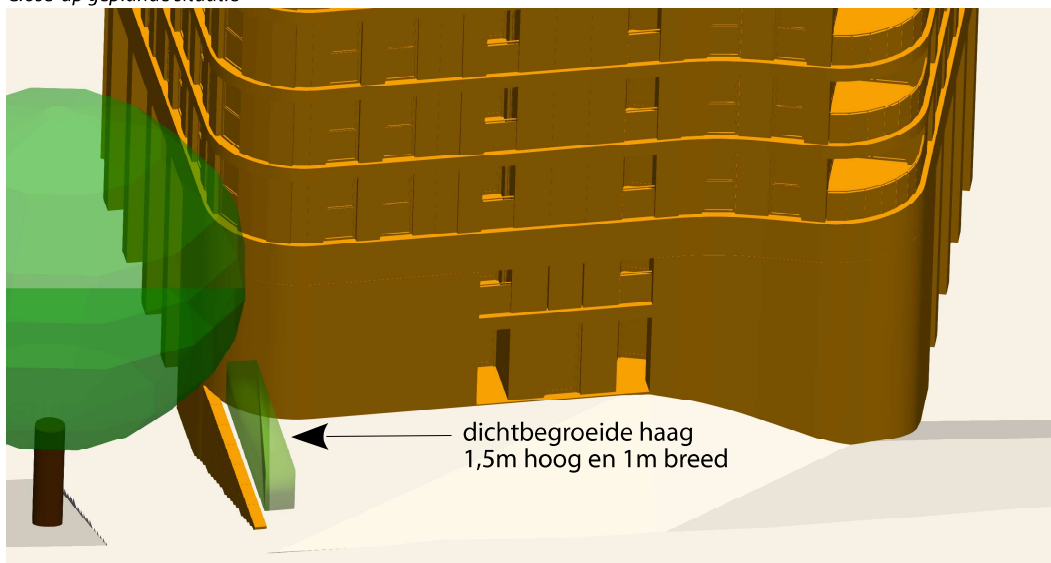
Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het verrichte onderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd. In hoofdstuk 2 worden de normstelling en uitgangspunten van het onderzoek toegelicht. De rekenresultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 van dit rapport. Tot slot is in hoofdstuk 4 een samenvatting van het onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

f1.1 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing (oranje) en de omgeving



f1.2 Close-up geplande situatie



2 Normstelling en uitgangspunten

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 windklimaatonderzoek nodig is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 meter wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk geacht. Gezien de geplande bouwhoogte van circa 77 meter, wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

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 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

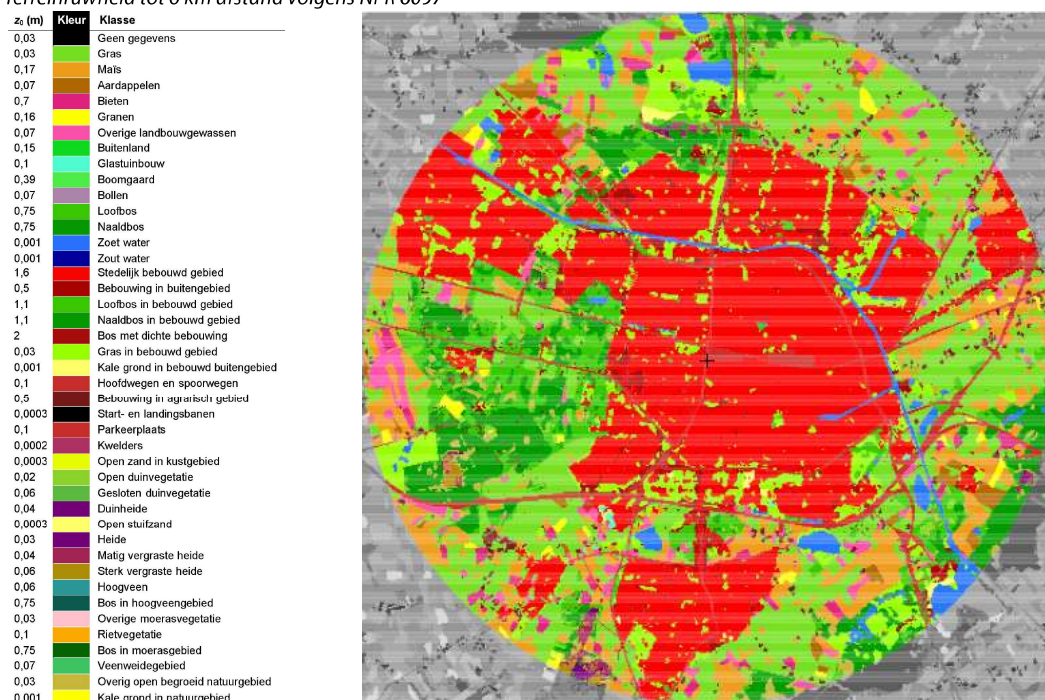
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 berekeningen 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 plan. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

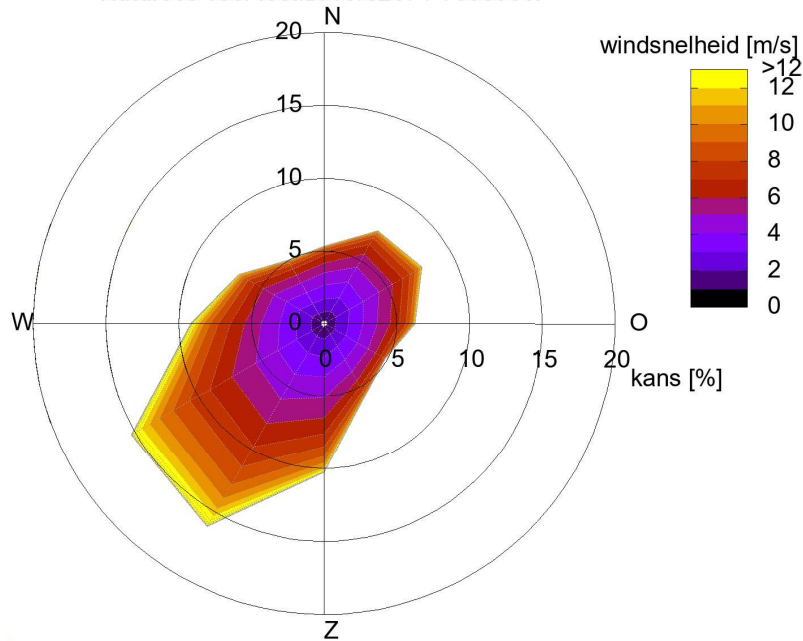
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X132674 Y396961.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar											
Positie X132674 Y396961 Jaar 1963-2002											
totaal aantal uren: 8766.2											
gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.3											
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	330°
0.0 - 0.9	18.6	21.6	21.2	17.6	19.3	18.9	21.0	20.4	21.3	18.5	20.5
1.0 - 1.9	56.0	65.7	60.9	51.6	55.2	56.5	72.0	69.7	68.3	60.9	64.5
2.0 - 2.9	77.3	95.9	91.4	78.1	80.1	85.0	109.9	114.1	104.8	89.9	86.6
3.0 - 3.9	82.3	107.8	98.0	87.9	80.2	91.0	119.4	151.3	130.3	103.1	93.6
4.0 - 4.9	72.2	103.2	112.4	86.3	72.8	85.0	125.4	171.6	154.7	110.3	86.0
5.0 - 5.9	60.2	89.9	94.1	77.4	50.5	62.0	120.1	170.8	162.8	99.0	73.1
6.0 - 6.9	45.6	65.8	70.3	54.5	34.5	40.3	96.8	158.3	154.6	85.2	60.7
7.0 - 7.9	26.0	42.8	51.0	39.5	20.5	28.9	78.9	142.5	139.3	71.7	44.0
8.0 - 8.9	14.1	25.4	36.0	26.0	0.5	16.4	57.7	124.4	115.6	50.5	27.6
9.0 - 9.9	7.4	16.2	20.6	15.0	3.5	10.1	40.1	93.3	93.4	39.2	17.5
10.0 - 10.9	4.5	7.1	13.2	8.2	1.3	4.7	25.8	72.6	68.7	27.5	11.7
11.0 - 11.9	1.8	2.9	7.2	4.5	0.2	1.9	14.4	50.0	51.7	17.4	5.8
12.0 - 12.9	1.1	1.7	2.8	2.4	0.3	0.6	8.9	31.1	29.4	12.9	2.5
13.0 - 13.9	0.4	0.4	0.4	0.7		0.3	3.8	19.5	20.0	7.3	1.5
14.0 - 14.9		0.1	0.3	0.4		0.1	1.9	10.9	12.0	4.6	0.6
15.0 - 15.9			0.1	0.1			1.0	5.9	6.2	2.5	0.4
16.0 - 16.9							0.7	3.2	3.3	1.6	0.2
17.0 - 17.9							0.3	1.6	1.8	1.2	0.1
18.0 - 18.9								1.0	1.1	0.3	
19.0 - 19.9								0.3	0.4	0.1	
20.0 - 20.9								0.2	0.1	0.1	
21.0 - 21.9									0.3	0.1	
22.0 - 22.9									0.1	0.1	
23.0 - 23.9									0.1	0.1	
24.0 - 24.9										0.1	
25.0 - 25.9											
26.0 - 26.9											
27.0 - 27.9											
28.0 - 28.9											
29.0 - 29.9											
30.0 - 30.9											
31.0 - 31.9											
32.0 - 32.9											
33.0 - 33.9											
34.0 - 34.9											
35.0 - 35.9											
36.0 - 36.9											
37.0 - 37.9											
38.0 - 38.9											
39.0 - 39.9											
aantal uren	467.5	646.5	679.9	550.2	426.9	501.7	898.1	1412.7	1340.3	804.1	597.0
gemiddelde snelheid	4.3	4.5	4.9	4.7	3.9	4.3	5.3	6.4	6.5	5.6	4.7

2.4 Simulatie windsnelheden met CFD

Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Als het gaat om relatief eenvoudige bebouwingssituaties, of bebouwingssituaties waar op voorhand van wordt verwacht dat geen grote windproblemen op gaan treden, kan worden volstaan met een numerieke simulatie met Computational Fluid Dynamics (CFD). In deze situatie is in overleg met de opdrachtgever van deze onderzoeksmethode uitgegaan. De rekenmethode is aan de hand van eerder uitgevoerde windtunnelprojecten gevalideerd.

De grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit ten aanzien van het temperatuurprofiel) aanwezig is wordt aan de rand van het CFD-model opgewekt zodat het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door de direct omliggende bebouwing en begroeiing mee te modelleren.

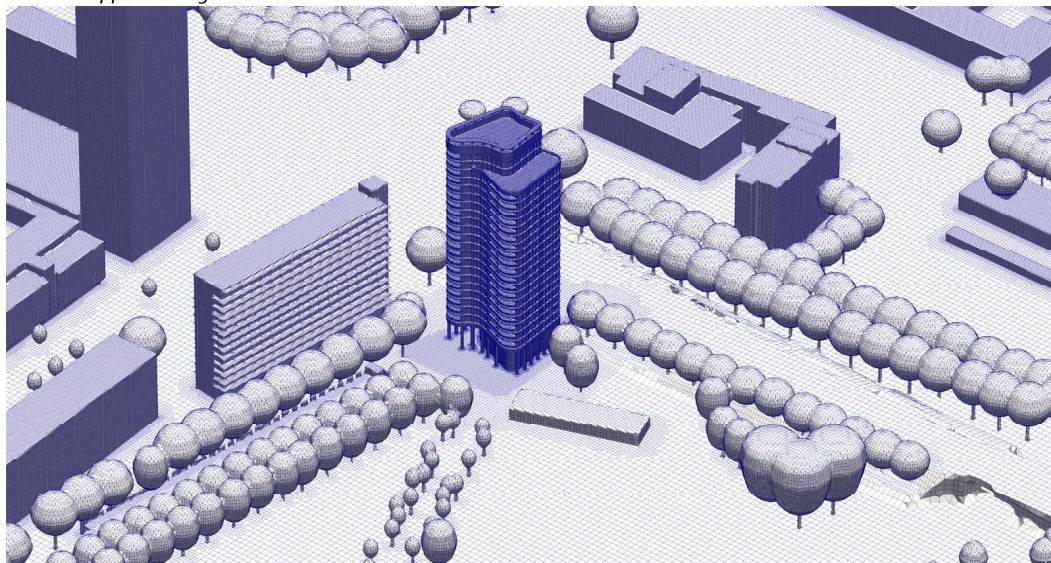
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskansen voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar 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.

In bijlage 1 is het technisch inlegvel, conform de NEN 8100, opgenomen. Het technisch inlegvel bevat een aantal rubrieken en aandachtspunten die een kort, schetsmatig overzicht geven van de relevante zaken van de CFD-berekeningen.

3 Rekenresultaten

In figuur 3.1 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande bebouwing.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel

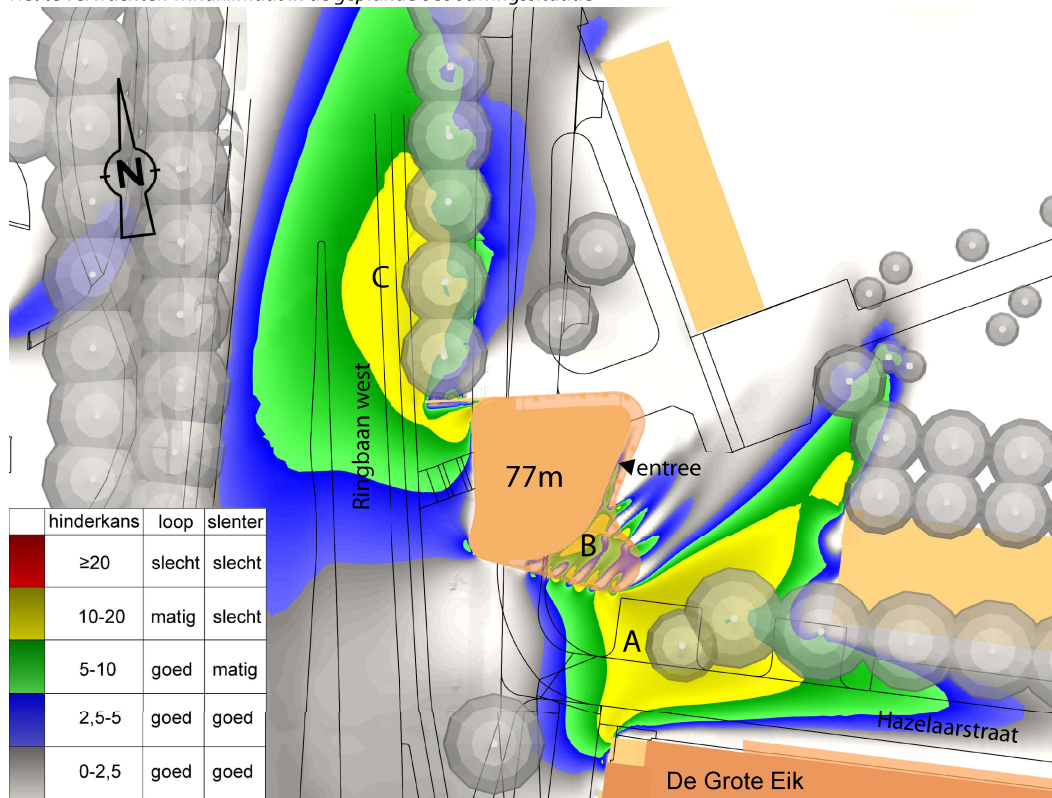


Het toekomstige windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

In figuur 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande bebouwingssituatie weergegeven. De kleuren zijn afgestemd op de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. Bij de beoordeling van het windklimaat wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën doorlopen en slenteren. Het criterium voor slenteren is van toepassing bij de gebouwentrees, verder wordt het criterium voor doorlopen gehanteerd. In slentergebieden wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. Het criterium voor langdurig zitten is niet toegepast.

Het aspect windgevaar wordt alleen tekstueel beoordeeld.

f3.2 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie



Uit de resultaten kan worden opgemaakt dat er naar verwachting enkele gebieden met een matig windklimaat voor lopen zullen zijn: het gebied A tussen de geplande toren en het bestaande flatgebouw ("De Grote Eik"), het gebied B onder de overkraging van de toren en het gebied C bij het voet- en fietspad lang de Ringbaan West.

De oorzaak van het matige windklimaat bij het gebied A is tweeledig. Ten eerste vormen de geplande toren en bestaande flat een vernauwing/trechter voor de wind waardoor deze wordt versneld. Ten tweede ligt deze vernauwing redelijk in lijn met het zuidwesten tot westen waardoor deze situatie tevens relatief vaak optreedt (zie paragraaf 2.3 over de windstatistiek). Achter de geplande toren ontstaat hierdoor wel een windluwe zone met een zuidwestelijke oriëntatie. Het windklimaat direct bij de hoofdentree van de geplande toren ligt op de grens tussen zeer plaatselijk matig en goed doordat wind vanuit gebied B langs de gevel waait. Vanaf minder dan een meter afstand van de hoofdentree is het windklimaat goed. De hoofdentree van De Grote Eik is niet gesitueerd aan de Hazelaarstraat, maar aan de zijde van de Hart van Brabantlaan en dus in de luwte en niet in de buurt van het gebied A. De geplande bovengrondse parkeergarage zorgt voor enige vernauwing van de aanstromende wind (en tegendruk).

Door de toevoeging van de haag langs de trap is het windklimaat op de trap grotendeels goed voor lopen. Geadviseerd wordt om een dergelijke bladhoudende dichtbegroeide haag aan te houden (1,5 m hoog en 1 m breed) en niet te kiezen voor een (stenen) borstwering.



De haag zorgt er namelijk voor dat de wind wordt afgeremd i.p.v. volledig geblokkeerd, waardoor verhoogde windsnelheden aan de rand van de haag worden voorkomen.

Op basis van de berekeningen wordt er in het gebied rond het plan geen overschrijding van het gevaarcriterium geprognosticeerd.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Spoorpark Ontwikkeling B.V. is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande woontoren aan de Hazelaarstraat te Tilburg. Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het toekomstige windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing.

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 het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Tussen de geplande toren en de bestaande woontoren De Grote Eik wordt een groot gebied met een matig windklimaat voor doorlopen verwacht. Dit komt mede door de interactie van de geplande toren met de bestaande woontoren, voornamelijk bij westelijke en zuidwestelijke wind.
- Ten noorden van het plan wordt een groot gebied met een matig windklimaat voor doorlopen verwacht. Hier ligt een voetpad en fietspad.
- Het windklimaat bij de hoofdentree van het plan is grotendeels goed en zeer plaatselijk matig.
- In het gebied rond het plan wordt geen overschrijding van het gevaaarcriterium geprognosticeerd.

Zoetermeer,



Dit rapport bevat 14 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Woontoren Hazelaarstraat Tilburg			
Opdrachtgever	Spoorpark Ontwikkeling B.V.			
Projectleider	ir. J.T. Akhnoukh / O.E. Otten			
Datum	1 februari 2022			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	1100 x 1100 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande bebouwing			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	1200 x 1200 x 500 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituatie met bestaande en toekomstige begroeiing			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFOAM 6			
	✓	FVM (eindige volume methode)		
	—	FEM (eindige elementen methode)		
	—	anders		
Algemeen	✓	drie-dimensionaal	—	twee-dimensionaal
	✓	tijd-onafhankelijk	—	tijd-afhankelijk
	✓	isothermisch	—	thermisch
	—	passieve scalairs	—	actieve scalairs
Rekenrooster	circa 30 miljoen cellen; verfijning t.p.v. de geplande bebouwing			
Turbulentiemodellering	k-ε-RNG-turbulentiemodel			
Convectieve differentieschema's	snelheidscomponenten: Gauss			
	turbulentie grootheden: Gauss			
	scalaire variabelen: -			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	logaritmisch snelheidsprofiel met z ₀ =0.7 m en bijbehorende profielen voor k en ε			
Uitlaat	constante druk			
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos			
Gegevensverwerking en -beoordeling	Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X = 132674 Y = 396961			
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		windhinder: figuren met p (V _{LOK} > v _{DR,H})-waarden, gevaar: tekstuele beoordeling		
Opmerkingen				