

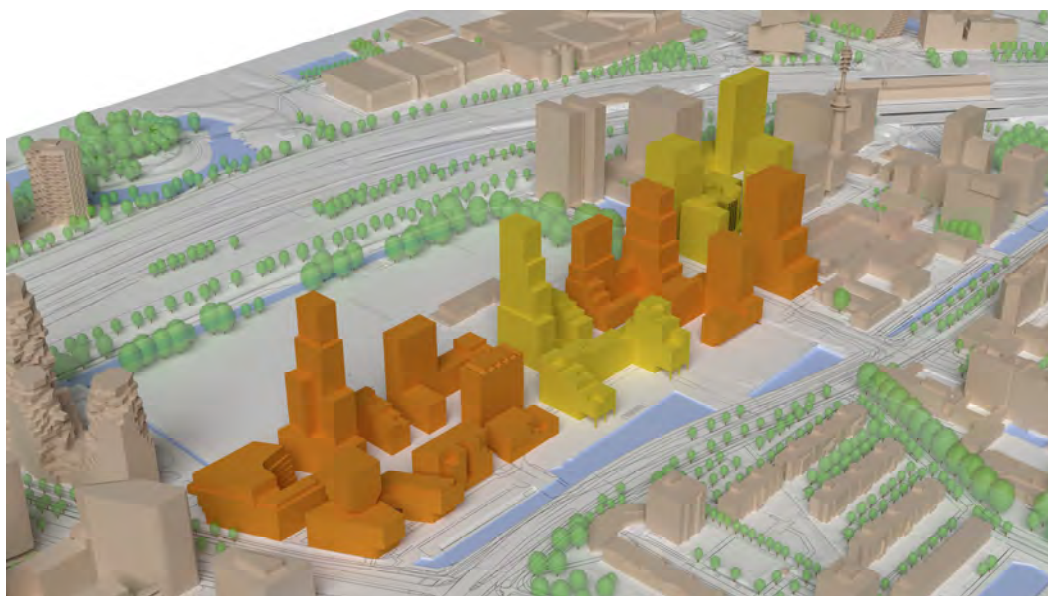


Ravel en Vivaldi te Amsterdam

Windklimaatonderzoek

Ravel en Vivaldi te Amsterdam

Windklimaatonderzoek



Opdrachtgever: Gemeente Amsterdam - Projectbureau Zuidas
Rapportnummer: O 17403-2-RA-002
Datum: 24 september 2025
Referentie: OO/MaV/ /O 17403-2-RA-002
Verantwoordelijke: O.E. Otten
Opsteller: ir. M.A. Verbruggen
+31 858 228 623
m.verbruggen@peutz.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Normstelling en uitgangspunten	6
2.1	Wettelijke kader	6
2.2	Norm gemeente Amsterdam	6
2.3	Beslismodel NEN 8100	6
2.4	Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100	6
2.4.1	Windhinder	6
2.4.2	Windgevaar	7
2.5	Windklimaat op de locatie	8
3	Rekenresultaten	11
3.1	Scenario 1	11
3.2	Scenario 2	14
3.3	Scenario 3	16
4	Samenvatting en conclusies	18

1 Inleiding

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing Ravel en Vivaldi te Amsterdam.

Voor het vervaardigen van het CFD-model is onder meer gebruik gemaakt van een door de gemeente Amsterdam 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 1800 bij 1200 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. De volgende situaties zijn onderzocht:

- Scenario 1: Ravel basis, Vivaldi basis
- Scenario 2: Ravel basis, Vivaldi noordelijke gevel 2 meter verschoven richting zuiden
- Scenario 3: Ravel aanpassing bouwvolumes kavelde E, F en H, Vivaldi noordelijke gevel 2 meter verschoven richting zuiden

In alle scenario's is naast de focusgebieden ook de overige geplande bebouwing van Ravel en Vivaldi tevens meegenomen.

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 scenario 1



f 1.2 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing scenario 2



f 1.3 Het gehanteerde 3D-model van de geplande bebouwing scenario 3

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 Amsterdam

De gemeente Amsterdam heeft een hoogbouwbeleid, vastgelegd in het document "*Hoogbouwbeleid Amsterdam*", van juli 2024. Hierin staat beschreven dat voor bebouwing hoger dan 30 meter windklimaatonderzoek conform de NEN 8100 moet worden uitgevoerd. Er wordt door de gemeente gesteld dat het windklimaat minimaal moet worden beoordeeld als matig volgens de criteria voor de activiteit op die locatie.

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. Volgens het beslismodel zoals opgenomen in de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving* wordt, gezien de bouwhoogte van meer dan de grens van 30 meter, het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk gezien.

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

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.

2.4.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{\text{DR,G}}$ 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

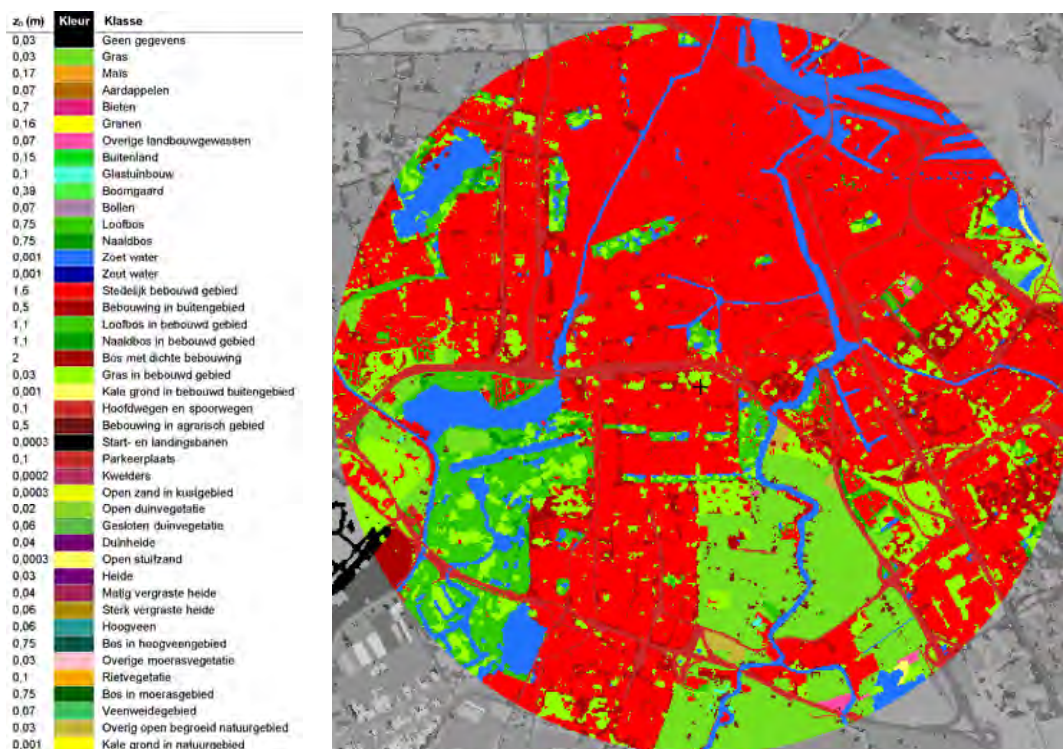
Overschrijdingskans $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,G}})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p \geq 0,30$	Gevaarlijk

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."

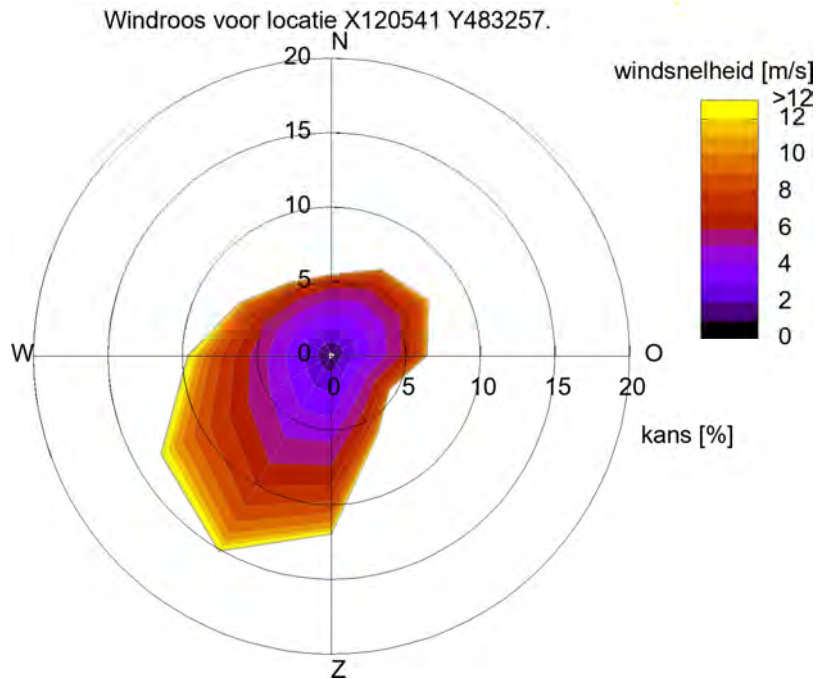
2.5 Windklimaat op de locatie

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 hoogste windsnelheden uit het zuiden tot noordwesten (180° tot 300°) komen. De wind komt relatief vaak uit het zuidwesten (210° en 240°). 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

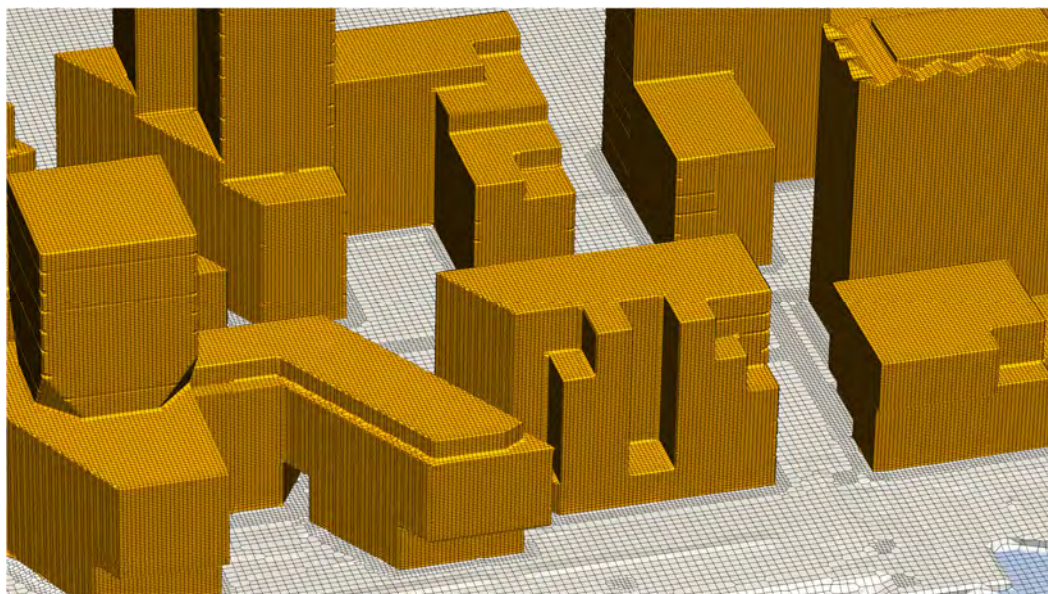
Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8766.7	
Positie X120541 Y483257 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.3	
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°	
0.0 - 0.9	18.5	17.9	17.6	16.6	12.9	14.4	21.8	21.6	17.4	17.9	19.0	20.4	
1.0 - 1.9	62.9	61.8	58.5	49.7	38.1	45.5	79.2	70.1	62.2	61.4	62.8	60.8	
2.0 - 2.9	82.5	85.2	81.8	75.8	62.0	71.0	118.6	117.5	90.5	87.9	85.8	77.3	
3.0 - 3.9	93.7	108.7	102.3	91.1	66.5	84.7	144.9	158.7	117.1	102.0	93.1	84.4	
4.0 - 4.9	81.3	95.7	113.5	94.3	65.3	86.8	144.1	188.4	134.9	110.8	94.2	79.6	
5.0 - 5.9	62.8	85.9	95.3	83.7	55.0	77.4	139.8	175.7	144.9	103.2	79.0	64.3	
6.0 - 6.9	40.2	60.1	65.9	56.5	40.8	57.5	111.3	159.1	136.8	89.7	68.0	46.7	
7.0 - 7.9	21.2	34.8	50.4	41.3	30.1	37.9	97.6	131.1	129.3	79.6	48.9	30.1	
8.0 - 8.9	10.3	21.8	34.6	27.4	17.6	29.8	68.7	106.6	104.2	58.4	34.0	19.2	
9.0 - 9.9	4.9	11.3	19.1	13.9	7.6	17.3	50.2	76.6	72.8	42.5	20.4	9.9	
10.0 - 10.9	2.3	4.9	12.2	8.1	2.9	10.9	33.4	52.1	58.0	31.2	11.3	5.3	
11.0 - 11.9	1.6	2.5	6.9	4.5	1.1	5.3	18.7	34.1	38.0	22.5	7.7	2.4	
12.0 - 12.9	0.5	1.1	1.8	1.4	0.6	2.9	11.8	19.4	23.7	15.4	2.9	1.4	
13.0 - 13.9		0.2	0.6	0.7	0.2	0.8	6.2	10.0	14.6	10.9	1.3	0.5	
14.0 - 14.9			0.2	0.3		0.5	2.8	4.1	7.7	6.2	0.9	0.3	
15.0 - 15.9			0.1	0.1		0.3	1.3	2.5	3.8	3.3	0.3	0.1	
16.0 - 16.9							0.7	1.4	2.4	2.3	0.2		
17.0 - 17.9							0.4	0.4	1.3	1.2	0.2		
18.0 - 18.9								0.1	0.6	0.4	0.1		
19.0 - 19.9									0.3	0.3	0.1		
20.0 - 20.9									0.2	0.1			
21.0 - 21.9									0.1	0.1			
22.0 - 22.9										0.1			
23.0 - 23.9									0.1				
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	482.7	591.9	660.8	565.4	400.7	543.0	1051.5	1329.5	1160.9	847.4	630.2	502.7	
gemiddelde snelheid	4.0	4.5	4.9	4.8	4.5	4.9	5.5	5.9	6.4	5.9	4.9	4.4	

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 scenario 1

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 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.

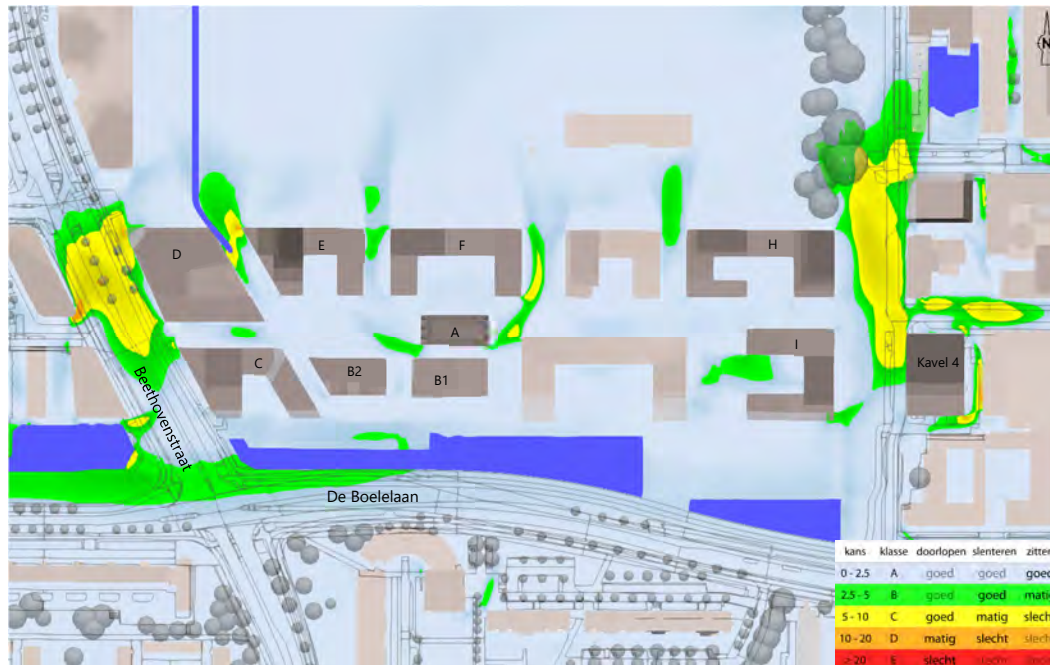
3.1 Scenario 1

In f 3.1 is een uitsnede te zien van het model voor scenario 1. De geplande bebouwing op de planlocatie is in oranje weergegeven, de overige geplande bebouwing in geel.



f 3.1 Aanzicht model scenario 1

In f 3.2 wordt in een horizontale doorsnede op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor scenario 1 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 scenario 1



f 3.3 Windgevaar in scenario 1

In scenario 1 is rond de planlocatie overwegend 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.

Op enkele locaties is lokaal sprake van een matig windklimaat, kwaliteitsklasse D. Dit wordt weergegeven met de kleur oranje.

Rond de gebouwhoeken van kavels D en E van focusgebied Ravel is zeer plaatselijk een matig windklimaat vastgesteld. Ten oosten van kavel 4 van Vivaldi is tevens een matig windklimaat te verwachten. Dit is een gevolg van de omstroming van de geplande bebouwing op kavel 4.

Er is geen sprake van een slecht windklimaat voor de activiteit doorlopen, beperkt risico op windgevaar of kwalificatie gevaarlijk. Hiermee wordt voldaan aan de criteria van de gemeente Amsterdam.

Gebouwentrees worden gezien als windgevoelige functie, waardoor deze strenger worden beoordeeld. Doorgaans wordt hier een hinderkans kleiner dan 5% nagestreefd, wat overeenkomt met een beoordeling goed voor de activiteit slenteren, klasse A of B. Voor de gevels van de geplande bebouwing is overwegend sprake van een gunstig windklimaat voor windgevoelige functies. Indien er entrees worden geplaatst op een locatie met een hogere hinderkans worden windafschermende maatregelen geadviseerd. Hierbij kan worden gedacht aan het plaatsen van de entree in een nis. Bij de omliggende bebouwing is langs de gevel van de bebouwing ten oosten van kavel 4 een matig tot slecht windklimaat vastgesteld. Bij de hoofdentree is het windklimaat goed.

Opgemerkt dient te worden dat de 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 afschermende 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 afschermende effect van begroeiing gewenst is.

3.2 Scenario 2

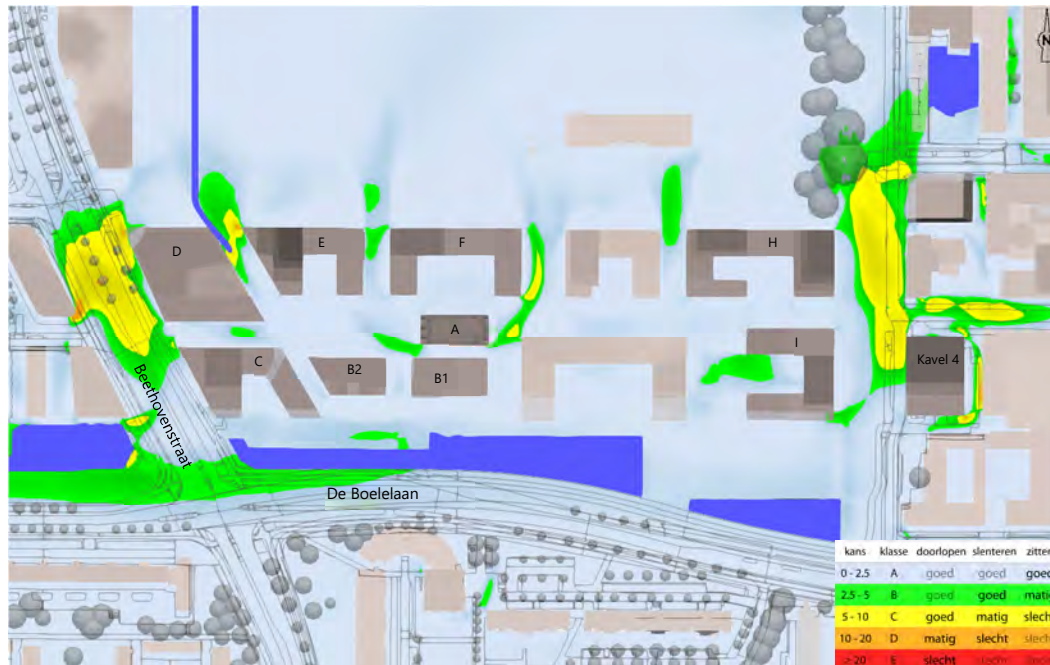
In f 3.4 is een uitsnede te zien van het model voor scenario 2. De geplande bebouwing op de planlocatie is in oranje weergegeven, de overige geplande bebouwing in geel.

Ten opzichte van scenario 1 is de noordelijke gevel van de toren op kavel 4 van Vivaldi 2 meter verschoven richting het zuiden.



f 3.4 Aanzicht model scenario 2

In f 3.5 en f 3.6 wordt respectievelijk de berekende hinder- en gevaarkans voor scenario 2 met kleurcontouren weergegeven.



f 3.5 Windhinder in scenario 2



f 3.6 Windgevaar in scenario 2

Door het verschuiven van de gevel van kavel 4 is er sprake van een beperkte verschuiving van windhinder ten noorden van deze bebouwing. De beoordeling is hetzelfde als in scenario 1.

3.3 Scenario 3

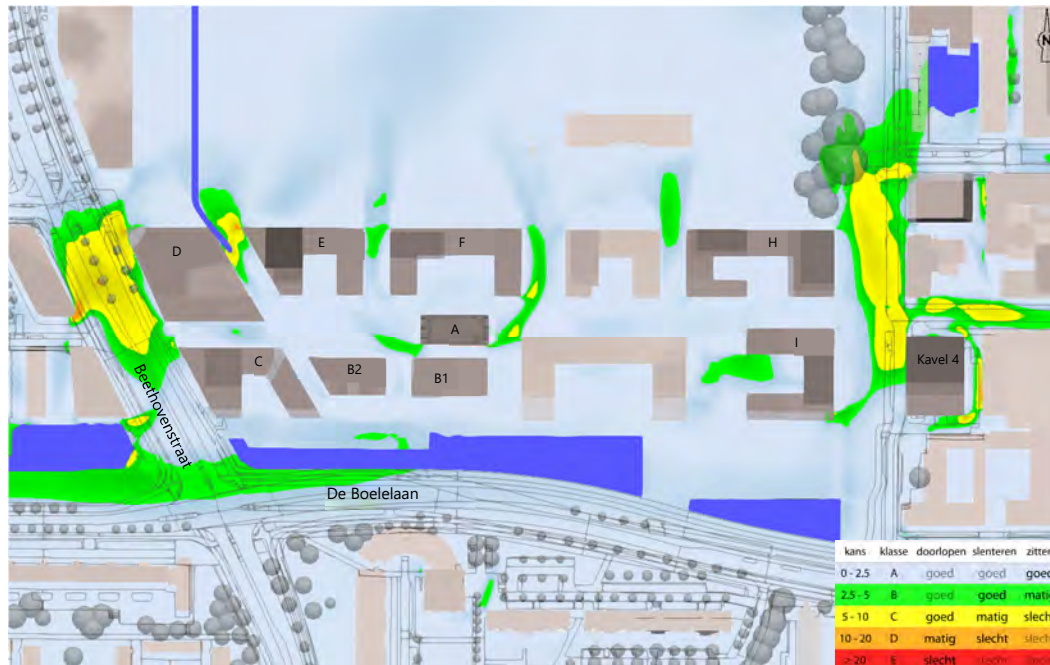
In f 3.7 is een uitsnede te zien van het model voor scenario 3. De geplande bebouwing op de planlocatie is in oranje weergegeven, de overige geplande bebouwing in geel.

Ten opzichte van scenario 2 is de bebouwing op de kavels E, F en H van Ravel aangepast.



f 3.7 Aanzicht model scenario 3

In f 3.8 en f 3.9 wordt respectievelijk de berekende hinder- en gevaarkans voor scenario 3 met kleurcontouren weergegeven.



f 3.8 Windhinder in scenario 3



f 3.9 Windgevaar in scenario 3

Door de aanpassingen op de kavels E, F en H van Ravel is met name rond deze bouwdelen een verschuiving van de windhinder te verwachten. De beoordeling wijzigt niet ten opzichte van scenario 1 en 2.

4 Samenvatting en conclusies

Met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) is een onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing Ravel en Vivaldi te Amsterdam. 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 alle scenario's van de geplande bebouwingssituatie is rond de planlocatie sprake van een goed tot plaatselijk matig windklimaat voor de activiteit doorlopen. Er is nergens sprake van een beoordeling slecht voor de activiteit doorlopen, beperkt risico op windgevaar of kwalificatie gevaarlijk.
- Gebouwentrees worden gezien als windgevoelige functie, waardoor deze strenger worden beoordeeld. Doorgaans wordt hier een hinderkans kleiner dan 5% nagestreefd, wat overeenkomt met een beoordeling goed voor de activiteit slenteren. Voor de gevels van de geplande bebouwing is overwegend sprake van een gunstig windklimaat voor windgevoelige functies. Indien er entrees worden geplaatst op een locatie met een hogere hinderkans worden windafschermende maatregelen geadviseerd. Hierbij kan worden gedacht aan het plaatsen van de entree in een nis.
- Bij de hoofdentrees van de omliggende bebouwing wordt het windklimaat als goed beoordeeld.
- Het windklimaat voldoet aan de criteria van de gemeente Amsterdam.



Dit rapport bevat 18 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel

Bijlage 2: Windhinder per windrichting

Bijlage 1 Technisch inlegvel NEN 8100

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Ravel en Vivaldi te Amsterdam
Opdrachtgever	Gemeente Amsterdam - Projectbureau Zuidas
Projectleider	O.E. Otten
Datum	24 september 2025
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	1800 x 1200 meter
Kerngebied	het gebied rondom de geplande nieuwbouw
Omgeving	bebouwing/begroeiing
Afmetingen model	2000 x 1400 x 360 meter
Blokkeringsgraad	<10%
Gemodelleerd groen	jaargemiddelde situatie
Onderzochte windrichtingen	12 (rondom in stappen van 30 graden)
Onderzochte configuraties	3 scenario's geplande bebouwingssituatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	OpenFoam 11
Algemeen	✓ FVM (eindige volume methode) ✓ drie-dimensionaal ✓ tijd-onafhankelijk ✓ isothermisch
Rekenrooster	Circa 38,5 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 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 = X120541 Y = 483257
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. $p \geq 0,30$ gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	figuren met gecategoriseerde kleurcontouren windhinder en windgevaar
Opmerkingen	

