



## **Netten Talens Apeldoorn**

*Windklimaatonderzoek met behulp van CFD*

*Concept*

## Netten Talens Apeldoorn

*Windklimaatonderzoek met behulp van CFD*

*Concept*



Opdrachtgever: SAB  
Rapportnummer: O 17250-2-RA  
Datum: 12 november 2025  
Referentie: LA/LA/ /O 17250-2-RA  
Verantwoordelijke: dr. ir. L. Aanen  
Opsteller: dr. ir. L. Aanen  
+31 85 8228630  
l.aanen@peutz.nl

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Normstelling en uitgangspunten</b>	<b>5</b>
2.1	Wettelijke kader	5
2.2	Norm gemeente Apeldoorn	5
2.3	Beslismodel NEN 8100	5
2.4	Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	5
2.4.1	Windhinder	5
2.4.2	Windgevaar	6
2.5	Windklimaat op de locatie	7
2.6	Simulatie windsnelheden met CFD	9
<b>3</b>	<b>Rekenresultaten</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Samenvatting en conclusies</b>	<b>14</b>

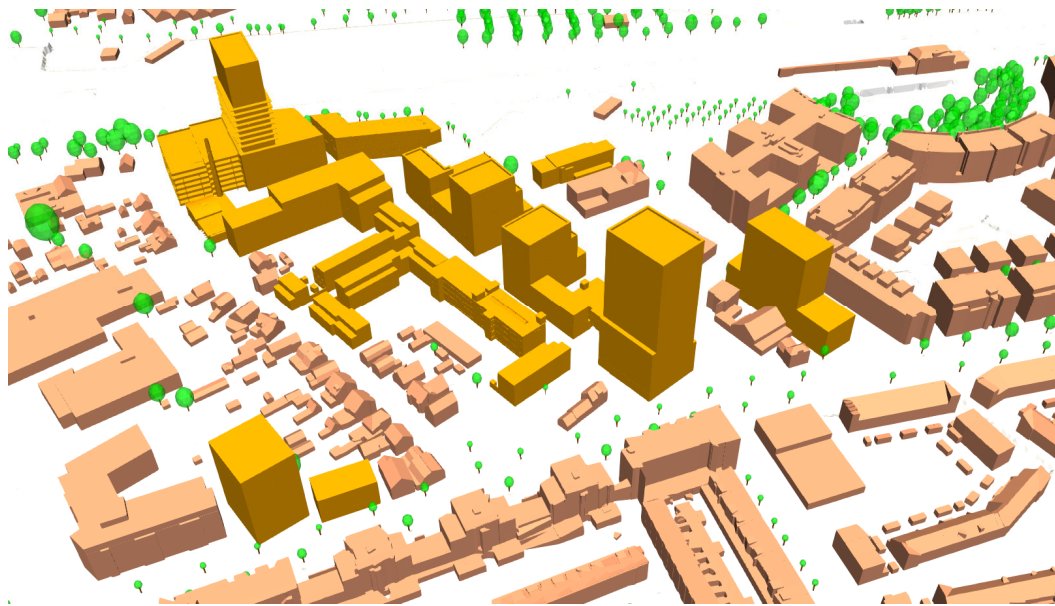
## 1 Inleiding

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van het plangebied Netten Talens te Apeldoorn.

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 van circa 1500 bij 1050 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 Wettelijke kader

Windhinder is in de omgevingswet een aspect van de fysieke leefomgeving. De gemeente is verantwoordelijk voor het evenwichtig toedelen van functies aan locaties in het omgevingsplan. Omdat de rijksoverheid geen instructies heeft gegeven voor dit aspect van de fysieke leefomgeving, heeft de gemeente de vrijheid om dit zelf in te vullen.

### 2.2 Norm gemeente Apeldoorn

De gemeente Apeldoorn verwijst voor windhinder naar de NEN 8100, waarbij gesteld wordt dat bij gebouwen hoger dan 30m windhinderonderzoek noodzakelijk is. Per project wordt de kwaliteitsklasse afgewogen ten opzichte van andere aspecten bepaald, waarbij gestreefd wordt naar klasse A en B. De hoogbouwnota biedt voor windhinder gericht maatwerk met een per project te bepalen kwaliteitsklasse voor windhinder.

### 2.3 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 tot ruim 70 meter, wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

De norm NEN 8100 beschrijft zowel rekenkundig onderzoek met CFD als windtunnelsimulaties. In deze situatie is gekozen voor een onderzoek met CFD.

### 2.4 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.

#### 2.4.1 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
$\geq 20$	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.

#### 2.4.2 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

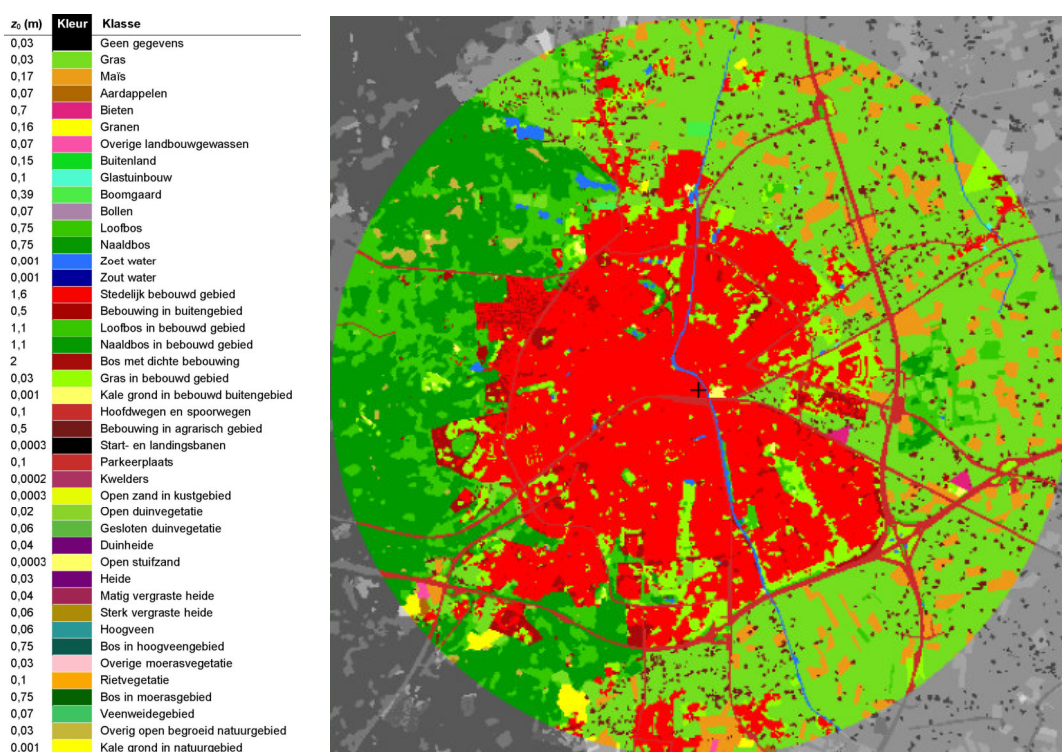
Overschrijdingskans $p(v_{LOK} > v_{DR;G})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

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."

## 2.5 Windklimaat op de locatie

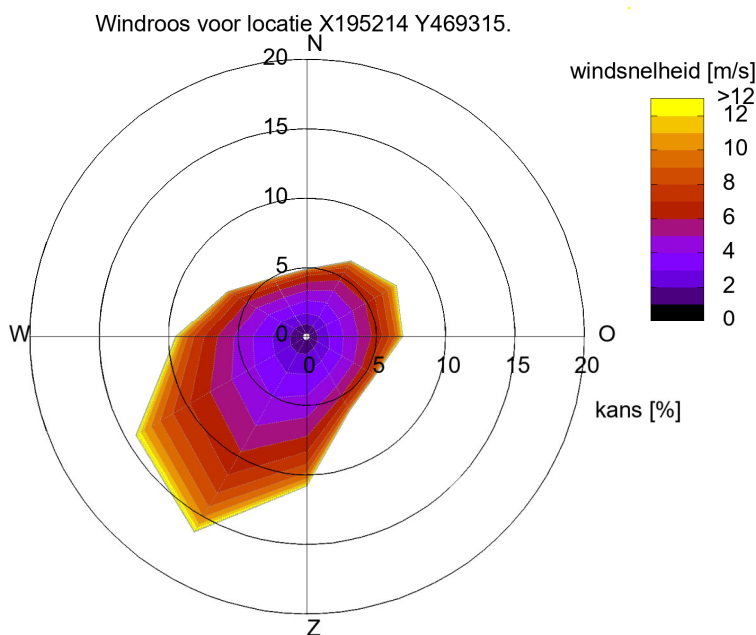
Voor de vertaling van de resultaten van de berekeningen naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van 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 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.



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 ( $210^\circ$  en  $240^\circ$ )

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												totaal aantal uren: 8766.5			
Positie X195214 Y469315												Jaar 1963-2002		gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.0	
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°			
0.0 - 0.9	17.6	19.9	16.6	17.0	21.4	20.7	25.6	30.2	30.3	26.8	23.9	19.9			
1.0 - 1.9	60.3	57.3	51.7	50.2	57.8	67.5	91.3	94.3	90.2	83.8	72.4	61.4			
2.0 - 2.9	75.5	76.4	73.9	73.8	85.7	95.6	124.8	142.1	118.0	113.0	94.8	74.8			
3.0 - 3.9	78.4	97.8	90.1	89.9	92.1	97.7	134.8	183.4	146.9	119.8	94.0	70.9			
4.0 - 4.9	65.6	88.3	103.2	93.3	83.3	90.2	136.3	206.0	165.7	120.5	85.9	65.0			
5.0 - 5.9	53.6	74.4	92.8	86.0	60.3	65.5	119.4	187.0	157.2	102.7	70.8	52.4			
6.0 - 6.9	37.5	57.7	69.1	66.3	43.3	43.0	97.9	168.4	148.9	85.4	53.9	34.7			
7.0 - 7.9	20.0	35.7	51.2	46.3	28.3	29.3	77.9	132.4	124.3	63.0	39.3	24.2			
8.0 - 8.9	11.2	23.1	40.2	35.6	15.5	16.8	54.4	102.8	90.7	40.8	21.6	15.9			
9.0 - 9.9	5.8	14.0	27.1	20.5	6.6	8.9	36.0	72.8	68.2	30.0	12.1	7.8			
10.0 - 10.9	3.2	6.3	16.2	13.1	2.5	4.6	23.5	49.3	47.2	18.0	7.0	3.6			
11.0 - 11.9	1.4	2.8	10.7	8.3	1.0	1.9	12.6	29.0	29.4	11.8	3.3	2.4			
12.0 - 12.9	1.1	1.5	6.8	5.3	0.4	0.8	7.2	15.5	16.8	7.0	1.2	1.2			
13.0 - 13.9	0.2	0.7	2.3	1.6	0.2	0.3	3.2	8.1	8.6	4.1	0.8	0.4			
14.0 - 14.9		0.1	0.8	0.5	0.1		1.4	3.9	4.4	2.1	0.1	0.2			
15.0 - 15.9			0.2	0.4			0.9	2.0	2.8	0.9	0.2	0.1			
16.0 - 16.9			0.3	0.2			0.4	1.1	1.5	0.7	0.1	0.1			
17.0 - 17.9				0.1			0.1	0.4	0.6	0.3	0.1				
18.0 - 18.9									0.3	0.1					
19.0 - 19.9									0.2	0.1					
20.0 - 20.9									0.1						
21.0 - 21.9									0.1	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	431.4	556.0	653.2	608.4	498.5	542.8	947.7	1428.7	1252.4	831.0	581.5	434.9			
gemiddelde snelheid	4.1	4.6	5.2	5.1	4.2	4.2	5.1	5.6	5.8	5.0	4.4	4.2			

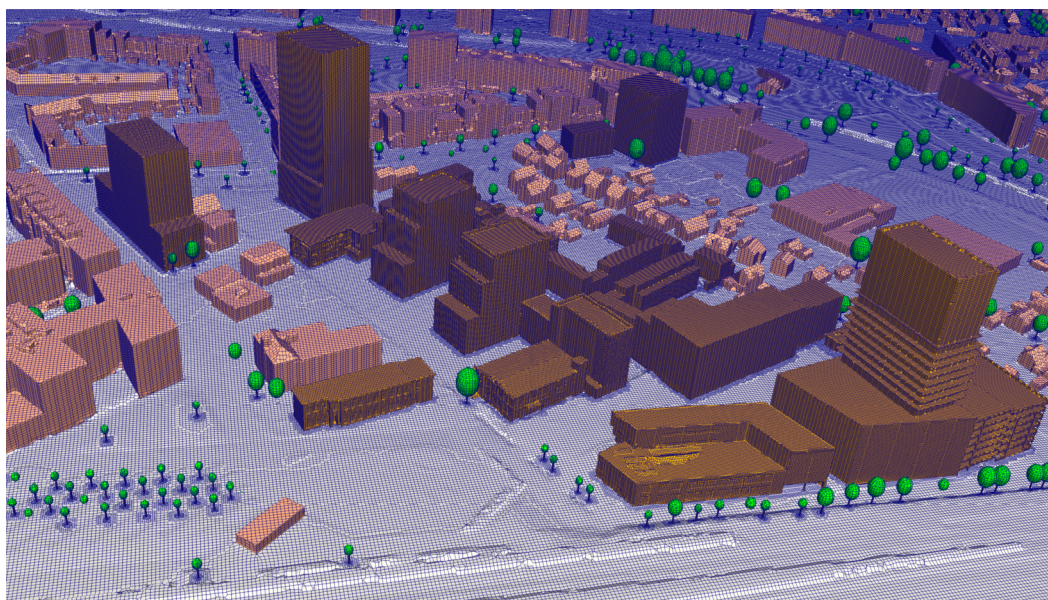
## 2.6 Simulatie windsnelheden met CFD

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

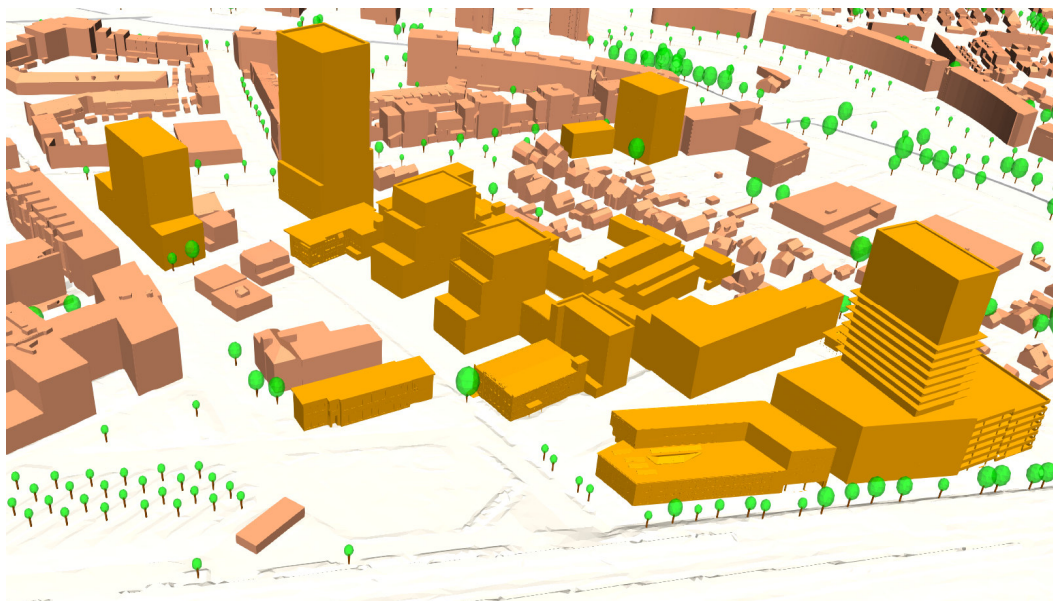
### 3 Rekenresultaten

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 2.4.1 en 2.4.2 betreffende windhinder en windgevaar.

Bij de beoordeling van het windklimaat wordt onderscheid gemaakt tussen de activiteiten doorlopen, slenteren en langdurig zitten.

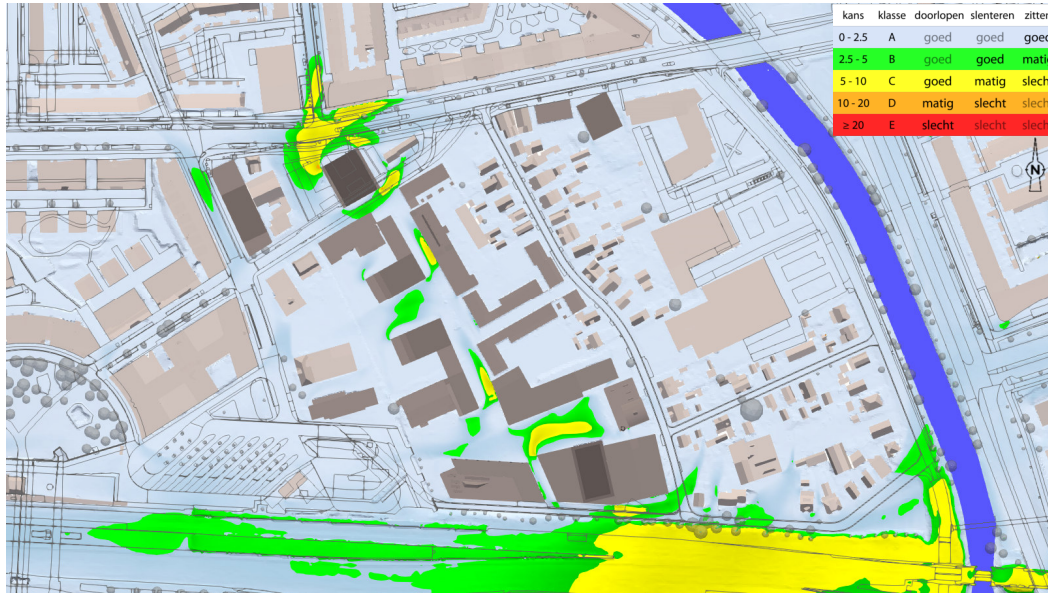
In bijlage 2 zijn de rekenresultaten per windrichting weergegeven. In deze figuren wordt met kleuren de hinderkans per windrichting weergegeven, en met pijlen de lokale stromingsrichting.

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

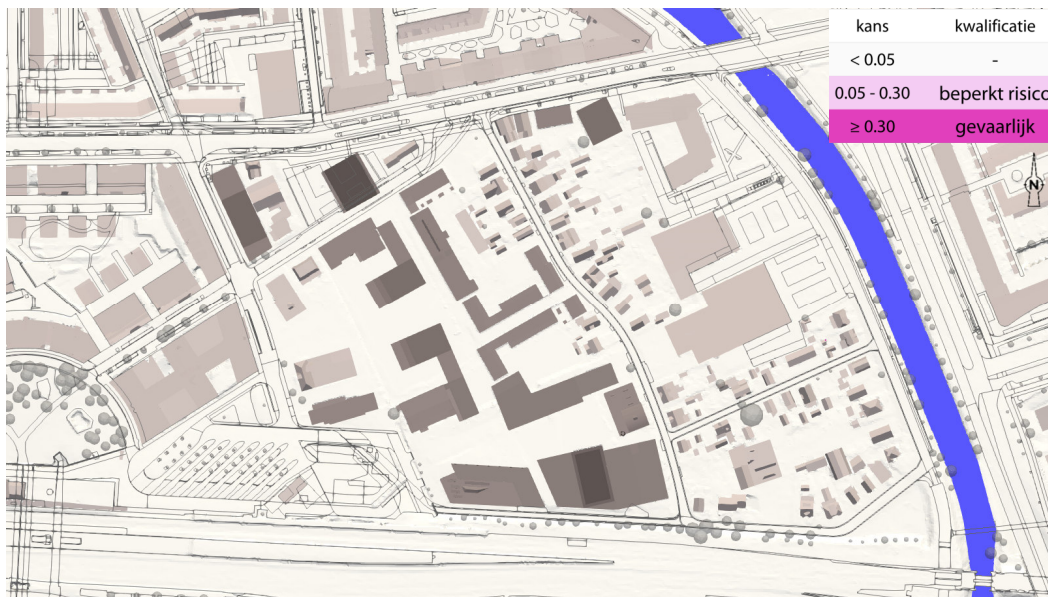


f 3.1 Aanzicht model geplande bebouwingssituatie

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 bebouwingssituatie 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 de geplande bebouwingssituatie



f 3.3 Windgevaar in de geplande bebouwingssituatie

In de geplande bebouwingssituatie is rond de planlocatie vrijwel overal 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. Dit mag gezien de geplande bouwhoogtes gezien worden als een gunstig resultaat.

Zeer lokaal wordt bij twee hoeken van de vrijstaande toren aan de noordzijde van het plangebied een net matig windklimaat, kwaliteitsklasse D, vastgesteld. Dit wordt weergegeven met de kleur oranje. Hierbij kan opgemerkt worden dat dit matige windklimaat er in de praktijk waarschijnlijk niet zal zijn. In het model is nu een

stedenbouwkundig volume met gladde gevels opgenomen, waardoor valwinden makkelijk langs de gevel naar beneden stromen. Als de gevel ruwer is, door aanwezigheid van bijvoorbeeld balkons, zal dit matige windklimaat verdwijnen.

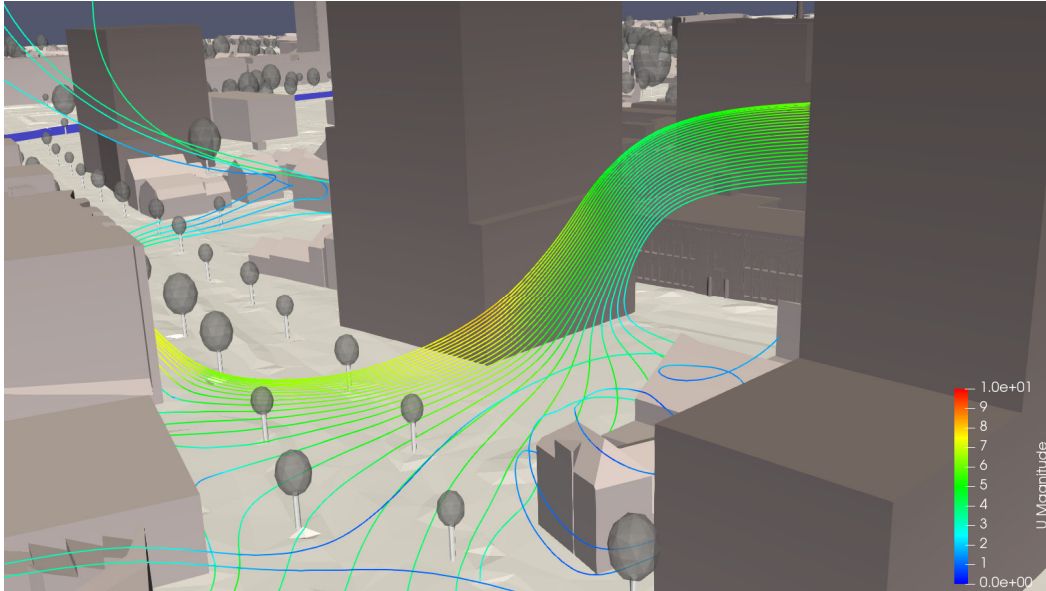
Er is op vrij bescheiden schaal sprake van een matig windklimaat voor slenteren, categorie C. Daarmee wordt niet volledig voldaan aan de ambitie van de gemeenten om overall te voldoen aan een goed windklimaat voor slenteren. Met name bij de vrijstaande toren aan de noordzijde van het plangebied is dat ook niet realistisch. Door de afwezigheid van een laagbouwvoet zijn door valwinden en omstroming van de toren versnellingen van de wind bij de hoeken onvermijdelijk, zie ook f 3.4 waar met stroomlijnen de valwinden bij windrichting 210 zijn weergegeven. Dankzij de afschermdede werking van het gebouw ten westen van de toren, wordt een matig windklimaat voor doorlopen voorkomen.

Dankzij het feit dat het hoogbouwdeel aan de zuidzijde van het plangebied op een laagbouwvoet is geplaatst, leidt dit bouwdeel niet tot overmatige hinder rond het plan. Door omstroming van de laagbouwvoet is er wel sprake van een matig windklimaat voor slenteren. Als hier een beter windklimaat gewenst is, wordt geadviseerd door middel van terreininrichting in het gebied met de hogere hinderkansen de wind af te remmen.

In de nieuwe noord-zuid georiënteerd straat is er door interactie van de wind die om de westelijk gelegen gebouwen stroomt en de bebouwing ten oosten daarvan op twee plaatsen sprake van een matig windklimaat voor slenteren. Als hier windgevoelige functies gepland zijn zoals entrees, wordt geadviseerd het windklimaat hier te verbeteren, bijvoorbeeld door het plaatsten van begroeiing of de betreffende entrees lokaal te beschermen bijvoorbeeld door deze wat terugliggend in de gevel uit te voeren.

Nergens in het model is sprake van een beperkt risico op windgevaar of een gevaarlijk windklimaat, zie ook f 3.3.

Opgemerkt dient te worden dat geplande begroeiing, gezien het beperkte effect bij jonge aanplant, niet in de berekening is meegenomen. Na een bepaalde groeiperiode kan de vastgestelde hinderkans als gevolg van de afschermdede werking van de begroeiing in de praktijk afnemen. Daarnaast kan aan de hand van de resultaten van het onderzoek worden vastgesteld op welke plaatsen het afschermdede effect van begroeiing gewenst is.



f 3.4 Stroomlijnen voor zuidwestenwind (210°)

## 4 Samenvatting en conclusies

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaat situatie rondom de geplande bebouwing van het plangebied Netten Talens te Apeldoorn. 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 bebouwingssituatie is rond de planlocatie vrijwel overal sprake van een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen.
- Zeer lokaal wordt bij twee hoeken van de vrijstaande toren een net matig windklimaat, kwaliteitsklasse D, vastgesteld. Dit zal in de praktijk waarschijnlijk niet optreden ten gevolge van ruwheid van de gevel, door aanwezigheid van bijvoorbeeld balkons.
- Er is lokaal sprake van een matig windklimaat voor slenteren, categorie C. Daarmee wordt niet volledig voldaan aan de ambitie van de gemeenten om overal te voldoen aan een goed windklimaat voor slenteren. Met name bij de vrijstaande toren aan de noordzijde van het plangebied is dat ook niet realistisch.
- Dankzij het feit dat het hoogbouwdeel aan de zuidzijde van het plangebied op een laagbouwvoet is geplaatst, leidt dit bouwdeel niet tot overmatige hinder rond het plan. Het lokaal matige windklimaat voor slenteren is het gevolg van de omstroming van de laagbouw, en te mitigeren door middel van een goede terreininrichting in het gebied met de hogere hinderkansen.
- In de nieuwe noord-zuid georiënteerd straat is er door interactie van de wind die om de westelijk gelegen gebouwen stroomt en de bebouwing ten oosten daarvan op twee plaatsen lokaal sprake van een matig windklimaat voor slenteren. Als hier windgevoelige functies gepland zijn zoals entrees, wordt geadviseerd het windklimaat hier te verbeteren, bijvoorbeeld door het plaatsten van begroeiing of de betreffende entrees lokaal te beschermen, bijvoorbeeld door deze wat terugliggend in de gevel uit te voeren.
- Nergens in het model is sprake van een beperkt risico op windgevaar of een gevaarlijk windklimaat

Dit rapport bevat 14 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel

Bijlage 2: Windhinder per windrichting

# Bijlage 1 Technisch inlegvel

<b>Project</b>	<b>Projectgegevens</b>
Projectnaam	Netten Talens Apeldoorn
Opdrachtgever	SAB
Projectleider	dr. ir. L. Aanen
Datum	12 november 2025
<b>Model</b>	<b>Algemene gegevens van het model</b>
Omvang gemodelleerd gebied	1500 x 1050 meter
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw
Omgeving	bebouwing/begroeiing
Afmetingen model	1600 x 1150 x 450 meter
Blokkeringsgraad	<5%
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)
Onderzochte configuraties	geplande bebouwingssituatie
<b>Computeropstelling</b>	<b>Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur</b>
Programmatuur	OpenFoam 11
Algemeen	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ FVM (eindige volume methode)</li> <li>✓ drie-dimensionaal</li> <li>✓ tijd-onafhankelijk</li> <li>✓ isothermisch</li> </ul>
Rekenrooster	Circa 32,7 miljoen cellen; verfijning t.p.v. de geplande bebouwing
Turbulentiemodellering	k-ε-RNG-turbulentiemodel
Convectieve differentieschema's	snelheidscomponenten: Gauss turbulentie grootheden: Gauss scalaire variabelen: -
<b>Randvoorwaarden</b>	<b>Gebruikte randvoorwaarden</b>
Instroomprofiel	logaritmisch snelheidsprof., $z_0=0,7$ m en bijbehorende prof. voor k en ε
Uitlaat	constante druk
Boven-/zijwanden	gesloten, wrijvingsloos
<b>Gegevensverwerking en -beoordeling</b>	<b>Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat</b>
Amersfoortse coörd. locatie	X = 195214 Y = 469315
Toegepaste eisen	$V_{DR}$ [m/s] Gewenste kwaliteitskl. Overschrijdingskans [%] Beoordeling
<b>Voor comfort</b>	$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$
Doorlopen	5,0 ≤ B < 5 goed
Slenteren	5,0 ≤ B < 5 goed
Zitten	5,0 A < 2,5 goed
Regionale correctie	Geen correctie
<b>Voor gevaar</b>	$p(V_{LOK} > V_{DR,G})$
	15 n.v.t. 0,05 < p < 0,30 beperkt risico
	15 n.v.t. $p \geq 0,30$ gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	figuren met gecategoriseerde kleurcontouren windhinder en windgevaar
Opmerkingen	

