



Woningbouw Spaarndamseweg 13 te Haarlem

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Woningbouw Spaarndamseweg 13 te Haarlem

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever Wibaut
rapportnummer O 16087-7-RA-002
datum 25 augustus 2022
referentie OO/MaV/CJ/O 16087-7-RA-002
verantwoordelijke O.E. Otten
opsteller ir. M.A. Verbruggen
 +31 858 228 623
 m.verbruggen@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-9001:2015

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

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Normstelling en uitgangspunten	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 met CFD	9
3	Rekenresultaten	10
3.1	Geplande bebouwingssituatie zonder geplande begroeiing	10
3.2	Geplande bebouwingssituatie met geplande begroeiing	12
4	Samenvatting en conclusies	14

1 Inleiding

In opdracht van Wibaut is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing Woningbouw Spaarndamseweg 13 te Haarlem.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door Wibaut aangeleverd 3D model. De stedenbouwkundige omgeving en de begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 900 bij 900 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. Hierbij is de geplande situatie in de eerste instantie zonder geplande begroeiing doorgerekend. Naar aanleiding van deze resultaten is ook de situatie met de geplande begroeiing inzichtelijk gemaakt.

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*.

f1.1 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing zonder geplande begroeiing



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. Omdat de geplande bebouwing meer dan 50% boven de gemiddelde hoogte van de omgevingsbebouwing uitsteekt, is in deze situatie sprake van een onbeschutte ligging. De geplande bebouwing valt hiermee in de categorie onbeschut gelegen gebouwen tot 30 meter hoogte, waarvoor het oordeel van een windhinderdeskundige is vereist voor de beslissing of een windklimaatonderzoek noodzakelijk is. In dit geval wordt, gezien de zeer open ligging van het plangebied aan het water, een windklimaatonderzoek noodzakelijk geacht.

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 $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR;H}})$ 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

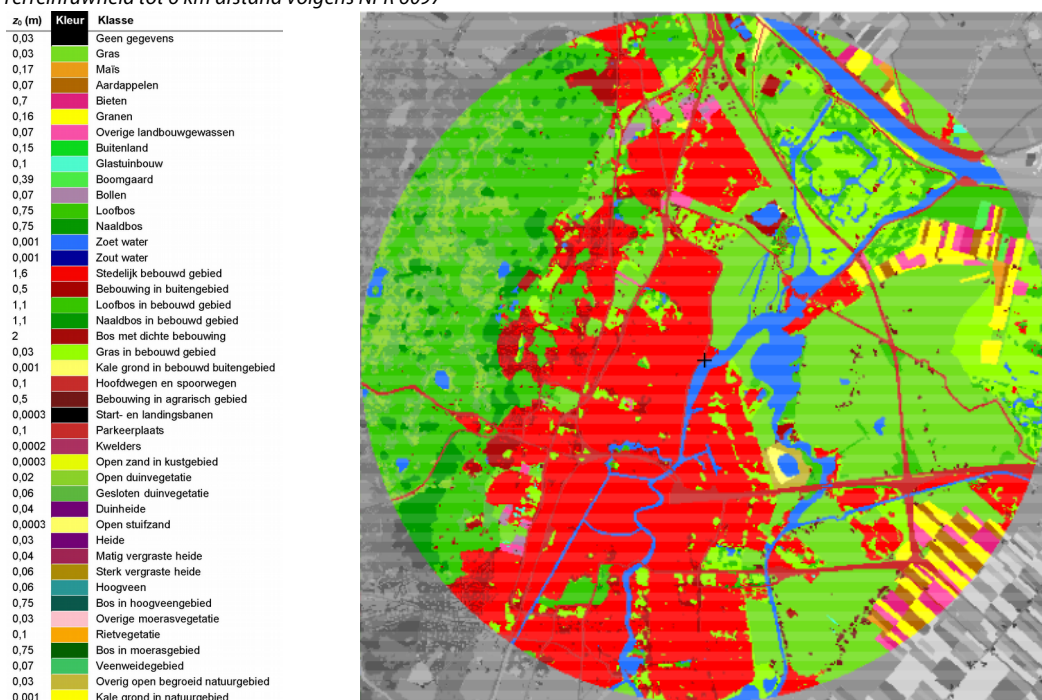
De norm stelt: “Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

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 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 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.

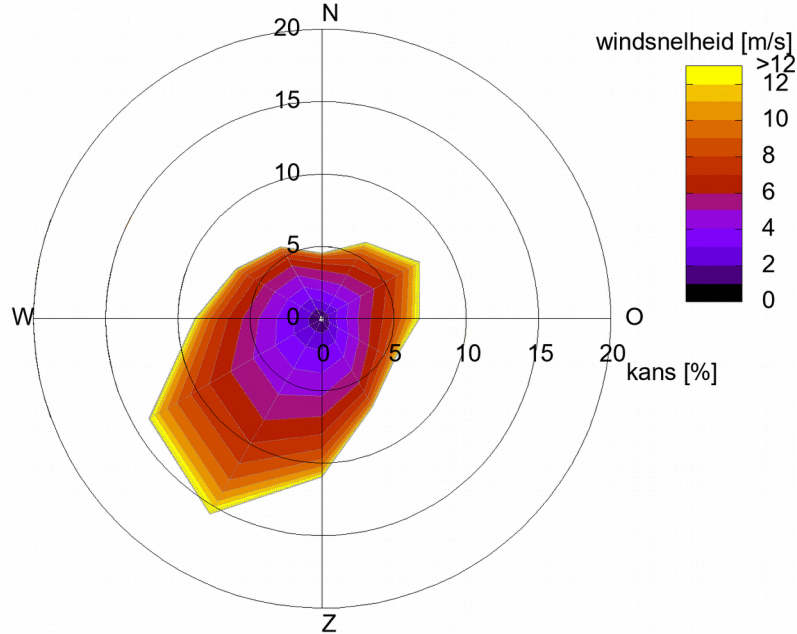
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097



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 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 voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de bouwlocatie.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X105214 Y490887.



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 X105214 Y490887 Jaar 1963-2002											
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	330°
0.0 - 0.9	11.1	9.0	11.2	8.8	13.1	18.3	19.0	20.4	20.5	19.9	16.8
1.0 - 1.9	39.0	32.8	38.7	31.1	38.3	56.5	67.8	68.5	71.1	63.4	57.9
2.0 - 2.9	56.3	51.8	60.3	47.5	61.1	89.4	107.6	111.1	105.5	86.0	77.3
3.0 - 3.9	64.8	65.6	73.9	62.3	73.4	101.3	135.4	151.0	132.9	107.3	92.2
4.0 - 4.9	62.4	77.8	88.9	70.3	73.4	98.5	139.4	182.1	154.2	110.5	88.6
5.0 - 5.9	60.0	69.6	93.5	75.9	70.1	88.2	124.7	178.0	158.3	99.2	77.8
6.0 - 6.9	40.8	64.8	85.1	76.8	59.3	60.8	107.4	161.9	149.7	86.4	64.8
7.0 - 7.9	30.8	51.1	68.5	62.2	43.6	39.0	87.5	141.8	130.1	64.9	48.7
8.0 - 8.9	16.5	40.3	50.9	44.5	32.8	30.3	62.8	114.9	98.7	45.0	34.4
9.0 - 9.9	7.2	26.4	38.8	36.7	21.4	17.0	44.1	86.6	68.3	33.0	21.1
10.0 - 10.9	4.3	18.9	28.8	28.4	10.9	9.8	30.0	60.5	54.8	22.5	11.5
11.0 - 11.9	2.0	12.2	19.2	19.5	5.3	5.1	16.8	42.0	30.0	15.1	7.7
12.0 - 12.9	1.9	6.5	12.7	11.2	2.2	1.9	9.6	24.5	19.3	10.2	3.3
13.0 - 13.9	0.9	3.9	7.8	8.0	1.0	0.8	4.5	12.8	10.6	5.3	1.5
14.0 - 14.9	0.4	2.3	5.5	5.7	0.6	0.4	1.8	6.4	5.2	3.0	1.0
15.0 - 15.9	0.1	1.3	1.4	2.3	0.4	0.1	1.0	3.3	2.8	1.4	0.3
16.0 - 16.9		0.8	0.9	1.2	0.2		0.7	1.6	1.5	0.8	0.1
17.0 - 17.9		0.2		0.6	0.1		0.2	1.0	0.6	0.3	0.2
18.0 - 18.9				0.3				0.3	0.3	0.1	0.1
19.0 - 19.9			0.1	0.1				0.1	0.2	0.1	0.1
20.0 - 20.9				0.1					0.1	0.1	
21.0 - 21.9									0.1		
22.0 - 22.9											
23.0 - 23.9											
24.0 - 24.9											
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	398.5	535.3	686.6	593.5	507.2	617.4	960.3	1368.8	1214.8	774.5	605.4
gemiddelde snelheid	4.7	5.8	6.1	6.3	5.2	4.7	5.4	6.2	6.0	5.4	5.0

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 overschrijdingskans 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

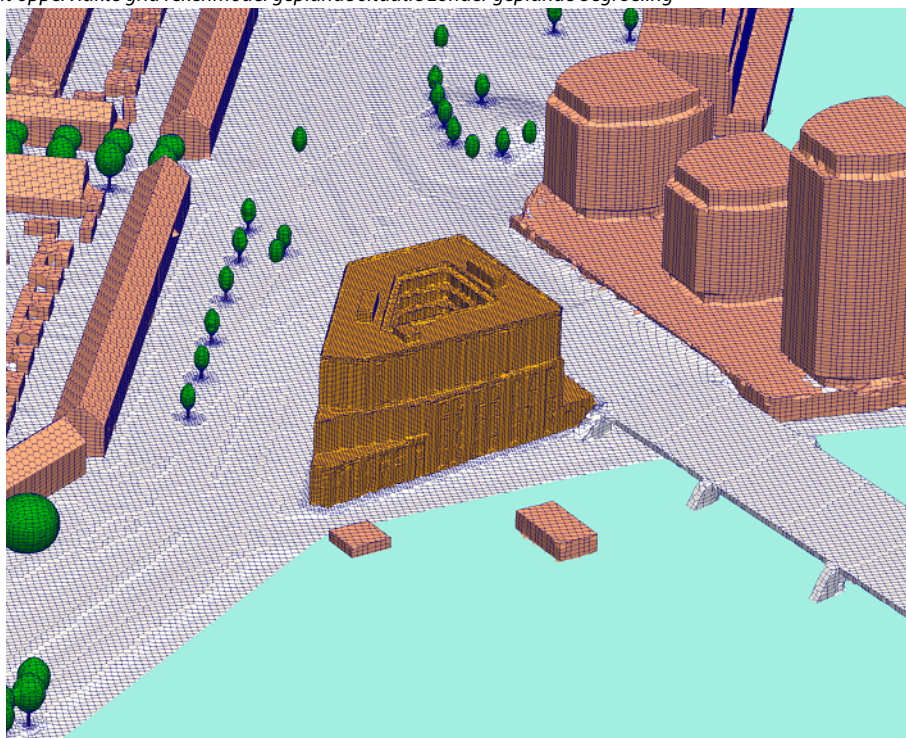
Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

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.

3.1 Geplande bebouwingssituatie zonder geplande begroeiing

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

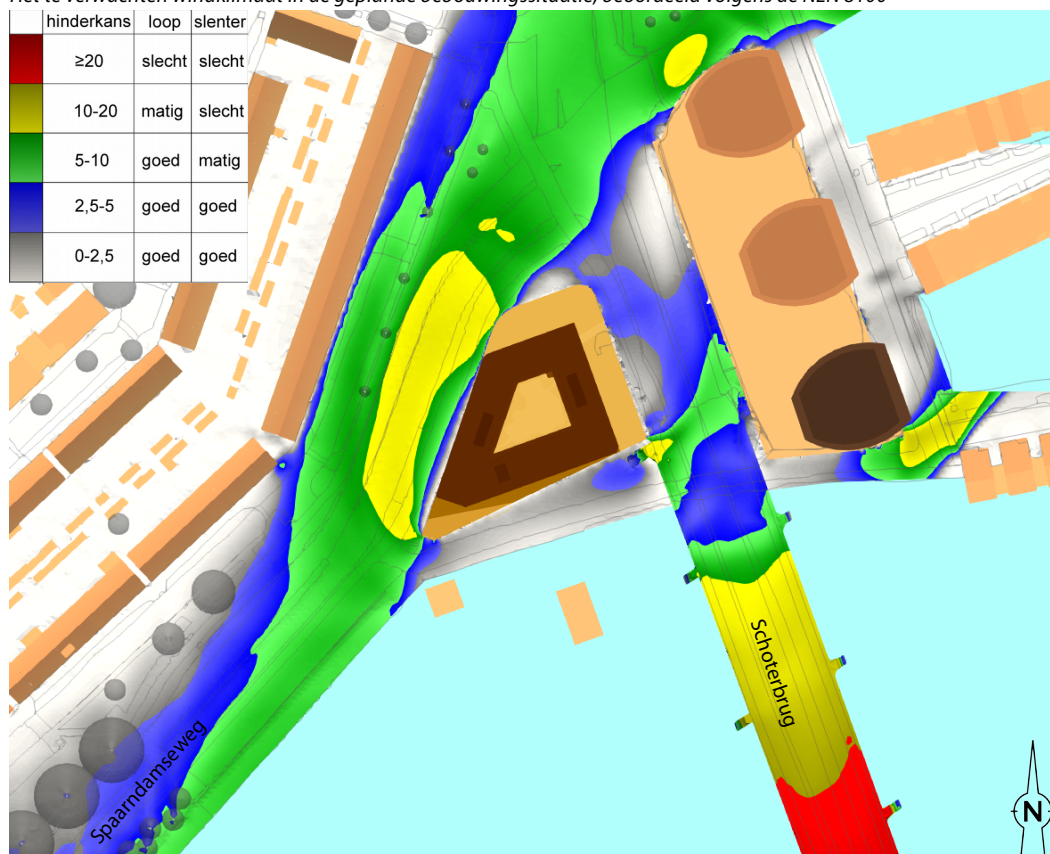
f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel geplande situatie zonder geplande begroeiing



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.

Het aspect windgevaar wordt alleen tekstueel beoordeeld.

f3.2 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



Uit de resultaten blijkt dat aan de oost- en zuidzijde van de geplande bebouwing het windklimaat overwegend goed is voor de activiteit doorlopen (grijs/blauw/groen in figuur 3.2). Daarnaast is op enkele locaties plaatselijk sprake van een matig windklimaat, dit is met name ten gevolge van de zeer open ligging van het plangebied aan het water ten opzichte van de dominante zuidwestelijke windrichtingen.

Aan de westzijde van het plangebied, op de Spaarndamseweg, is sprake van een matig windklimaat voor de activiteit doorlopen. Ten zuidoosten van de geplande bebouwing, boven aan de trap, is zeer plaatselijk tevens sprake van een matig (geel) windklimaat ten gevolge van de verhoogde ligging en de omstroming van wind rond de geplande nieuwbouw.

Er is rond de geplande bebouwing geen sprake van een slecht (rood) windklimaat. Op de Schoterbrug is ten gevolge van de zeer open en verhoogde ligging wel sprake van een slecht windklimaat. Opgemerkt wordt dat dit buiten het directe invloedsgebied van de geplande bebouwing valt.

Windgevoelige functies, zoals gebouwentrees, worden doorgaans beoordeeld met de activiteit slenteren, waarbij wordt gestreefd naar een beoordeling goed (grijs/blauw in figuur 3.2). Uit de resultaten blijkt dat voor de gevels van de geplande bebouwing overwegend sprake is van een goed windklimaat voor slenteren. Met name aan gebouwhoeken is plaatselijk sprake van een beoordeling matig (groen) tot slecht (geel). Indien entrees zijn gepland in een gebied waar sprake is van een matig of slecht windklimaat worden lokale windafschermende maatregelen geadviseerd. Hierbij kan worden gedacht aan schermen loodrecht op de gevel of het plaatsen van de entree in een nis. Op de kade, waar windgevoelige functies zijn beoogd, is sprake van een goed windklimaat.

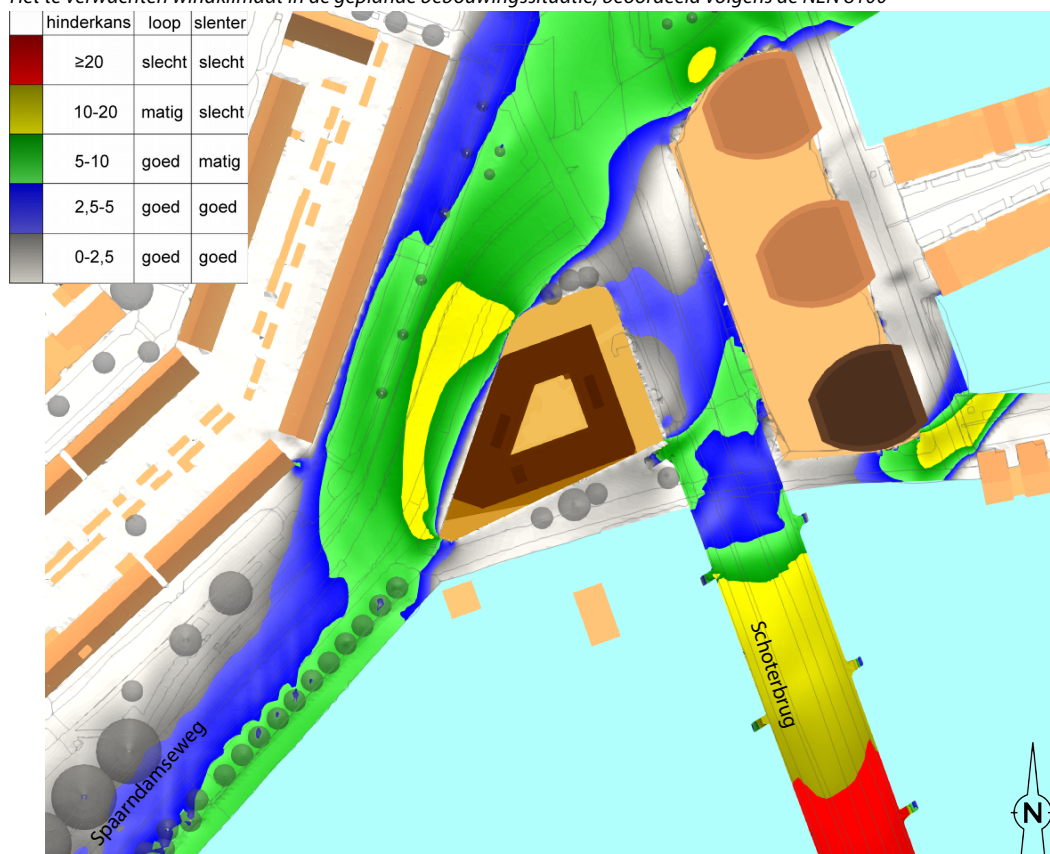
Op basis van de berekeningen is er in het gebied rond de geplande nieuwbouw geen overschrijding van het gevaarcriterium te verwachten.

3.2 Geplande bebouwingssituatie met geplande begroeiing

Naar aanleiding van de resultaten van de geplande situatie is aanvullend het effect van geplande begroeiing inzichtelijk gemaakt.

In figuur 3.3 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande bebouwingssituatie weergegeven.

f3.3 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100





Uit de resultaten blijkt dat ten gevolge van de geplande begroeiing het windklimaat rond de geplande bebouwing duidelijk verbeterd. Op de Spaarndamseweg neemt de hinderkans af, waardoor het gebied met een matig windklimaat kleiner wordt. Ten zuidoosten van de geplande bebouwing, boven aan de trap, is tevens een afname van de hinderkans vastgesteld, waardoor hier nu sprake is van een goed (groen) windklimaat voor de activiteit doorlopen.

Op basis van de berekeningen is er in het gebied rond de geplande nieuwbouw geen overschrijding van het gevaarcriterium te verwachten.

4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Wibaut is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing Woningbouw Spaarndamseweg 13 te Haarlem. 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*.

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

- In de geplande situatie is aan de oost- en zuidzijde van de geplande bebouwing overwegend een lage hinderkans te verwachten, waarmee het windklimaat voor het criterium doorlopen als goed beoordeeld wordt. Ten westen van de geplande bebouwing, op de Spaarndamseweg en op de zuidoosthoek van de geplande nieuwbouw is plaatselijk een matig windklimaat te verwachten. Rond de geplande bebouwing is geen sprake van een slecht windklimaat of overschrijding van het gevaarcriterium.
- Door het toevoegen van de geplande begroeiing kan het windklimaat rond de geplande bebouwing worden verbeterd. Hierdoor wordt het gebied met een matig windklimaat op de Spaarndamseweg duidelijk kleiner, en kan een matig windklimaat aan de zuidoosthoek van het plan worden voorkomen.
- Voor het plaatsen van gebouwentrees dient gestreefd te worden naar een hinderkans van lager dan 5%, hetgeen overeenkomt met een beoordeling goed voor het criterium slenteren. Indien een gebouwentree wordt geplaatst op een positie waar een hogere hinderkans is vastgesteld dienen lokale windafschermende maatregelen te worden toegepast, zoals schermen of het verdiepen van de entree in de gevel.

Zoetermeer,

Dit rapport bevat 14 pagina's
Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie



Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Woningbouw Spaarndamseweg 13 te Haarlem			
Opdrachtgever	Wibaut			
Projectleider	ir. M.A. Verbruggen			
Datum	25 augustus 2022			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	900 x 900 meter			
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw			
Omgeving	bebouwing/begroeiing			
Afmetingen model	1000 x 1000 x 255 meter			
Blokkeringsgraad	<10%			
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie			
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)			
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituatie zonder en met geplande begroeiing			
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur			
Programmatuur	OpenFoam 6			
Algemeen	✓	FVM (eindige volume methode)		
	—	FEM (eindige elementen methode)		
	—	anders		
	✓	drie-dimensionaal	—	twee-dimensionaal
	✓	tijd-onafhankelijk	—	tijd-afhankelijk
	✓	isothermisch	—	thermisch
	—	passieve scalairs	—	actieve scalairs
Rekenrooster	circa 13,5 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, windrichtingen 30° t/m 180°: z ₀ =0,5 m; overige windrichtingen 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 = 105214 Y = 490887			
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				