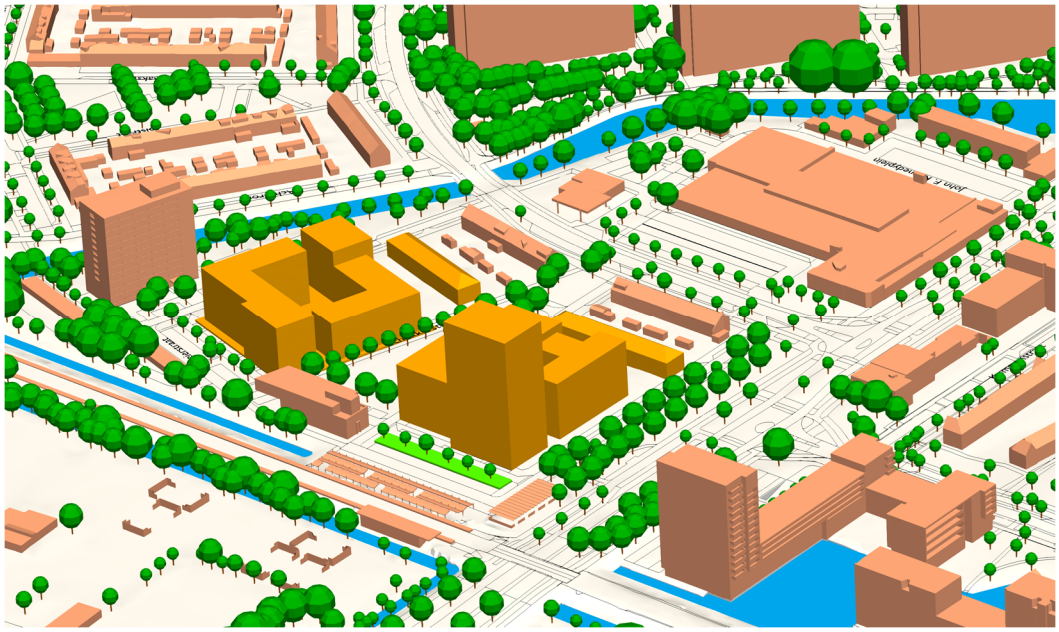
Plan Boeierstraat te Purmerend

Windklimaatonderzoek

Rapportnummer O 17130-2-RA-002 d.d. 11 oktober 2024

Plan Boeierstraat te Purmerend

Windklimaatonderzoek



Opdrachtgever:	Intermaris
Rapportnummer:	O 17130-2-RA-002
Datum:	11 oktober 2024
Referentie:	OO/TSa/ /O 17130-2-RA-002
Verantwoordelijke:	O.E. Otten
Opsteller:	ir. T.E.G. Saes
	+31 85 822 86 82
	t.saes@peutz.nl

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	6
2.4	Simulatie windsnelheden met CFD	9
3	**Rekenresultaten**	**10**
4	**Samenvatting en conclusies**	**13**

1 Inleiding

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatsituatie rondom de geplande bebouwing Boeierstraat te Purmerend.

Voor het vervaardigen van het CFD-model is onder meer gebruik gemaakt van een door de opdrachtgever 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 850 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.

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*.



f 1.1 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing

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, wordt gebruik 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 ca. 52 meter, wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

De gevoeligheid voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij bijvoorbeeld het wachten bij een bushalte of het zitten op een terrasje zullen lagere windsnelheden eerder als hinderlijk worden ervaren dan bij stevig doorlopen. In de NEN 8100 wordt daarom voor de beoordeling van windhinder onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitenklassen. Bij hogere windsnelheden kan daarnaast sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst op windgevaar.

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 is 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 een rol spelen, zoals het verwaaien van haar, het wapperen van kleding en bij toenemende windsnelheid het bewaren van het evenwicht.

Aan de hand van onderstaande t 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t 2.1 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

De overschrijdingskans van de drempelwaarde voor windhinder wordt ook wel de hinderkans genoemd. In de meetresultaten wordt de hinderkans met de kleur volgens t 2.1 weergegeven.

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt het lokale windklimaat beoordeeld als 'goed', 'matig' of 'slecht'.

- Bij een goed windklimaat wordt onder normale omstandigheden geen windhinder ervaren.
- Bij een matig windklimaat wordt af en toe overmatige windhinder ervaren.
- Bij een slecht windklimaat wordt regelmatig overmatige windhinder ervaren.

Er wordt naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{DR;G}$ gehanteerd.
Op basis van t 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t 2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100

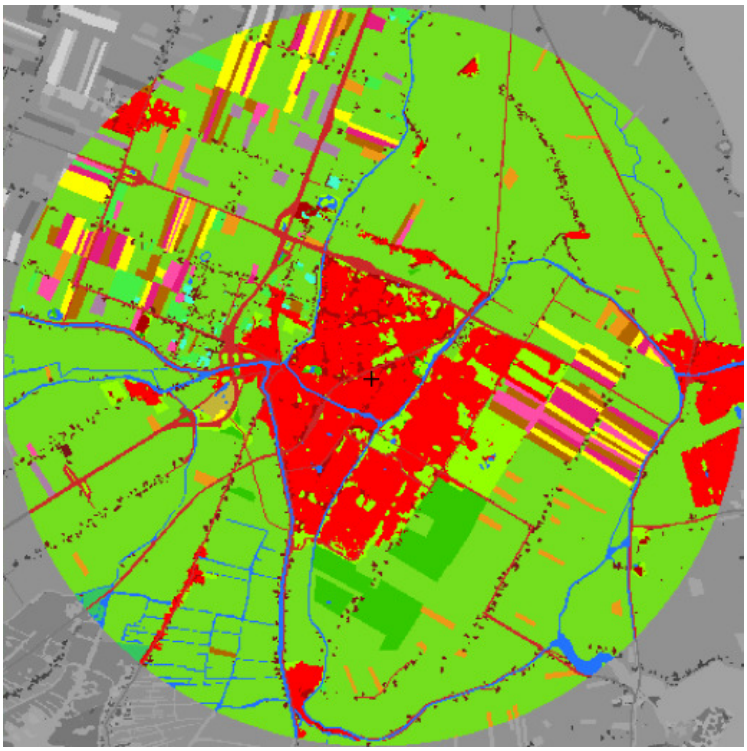
Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR;G})$ in procenten van het aantal uren per jaar	**Kwalificatie**
0,05 < p <0,30	Beperkt risico
p ≥ 0,30	Gevaarlijk

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 ≤ 0,05.*
Situaties met een overschrijdingskans van p ≥ 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

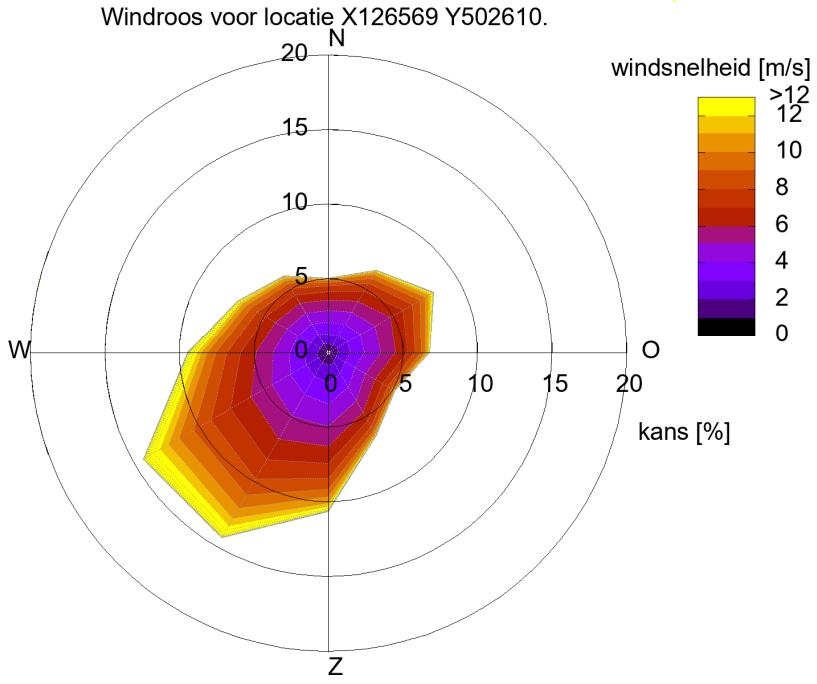
Voor de vertaling van de resultaten van de berekeningen naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens over terreinruwheden tot 6 km afstand van het plan. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in f 1.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

z_0 (m)	Kleur	Klasse
0,03		Geen gegevens
0,03		Gras
0,17		Maïs
0,07		Aardappelen
0,7		Bieten
0,16		Granen
0,07		Overige landbouwgewassen
0,15		Buitenland
0,1		Glastuinbouw
0,39		Boomgaard
0,07		Bollen
0,75		Loofbos
0,75		Naaldbos
0,001		Zoet water
0,001		Zout water
1,6		Stedelijk bebouwd gebied
0,5		Bebouwing in buitengebied
1,1		Loofbos in bebouwd gebied
1,1		Naaldbos in bebouwd gebied
2		Bos met dichte bebouwing
0,03		Gras in bebouwd gebied
0,001		Kale grond in bebouwd buitengebied
0,1		Hoofdwegen en spoorwegen
0,5		Bebouwing in agrarisch gebied
0,0003		Start- en landingsbanen
0,1		Parkeerplaats
0,0002		Kwelders
0,0003		Open zand in kustgebied
0,02		Open duinvegetatie
0,06		Gesloten duinvegetatie
0,04		Duinheide
0,0003		Open stuifzand
0,03		Heide
0,04		Matig vergraste heide
0,06		Sterk vergraste heide
0,06		Hoogveen
0,75		Bos in hoogveengebied
0,03		Overige moerasvegetatie
0,1		Rietvegetatie
0,75		Bos in moerasgebied
0,07		Veenweidegebied
0,03		Overig open begroeid natuurgebied
0,001		Kale grond in natuurgebied



f 2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097

In f 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie te zien. De windroos geeft de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weer. Met kleuren wordt de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen aangeduid. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (t 2.3) blijkt dat op de planlocatie de wind relatief vaak uit het uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. Bij deze windrichtingen treden ook de hoogste windsnelheden op. De zuidwestenwind is hiermee voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de planlocatie.



f 2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

t 2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar
Positie X126569 Y502610 Jaar 1963-2002

totaal aantal uren: 8766.8
gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.8

wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°
0.0 - 0.9	11.4	11.4	15.4	14.2	13.0	15.0	17.4	15.6	14.9	14.3	13.2	14.5
1.0 - 1.9	42.0	42.3	46.2	45.4	39.1	50.9	61.7	54.9	56.0	51.2	44.5	46.1
2.0 - 2.9	59.0	60.2	69.4	68.4	63.0	79.2	102.1	91.9	81.7	74.8	66.0	65.0
3.0 - 3.9	68.9	81.3	87.9	85.5	69.2	92.7	124.2	125.9	108.4	89.0	77.9	73.8
4.0 - 4.9	69.6	84.4	100.3	96.1	70.0	91.5	130.2	145.3	125.6	98.9	81.5	73.5
5.0 - 5.9	60.4	73.0	105.1	87.3	65.3	79.4	118.6	154.3	141.6	98.4	78.5	67.2
6.0 - 6.9	50.4	68.7	83.0	68.6	49.2	58.3	99.3	141.7	138.7	90.3	66.6	56.8
7.0 - 7.9	33.7	53.8	67.4	46.0	36.2	37.4	85.4	130.9	131.5	80.9	57.7	45.5
8.0 - 8.9	22.1	34.2	49.2	33.9	25.9	27.1	64.7	108.0	120.4	64.1	42.7	31.5
9.0 - 9.9	12.5	24.0	34.7	24.1	13.1	15.6	45.5	89.0	97.0	48.8	32.7	22.1
10.0 - 10.9	5.8	15.7	23.7	13.0	4.7	9.1	33.9	69.3	69.6	33.7	22.0	14.1
11.0 - 11.9	3.8	8.4	15.9	8.1	2.6	4.7	22.3	47.2	58.0	26.9	14.6	7.6
12.0 - 12.9	2.2	4.6	9.3	4.8	0.9	2.2	12.8	34.0	44.5	20.1	8.9	4.3
13.0 - 13.9	1.2	2.3	6.3	1.5	0.4	0.7	7.4	21.6	27.8	13.9	5.6	2.7
14.0 - 14.9	1.3	1.6	1.5	0.7	0.3	0.5	3.8	12.4	17.7	9.9	2.8	1.4
15.0 - 15.9	0.3	0.8	0.9	0.5	0.1	0.1	1.6	6.7	11.5	5.9	1.1	0.7
16.0 - 16.9		0.1	0.3	0.1			0.9	3.4	5.8	3.3	1.1	0.4
17.0 - 17.9			0.2				0.6	2.0	3.4	2.3	0.4	0.3
18.0 - 18.9			0.1				0.3	1.0	2.3	1.1	0.1	0.1
19.0 - 19.9								0.7	1.3	0.7	0.2	
20.0 - 20.9								0.1	0.6	0.3	0.1	
21.0 - 21.9								0.1	0.2	0.3	0.1	
22.0 - 22.9									0.2	0.1	0.1	
23.0 - 23.9									0.1	0.1		
24.0 - 24.9									0.1			
25.0 - 25.9										0.1		
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	444.6	566.8	716.8	598.2	453.0	564.4	932.7	1256.0	1258.9	829.4	618.4	527.6
gemiddelde snelheid	4.9	5.4	5.7	5.2	4.8	4.8	5.7	6.6	7.0	6.3	5.7	5.2

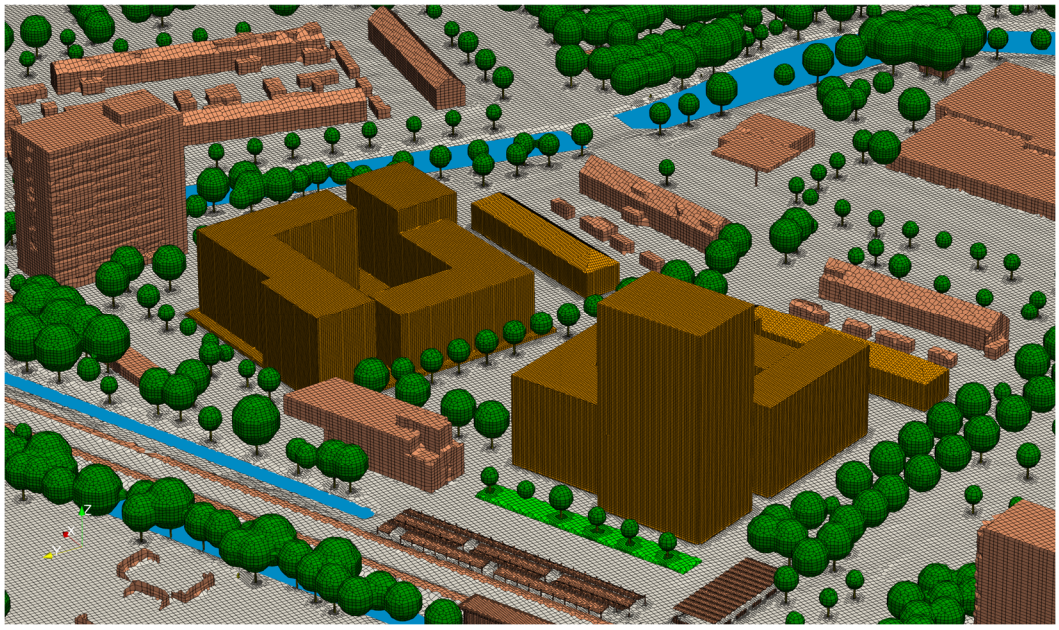
2.4 Simulatie windsnelheden met CFD

Het windklimaatonderzoek is uitgevoerd met Computational Fluid Dynamics (CFD). Aan de rand van het model wordt, afhankelijk van de terreinruwheid, het juiste windprofiel gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door de direct omliggende bebouwing en begroeiing mee te modelleren.

De windsnelheden worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de planlocatie wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans van de drempelwaarden 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.

In f 2.3 is een aanzicht gegeven van het rekengrid ter plaatse van de geplande bebouwing.



f 2.3 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel

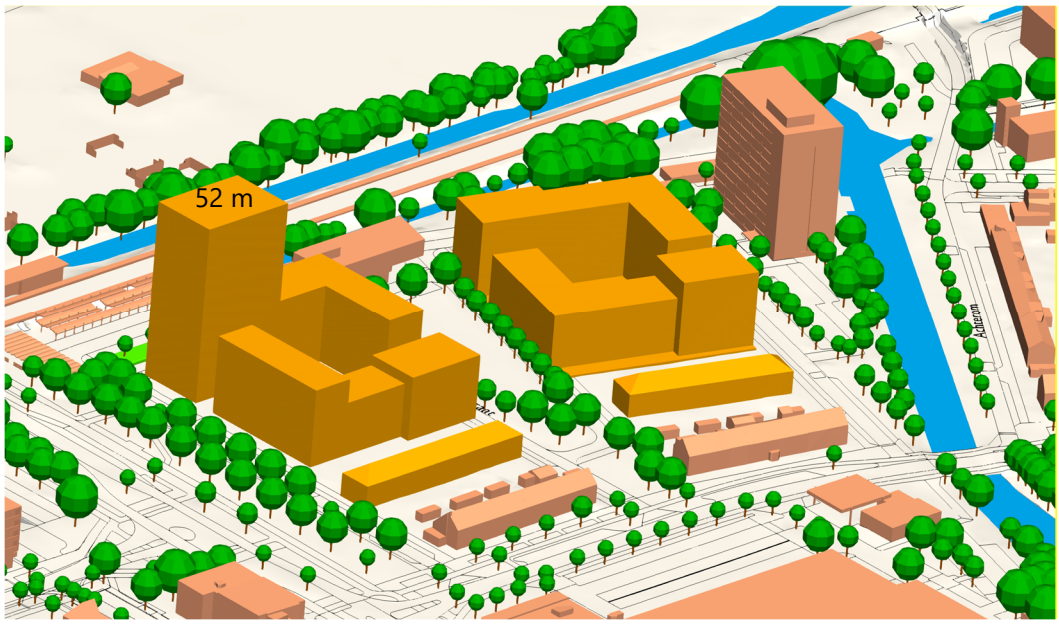
3 Rekenresultaten

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.

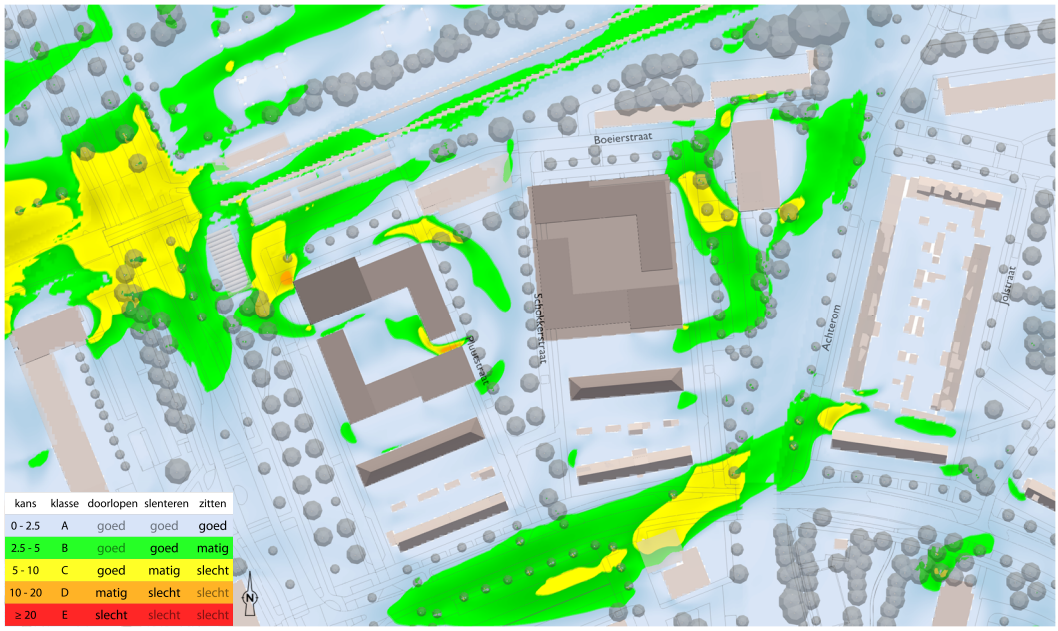
In bijlage 2 zijn de rekenresultaten per windrichting weergegeven. In deze figuren wordt met kleuren de hinderkans per windrichting weergegeven, en met pijlen de lokale stromingsrichting.

In figuur f 3.1 is uitsnede te zien van het model. De geplande bebouwing op de planlocatie is in oranje weergegeven.

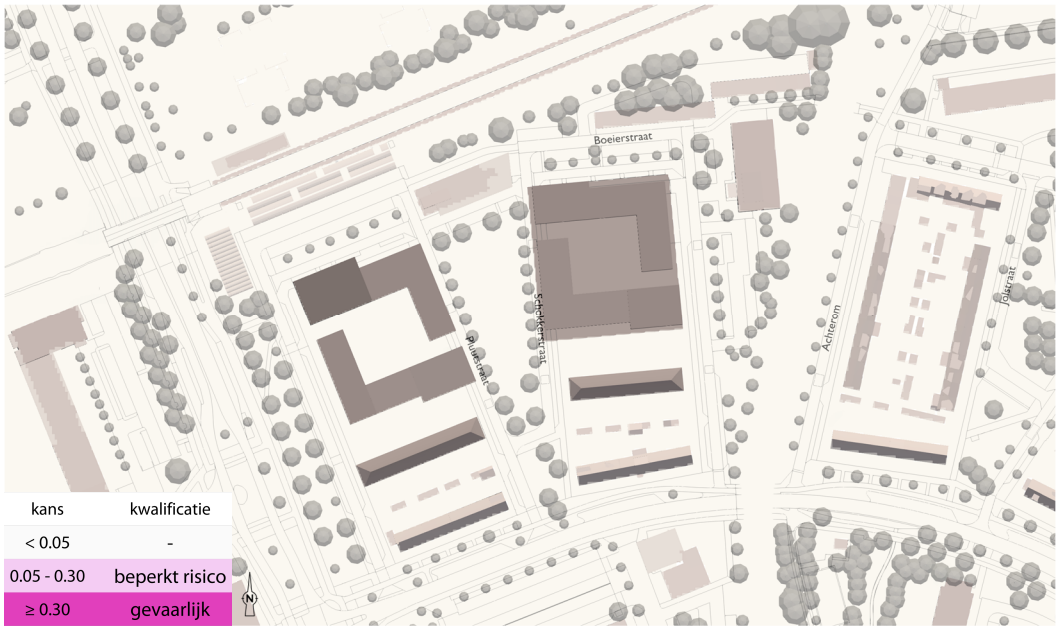


f 3.1 Aanzicht model geplande situatie

In f 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de geplande situatie weergegeven. De kleuren zijn afgestemd op de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. In f 3.3 is op vergelijkbare wijze de berekende gevaarkans weergegeven.



f 3.2 Windhinder in geplande situatie



f 3.3 Windgevaar in geplande situatie

In de geplande situatie is rond de planlocatie voor het grootste gebied sprake van een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen. Dit komt overeen met kwaliteitsklassen A t/m C en wordt in f 3.2 weergegeven met de kleuren blauw, groen en geel.

Bij de noordwesthoek van de toren is er sprake van een matig windklimaat, klasse D. Dit wordt weergegeven met de kleur oranje. Dit is ook het geval bij het zuidelijke bouwblok in de doorgang van binnenterrein naar de Pluutstraat.

Voor de gebouwentrees wordt het windklimaat beoordeeld met de activiteit slenteren. Uit de resultaten blijkt dat het windklimaat langs de gevels van de geplande bebouwing overwegend goed is, klasse A of B. Er zijn 2 locaties die aandacht verdienen rond de planlocatie voor de activiteit slenteren. Dit is de noordwesthoek van de hoge toren in het plan en de doorgang van binnenterrein naar de Pluutstraat. Op deze locaties is een regio met matig tot slecht windklimaat voor slenteren, kwaliteitsklasse C en D. De regio rondom de hoge toren strekt zicht uit tot over het parkeerterrein en bij de fietsenstallingen. Het wordt geadviseerd op de noordwesthoek van de hoge toren en in de doorgang van binnenterrein naar Pluutstraat geen ingangen te plaatsen.

Nergens is de kwalificatie beperkt risico op windgevaar of windgevaar vastgesteld, zoals weergegeven in f 3.3.

Eventuele uitkragende balkons zijn gezien het gunstige windklimaat op maaiveldniveau niet getoetst. In het algemeen kan met name nabij de noordwest- en zuidoosthoek van de bebouwing sprake zijn van een hogere hinderkans, en neemt de hinderkans toe met de hoogte. Bij de balkons van de bestaande omgevingsbebouwing worden gezien de positie en oriëntatie van het bouwplan geen wezenlijke effecten van het plan verwacht.

4 Samenvatting en conclusies

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatsituatie rondom de geplande bebouwing Boeierstraat te Purmerend.

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:

- Er is sprake van een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen (kwaliteitsklasse A t/m C), met uitzondering van de noordwesthoek van de toren en bij de doorgang tussen de bouwblokken aan de Pluutstraat (kwaliteitsklasse D).
- Er zijn drie aandachtsgebieden voor de activiteit slenteren in het plangebied, te weten de westhoeken van de toren, de noordoosthoek van hetzelfde bouwdeel aan de kruising Boeierstraat met Pluutstraat en de doorgang van binnenterrein naar de Pluutstraat (kwaliteitsklasse C en D). De activiteit langdurig zitten is niet van toepassing.
- Nergens is de kwalificatie beperkt risico op windgevaar of windgevaar vastgesteld.

Dit rapport bevat 13 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel
Bijlage 2: Windhinder per windrichting



O 17130-2-RA-002 (622CB4C4) OLAF

1 Technisch inlegvel

Project	**Projectgegevens**
Projectnaam	Plan Boeierstraat te Purmerend
Opdrachtgever	Intermaris
Projectleider	O.E. Otten / T.E.G. Saes
Datum	11 oktober 2024
Model	**Algemene gegevens van het model**
Omvang gemodelleerd gebied	850 x 900 meter
Kerngebied	het gebied rondom de geplande herbestemming
Omgeving	bebouwing/begroeiing
Afmetingen model	950 x 1000 x 250 meter
Blokkeringsgraad	<10%
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)
Onderzochte configuraties	geplande herbestemming
Computeropstelling	**Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur**
Programmatuur	OpenFoam 10
Algemeen	✓ FVM (eindige volume methode) ✓driedimensionaal ✓ tijd-onafhankelijk ✓ isothermisch
Rekenrooster	Circa 15 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 snelheidsprof., z_0=0,7 m en bijbehorende prof. voor k en ε
Uitlaat	constante druk
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos
Gegevensverwerking en -beoordeling	**Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat**
Amersfoortse coörd. locatie	X = 126569 Y = 502610

Toegepaste eisen	V_{DR} [m/s]	Gewenste kwaliteitskl.	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: tekstueel			
Opmerkingen				

Bijlage 1 Resultaten per windrichting

