



## **Strandeiland te Amsterdam**

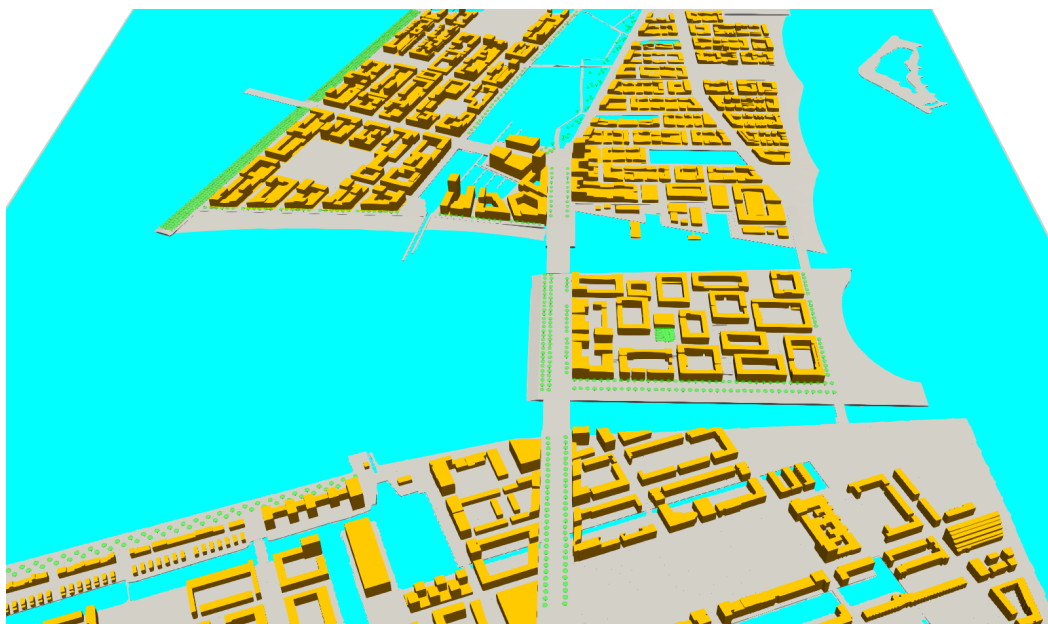
*Windklimaatonderzoek met behulp van CFD*

*Concept*

## Strandeiland te Amsterdam

*Windklimaatonderzoek met behulp van CFD*

*Concept*



|                   |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| opdrachtgever     | Gemeente Amsterdam                                     |
| rapportnummer     | OF 15797-2-RA                                          |
| datum             | 19 maart 2020                                          |
| referentie        | KvdN/LA//OF 15797-2-RA                                 |
| verantwoordelijke | ir. K.V. van der Nat                                   |
| opsteller         | dr. ir. L. Aanen<br>+31 85 8228630<br>l.aanen@peutz.nl |

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@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 – leuven – parijs – lyon

## Inhoudsopgave

|          |                                           |           |
|----------|-------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Inleiding</b>                          | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>Normstelling en uitgangspunten</b>     | <b>5</b>  |
| 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         |
| <b>3</b> | <b>Rekenresultaten</b>                    | <b>10</b> |
| <b>4</b> | <b>Samenvatting en conclusies</b>         | <b>14</b> |

## 1 Inleiding

In opdracht van Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van het Strandeiland te Amsterdam.

Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door de gemeente aangeleverd 3D model. In totaal is een gebied gemodelleerd is van circa 2000 bij 1700 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing, waarbij met name het windklimaat rond de hogere bouwdelen en langs de geplande strandlocatie beoordeeld zijn.

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 het interessegebied binnen de geplande bebouwing



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.

## 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 tot 60 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 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<br>$p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR,H}})$ in procenten<br>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                |

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. Op terrassen en buitenruimten wordt om deze reden vaak uitgegaan van het criterium voor slenteren in plaats van langdurig zitten, met een streefwaarde van minder dan 5%.

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

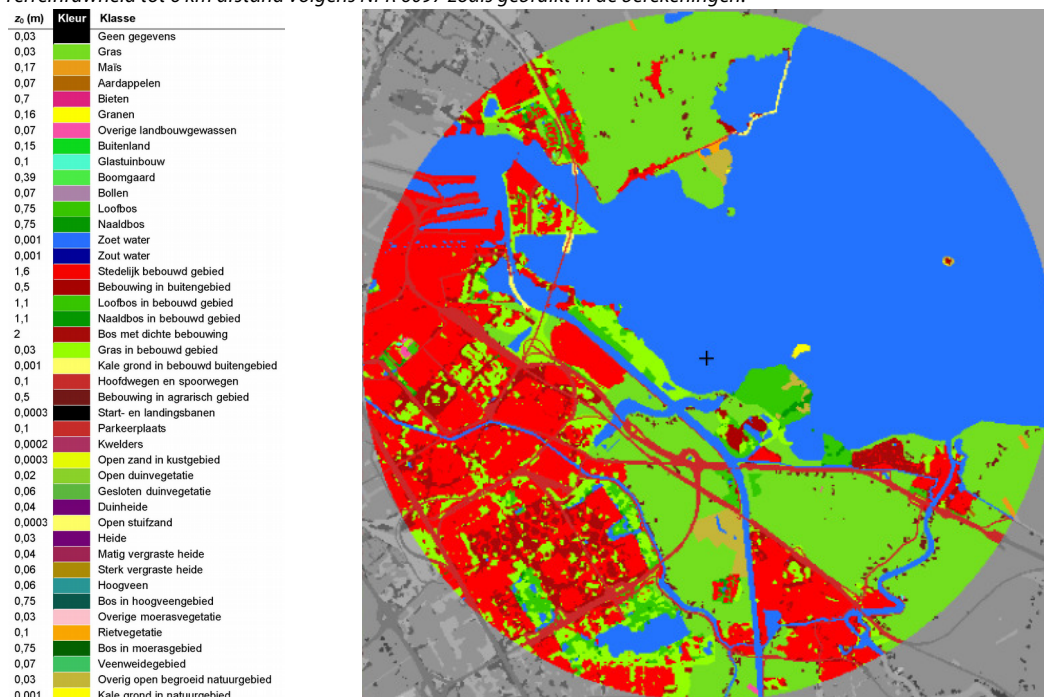
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van  $0,05 < p < 0,30$  mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis  $p \leq 0,05$ .

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. Gezien het feit dat de ruwheidskaart uitgaat van de bebouwingssituatie van 2005, en daarin de bebouwing van IJburg niet is meegenomen, is het punt waarop de windstatistiek is bepaald wat ten zuidwesten van het werkelijke midden van het Strandeiland genomen. Op deze manier ligt de ruwheidsverdeling zoals gebruikt bij de bepaling van de statistiek dicht bij de werkelijke ruwheidsverdeling.

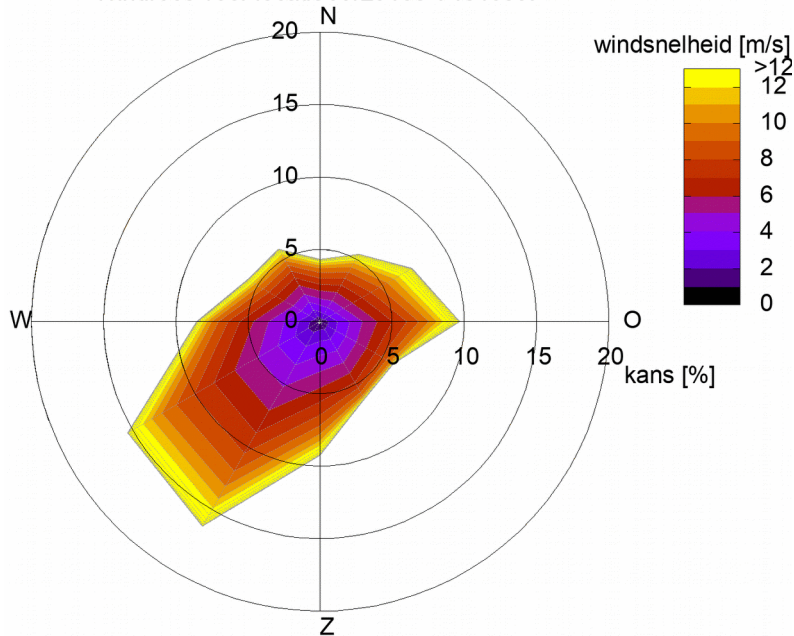
f2.1 Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097 zoals gebruikt in de berekeningen.



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 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. Anders dan op veel andere plekken in Nederland zijn door de aanwezigheid van het IJmeer de windsnelheden uit oostelijke en noordoostelijke richtingen hoog.

## f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X129158 Y484699.



## 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 X129158 Y484699 Jaar 1963-2002                                               |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
|                                                                                      |             |       |       |             |       |       |              |        |        |              |       |
| wind<br>snelheid                                                                     | Noord<br>0° | 30°   | 60°   | Oost<br>90° | 120°  | 150°  | Zuid<br>180° | 210°   | 240°   | West<br>270° | 330°  |
| 0.0 - 0.9                                                                            | 5.8         | 5.1   | 7.0   | 12.6        | 12.8  | 14.0  | 10.6         | 16.9   | 18.5   | 14.1         | 7.2   |
| 1.0 - 1.9                                                                            | 20.6        | 18.3  | 22.1  | 40.0        | 37.7  | 42.9  | 38.9         | 59.5   | 64.7   | 50.4         | 26.6  |
| 2.0 - 2.9                                                                            | 32.7        | 34.4  | 37.5  | 55.7        | 60.1  | 67.3  | 69.8         | 97.5   | 93.8   | 71.2         | 44.1  |
| 3.0 - 3.9                                                                            | 39.9        | 41.6  | 44.7  | 72.0        | 70.9  | 80.9  | 87.6         | 128.6  | 120.8  | 85.7         | 54.3  |
| 4.0 - 4.9                                                                            | 43.7        | 49.4  | 53.8  | 80.8        | 73.9  | 82.8  | 97.0         | 153.6  | 142.6  | 94.2         | 58.8  |
| 5.0 - 5.9                                                                            | 44.8        | 55.8  | 65.0  | 88.4        | 70.6  | 75.9  | 97.7         | 166.6  | 157.6  | 91.9         | 61.7  |
| 6.0 - 6.9                                                                            | 39.5        | 53.1  | 65.1  | 89.7        | 60.2  | 60.9  | 87.8         | 154.5  | 148.9  | 80.3         | 58.9  |
| 7.0 - 7.9                                                                            | 36.5        | 46.8  | 62.8  | 88.7        | 47.0  | 40.2  | 76.2         | 144.2  | 139.7  | 72.3         | 46.8  |
| 8.0 - 8.9                                                                            | 34.7        | 43.9  | 61.2  | 73.8        | 33.3  | 30.5  | 64.5         | 125.5  | 122.4  | 56.6         | 40.6  |
| 9.0 - 9.9                                                                            | 25.5        | 34.2  | 54.3  | 59.1        | 24.6  | 21.1  | 52.5         | 107.2  | 100.0  | 40.6         | 32.9  |
| 10.0 - 10.9                                                                          | 18.6        | 28.0  | 44.8  | 47.5        | 12.2  | 12.0  | 39.8         | 84.3   | 73.0   | 29.5         | 25.5  |
| 11.0 - 11.9                                                                          | 12.9        | 19.5  | 33.5  | 37.9        | 5.9   | 7.4   | 27.4         | 65.2   | 56.8   | 23.0         | 18.0  |
| 12.0 - 12.9                                                                          | 9.5         | 14.5  | 26.5  | 32.1        | 3.1   | 3.9   | 21.6         | 47.1   | 43.2   | 15.4         | 13.1  |
| 13.0 - 13.9                                                                          | 5.0         | 10.3  | 21.6  | 22.9        | 1.6   | 1.6   | 15.3         | 33.7   | 27.0   | 9.8          | 9.5   |
| 14.0 - 14.9                                                                          | 3.6         | 7.2   | 15.9  | 16.3        | 0.9   | 0.5   | 9.6          | 19.5   | 17.9   | 6.5          | 5.3   |
| 15.0 - 15.9                                                                          | 2.3         | 4.2   | 11.0  | 10.0        | 0.6   | 0.4   | 6.4          | 12.4   | 10.1   | 3.8          | 3.7   |
| 16.0 - 16.9                                                                          | 1.3         | 3.2   | 7.2   | 8.5         | 0.2   | 0.1   | 3.7          | 6.7    | 5.3    | 2.3          | 1.5   |
| 17.0 - 17.9                                                                          | 0.8         | 1.7   | 5.3   | 5.9         | 0.2   | 0.0   | 2.0          | 4.1    | 3.3    | 1.4          | 1.0   |
| 18.0 - 18.9                                                                          | 0.9         | 1.2   | 3.1   | 3.7         | 0.1   | 0.0   | 1.1          | 2.4    | 2.0    | 0.3          | 0.6   |
| 19.0 - 19.9                                                                          | 0.3         | 1.0   | 1.7   | 1.8         | 0.0   | 0.0   | 0.4          | 1.3    | 1.0    | 0.4          | 0.4   |
| 20.0 - 20.9                                                                          | 0.2         | 0.4   | 0.8   | 0.7         | 0.0   | 0.0   | 0.4          | 0.9    | 0.5    | 0.1          | 0.2   |
| 21.0 - 21.9                                                                          | 0.0         | 0.1   | 0.8   | 0.3         | 0.0   | 0.0   | 0.2          | 0.3    | 0.3    | 0.1          | 0.1   |
| 22.0 - 22.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.2   | 0.1         | 0.0   | 0.0   | 0.3          | 0.0    | 0.1    | 0.1          | 0.1   |
| 23.0 - 23.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.1   | 0.1         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.1    | 0.1          | 0.0   |
| 24.0 - 24.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.1   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 25.0 - 25.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 26.0 - 26.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 27.0 - 27.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 28.0 - 28.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 29.0 - 29.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 30.0 - 30.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 31.0 - 31.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 32.0 - 32.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 33.0 - 33.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 34.0 - 34.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 35.0 - 35.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 36.0 - 36.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 37.0 - 37.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 38.0 - 38.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| 39.0 - 39.9                                                                          | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0         | 0.0   | 0.0   | 0.0          | 0.0    | 0.0    | 0.0          | 0.0   |
| aantal uren                                                                          | 379.1       | 473.9 | 646.1 | 848.6       | 515.9 | 542.4 | 810.8        | 1432.0 | 1349.6 | 750.1        | 511.0 |
| gemiddelde snelheid                                                                  | 6.5         | 7.0   | 7.8   | 7.3         | 5.3   | 5.1   | 6.5          | 7.0    | 6.8    | 6.1          | 6.5   |



## 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, mede door de omvang van het interessegebied, 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.

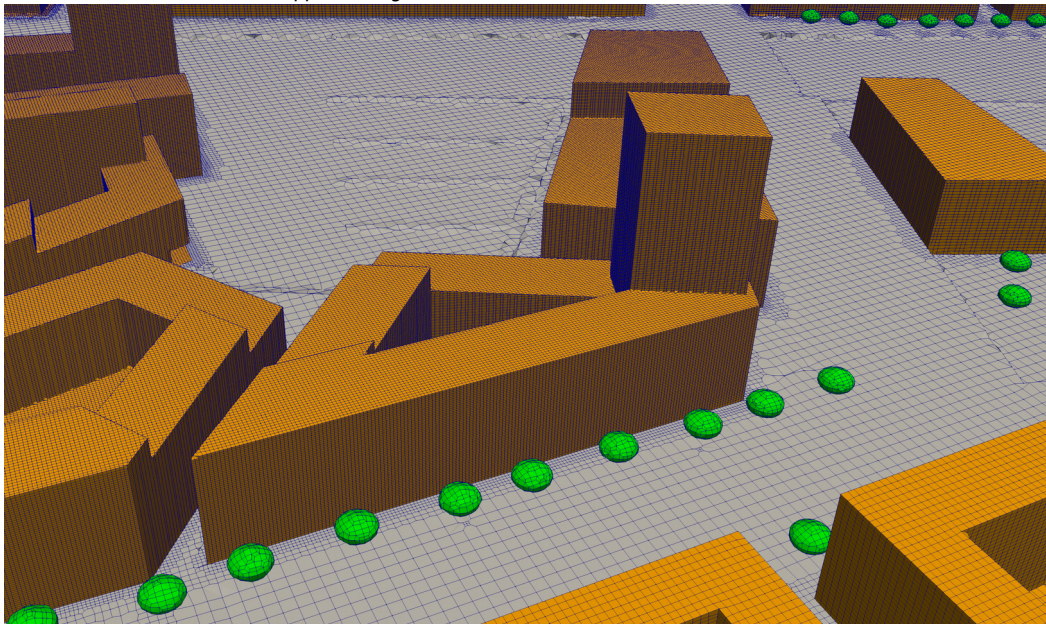
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskansen voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 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.

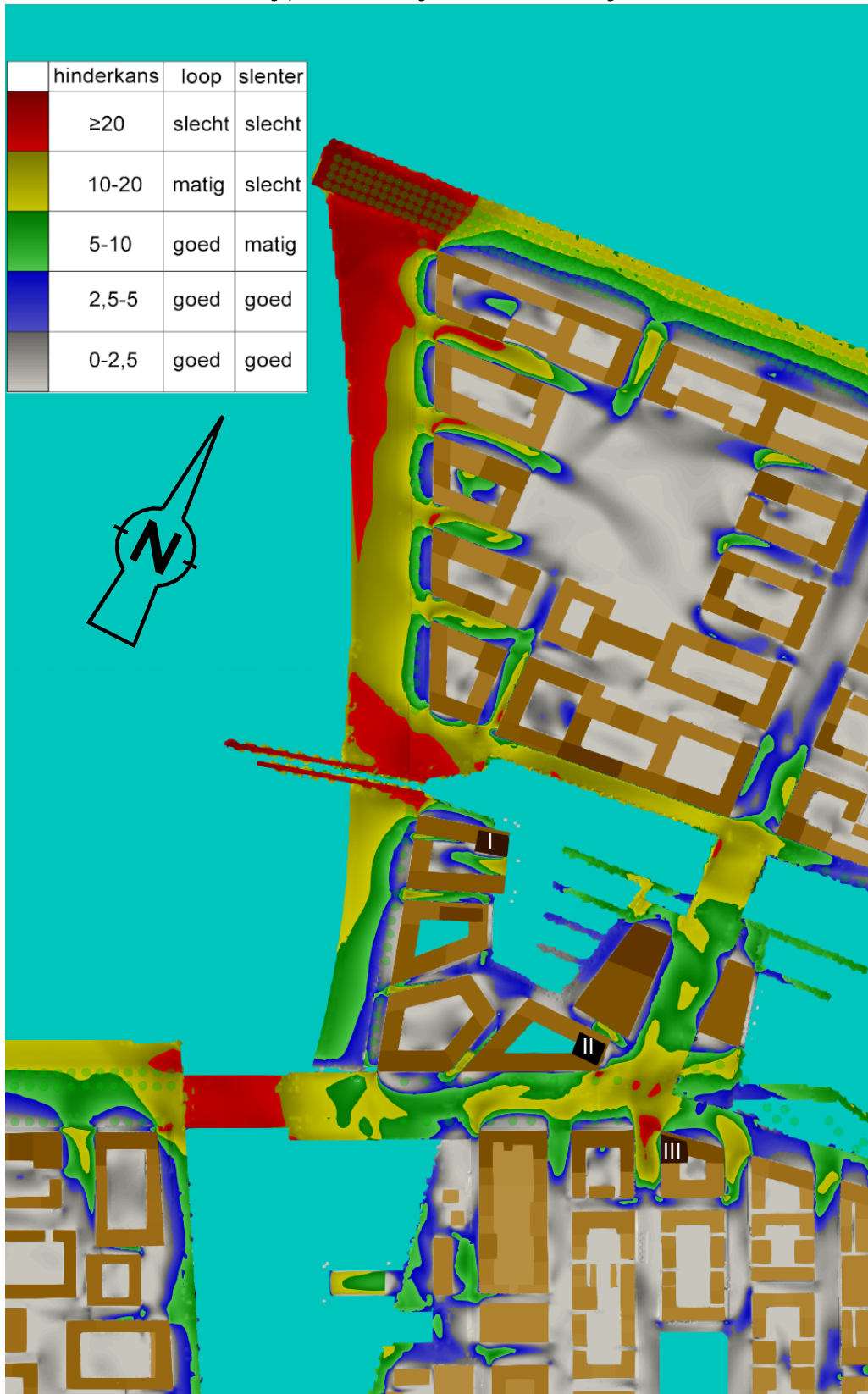
f3.1 Aanzicht van een detail van het oppervlakte grid van het rekenmodel



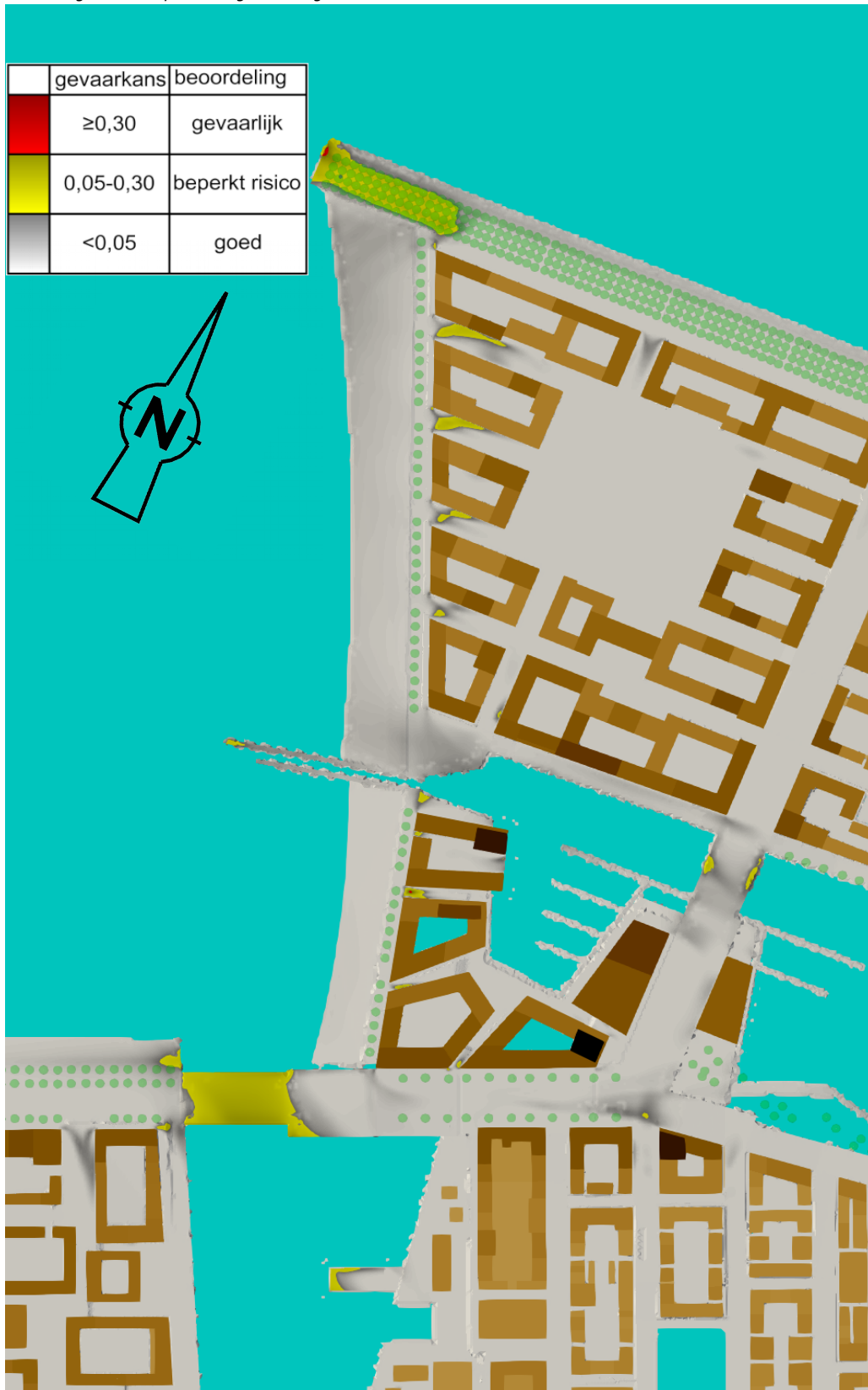
Het toekomstige windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

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.

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



f3.3 Beoordeling van het aspect windgevaar volgens de NEN 8100



Uit de resultaten (figuur 3.2) blijkt dat het windklimaat in het gebied, zoals te verwachten, forse verschillen kent. Aan de randen van het gebied, die open liggen voor de aanstromende wind, is het windklimaat, ook op de geplande strandlocatie, over het algemeen matig tot slecht voor doorlopen. Meer tussen de gebouwen mag, dankzij de relatief uniforme bouwhoogte, een goed windklimaat verwacht worden.

Bij het geplande hoogbouwdeel aan de haven (markering I in de figuur) is het windklimaat relatief gunstig. Dankzij de positionering op de laagbouw worden valwinden van de toren opgevangen op de laagbouwvoet en bereiken daardoor slechts beperkt het maaiveld.

Bij het middelste hoogbouwdeel (II in de figuur) is het windklimaat door de behoorlijk vrije aanstroming aan de zuidwestzijde net wat minder gunstig. Lokaal wordt hier bij de hoek van het bouwblok een slecht windklimaat verwacht.

Het windklimaat bij hoogbouwdeel III in de figuur is lokaal eveneens slecht. Dit wordt mede verklaard door het feit dat het gebouw geen laagbouwvoet heeft aan de westzijde. Het windklimaat zou hier verbeterd kunnen worden door het hoogbouwdeel te verplaatsen naar de oostzijde van het betreffende bouwblok.

Bij de straten die naar het strand leiden, is duidelijk te zien dat ten gevolge van de zuidwesten wind het windklimaat aan de noordzijde significant minder gunstig is als aan de zuidzijde van de straten. Aan de noordzijde van de straten is het windklimaat naar verwachting matig tot slecht voor doorlopen. Aan de zuidzijde mag een goed windklimaat voor doorlopen verwacht worden. Langs de gevels is het windklimaat hier nog wel matig voor slenteren.

Naast een beoordeling van het windklimaat op het aspect hinder is in figuur 3.3 de beoordeling voor het aspect windgevaar bijgevoegd. Uit de resultaten blijkt dat er op een aantal plaatsen lokaal sprake is van een beperkt risico op windgevaar (wat voor doorloopgebieden geaccepteerd mag worden). Er is op basis van de berekening, op een enkel heel lokaal punt na, nergens sprake van een overschrijding van het criterium voor windgevaar.



## 4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Gemeente Amsterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing van het Strandeiland te Amsterdam. Doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing, waarbij met name het windklimaat rond de hogere bouwdelen en langs de geplande strandlocatie beoordeeld zijn.

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:

- Aan de randen van het gebied, die open liggen voor de aanstromende wind, is het windklimaat, ook op de geplande strandlocatie, over het algemeen matig tot slecht voor doorlopen. Meer tussen de gebouwen mag, dankzij de relatief uniforme bouwhoogte, een goed windklimaat verwacht worden.
- Bij het geplande hoogbouwdeel aan de haven is het windklimaat relatief gunstig.
- Bij het middelste hoogbouwdeel is het windklimaat door de vrije aanstroming lokaal slecht.
- Het windklimaat bij het oostelijke hoogbouwdeel is door het ontbreken van een laagbouwdeel aan de westzijde lokaal slecht. Het windklimaat zou hier verbeterd kunnen worden door het hoogbouwdeel te verplaatsen naar de oostzijde van het betreffende bouwblok.
- In de straten die naar het strand leiden is aan de noordzijde van de straten het windklimaat naar verwachting matig tot slecht voor doorlopen. Aan de zuidzijde mag een goed windklimaat voor doorlopen verwacht worden.

Mook,

Dit rapport bevat 14 pagina's

Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

# Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

| Project                                 | Projectgegevens                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                          |                   |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|
| Projectnaam                             | Strandeiland te Amsterdam                                                                                                                                                                                 |                                                                                                          |                                          |                   |
| Opdrachtgever                           | Gemeente Amsterdam                                                                                                                                                                                        |                                                                                                          |                                          |                   |
| Projectleider                           | dr. ir. L. Aanen                                                                                                                                                                                          |                                                                                                          |                                          |                   |
| Datum                                   | 19 maart 2020                                                                                                                                                                                             |                                                                                                          |                                          |                   |
| Model                                   | Algemene gegevens van het model                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                          |                   |
| Omvang gemodelleerd gebied              | 2000 x 1700 meter                                                                                                                                                                                         |                                                                                                          |                                          |                   |
| Kerngebied                              | het gebied rondom de geplande nieuwbouw                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                          |                   |
| Omgeving                                | bebouwing en open water                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                          |                   |
| Afmetingen model                        | 2200 x 2200 x 300 meter                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                          |                   |
| Blokkeringsgraad                        | <10%                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                          |                   |
| Gemodelleerd groen                      | jaargemiddelde situatie                                                                                                                                                                                   |                                                                                                          |                                          |                   |
| Onderzochte windrichtingen              | 12 (rondom in stappen van 30 graden)                                                                                                                                                                      |                                                                                                          |                                          |                   |
| Onderzochte configuraties               | geplande bebouwingssituatie                                                                                                                                                                               |                                                                                                          |                                          |                   |
| Computeropstelling                      | Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                          |                   |
| Programmatuur                           | OpenFoam 6.0                                                                                                                                                                                              |                                                                                                          |                                          |                   |
|                                         | ✓                                                                                                                                                                                                         | 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 20 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 0° t/m 120°: z <sub>0</sub> =0.1 m; 150° en 330°: z <sub>0</sub> =0.3 m; overige windrichtingen z <sub>0</sub> =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 = 129158 Y = 484699                                                                                                                                                                                     |                                                                                                          |                                          |                   |
| Toegepaste eisen                        | V <sub>DR</sub> [m/s]                                                                                                                                                                                     | Gewenste kwaliteitsklasse                                                                                | Overschrijdingskans [%]                  | Beoordeling       |
| Voor comfort                            |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          | p(V <sub>LOK</sub> > v <sub>DR,H</sub> ) |                   |
| 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 <sub>LOK</sub> > v <sub>DR,G</sub> ) |                   |
|                                         | 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 <sub>LOK</sub> > v <sub>DR,H</sub> )-waarden, gevaar: tekstuele beoordeling |                                          |                   |
| Opmerkingen                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                          |                                          |                   |