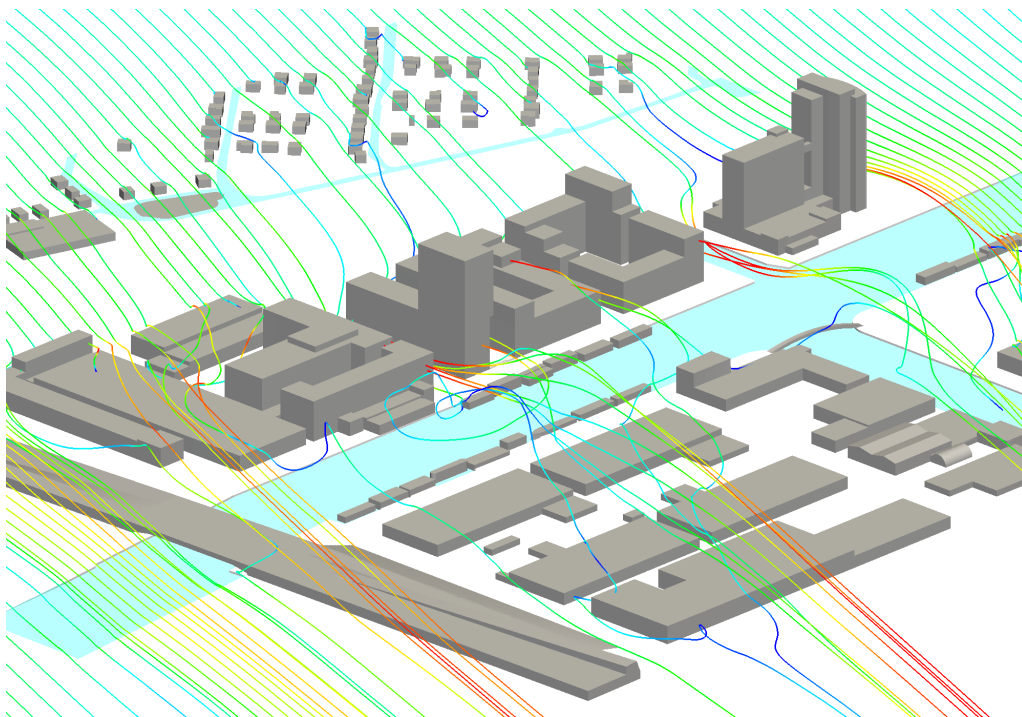


# Windhinderonderzoek Joan Muyskenweg te Amsterdam

Nieuwbouw hotel



AFR-4160  
June 19, 2013  
Version 1.6

2013 © Actiflow  
Author(s): R.P.W. (Reinier) Maas MSc.

# Contents

---

|          |                                                               |           |
|----------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introductie</b>                                            | <b>1</b>  |
| 1.1      | Windhinder en windgevaar . . . . .                            | 2         |
| <b>2</b> | <b>Opzet van de berekening</b>                                | <b>3</b>  |
| 2.1      | Software . . . . .                                            | 3         |
| 2.2      | Geometrie en rekenrooster . . . . .                           | 4         |
| 2.3      | Aannames en randvoorwaarden . . . . .                         | 5         |
| <b>3</b> | <b>Resultaten en conclusies</b>                               | <b>6</b>  |
| <b>A</b> | <b>Verbeelding bestemmingsplan Ronetteterrein</b>             | <b>11</b> |
| <b>B</b> | <b>Inlegvel NEN 8100:2006</b>                                 | <b>12</b> |
| <b>C</b> | <b>Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid</b> | <b>13</b> |

# 1

## Introductie

---

Men is voornemens om een gebied ten oosten van de Joan Muyskenweg te Amsterdam te revitaliseren. Hierbij wordt bestaande bebouwing vervangen en wordt braakliggend terrein ingevuld met nieuwe bebouwing. Het in voorbereiding zijnde bestemmingsplan Ronetteterrein (zie ook bijlage A) heeft betrekking op het braakliggend terrein. Het bestemmingsplan Ronetteterrein maakt (ondermeer) de bouw van een hotel en de bouw van studentenwoningen mogelijk. De maximale bouwhoogte van het hotel bedraagt 30 meter met een hoogteaccent van maximaal 60 meter aan de oostkant.

Volgens de Structuurvisie 2040 van de Gemeente Amsterdam (2011) is het gebied langs de A2 aangewezen als een 'zone langs infrastructuurbundel'. In deze stroken wordt ingezet op verdichting en toepassing van hoogbouw. Daarbij wordt een gedifferentieerd hoogbouwmilieu beoogd, met ensembles vanaf circa 60 meter hoogte bij de knooppunten. In het kader van een goede ruimtelijke ordening dienen de effecten van het plan op de windhinder in de directe omgeving in kaart gebracht te worden.

In de Nota Hoogbouw van de gemeente Amsterdam wordt onder meer aangegeven dat het niet mogelijk is objectieve algemene criteria op te stellen om effecten van een hoogbouwbouwplan te meten en te beoordelen, omdat de effecten per situatie erg verschillen. Het is wel mogelijk een aantal relevante aspecten van hoogbouwplannen te onderzoeken, zoals schaduwwerking en windhinder, zichtbaarheid vanuit het omringende landschap. Om deze af te wegen wordt aanbevolen voor alle gebouwen die in hoogte van de gemiddelde bouwhoogte in de omgeving afwijken een onderzoek uit te voeren.

Onderhavige rapportage geeft ten behoeve van het bestemmingsplan een beschrijving van de uitgangspunten en resultaten van het uitgevoerde windhinderonderzoek om de risico's op windhinder in de directe omgeving van de gebouwen in het bestemmingsplan inzichtelijk te maken.

Het onderzoek is uitgevoerd door Actiflow in opdracht van LBP|SIGHT te Nieuwegein. In dit onderzoek is het toekomstig windklimaat rond de betreffende nieuwbouw aan de Joan Muyskenweg te Amsterdam op 1,75 m hoogte bepaald met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). De berekeningen en de analyse zijn uitgevoerd conform NEN 8100:2006.

Hoofdstuk 2 van dit rapport gaat in op de opgegeven geometrie van de gebouwen, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden. Een korte beschrijving wordt hier gegeven van enkele definiërende elementen van de geometrie en de resulterende rekenroosters.

De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 3.

In het vervolg van dit hoofdstuk zullen enkele begrippen worden verklaard en wordt een beknopte beschrijving gegeven van de inhoud van NEN 8100:2006.

## 1.1 Windhinder en windgevaar

Het doel van het onderzoek is het in kaart brengen van het windklimaat ter plaatse van de nieuwbouw en zijn directe omgeving. De Nederlandse norm NEN 8100:2006 geeft de randvoorwaarden die dienen te worden gebruikt bij het uitvoeren van een dergelijk onderzoek. In deze norm is beschreven hoe op een goede en eenduidige manier het windklimaat voor een willekeurige locatie in Nederland te bepalen is.

In de norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. Dit zal bij een gemiddeld persoon gebeuren wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt. Windgevaar is het optreden van een dergelijk hoge windsnelheid waarbij in ernstige mate problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies, waardoor het onmogelijk wordt zich staande te houden of zich lopend voort te bewegen. Windgevaar vindt vooral tijdens vlagen plaats. Dit fenomeen wordt vanwege de benodigde rekenkracht niet gemodelleerd in een tijdsafhankelijke berekening, maar in een aanvulling op de statistische windhinderanalyse. Hier wordt aangenomen dat windgevaar optreedt als de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt.

NEN 8100:2006 geeft een indeling voor windgevaar naar kwaliteitsklassen. Deze indeling is terug te vinden in tabel 1.1. Aan de hand van de kans op overschrijding van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van de locatie wordt een bepaalde klasse gekarakteriseerd als goed, matig of slecht.

**Table 1.1:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

| Overschrijdingskans                                                             | Kwaliteitseis | Activiteiten |               |                       |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|---------------|-----------------------|
| $P(V_{\text{LOK}} > V_{\text{DR,H}})$ in procenten van het aantal uren per jaar |               | 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                |

Tabel 1.2 toont de indeling en kwalificatie voor de kans op windgevaar op vergelijkbare wijze als voor windhinder wordt gedaan. Hierbij dient te worden opgemerkt dat voor activiteitsklassen II. en III. zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Voor deze activiteitsklassen geldt dat enkel  $p \leq 0.05$  acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet te allen tijde worden vermeden.

**Table 1.2:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

| Overschrijdingskans                                                             | Kwaliteitseis  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| $P(V_{\text{LOK}} > V_{\text{DR,H}})$ in procenten van het aantal uren per jaar |                |
| 0,05 - 0,30                                                                     | Beperkt risico |
| > 0,30                                                                          | Gevaarlijk     |

Bovenstaande normstelling zal worden gebruikt bij toetsing van de resultaten van onderhavige situatie.

# 2

## Opzet van de berekening

---

Voor een overzicht van de instellingen bij de berekening wordt verwezen naar het inlegvel uit de NEN 8100:2006, welke is toegevoegd als bijlage B.

### 2.1 Software

Het windhinderonderzoek is uitgevoerd conform de uitgangspunten uit NEN 8100:2006. Deze norm geeft aan dat bij het uitvoeren van een windhinderonderzoek gekozen kan worden uit een windtunnelonderzoek of berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). Er wordt in de norm geen methode preferent gesteld.

Bij onderhavig windhinderonderzoek is gebruik gemaakt van CFD-berekeningen. Dit is gedaan vanwege de volgende redenen:

- De resultaten van een CFD-berekening geven inzicht in het gehele rekendomein, waardoor alle mogelijke probleemzones zichtbaar worden (i.t.t. de resultaten van een windtunnelonderzoek, waarbij de resultaten slechts op enkele vooraf bepaalde discrete punten worden bepaald).
- Het volledige beeld van de windstroming, dat een CFD-berekening biedt, maakt het mogelijk de oorzaak van overschrijdingen op te zoeken middels 'tracing'. Maatregelen kunnen hierdoor accuraat worden gekozen en gedimensioneerd.
- In een CFD-model wordt niet gerekend op schaal, zodat schaaleffecten hier geen rol spelen.
- Driedimensionale CAD-modellen kunnen eenvoudig (kostenefficiënt) worden omgezet in een CFD-model (i.t.t. het opbouwen van een schaalmodel voor windtunnelonderzoek). Deze CAD-modellen worden steeds vaker gebruikt bij het ontwerp van een gebouw en zijn stedelijke omgeving.

Een CFD-berekening kan slechts betrouwbaar zijn wanneer deze uitgevoerd wordt door een deskundig persoon en middels een gevalideerd model.

Actiflow is gespecialiseerd in aerodynamisch ontwerp en heeft een zeer rijke ervaring met CFD-berekeningen in diverse technische disciplines. De werknemers bestaan uit CFD-engineers met universitaire opleiding in ondermeer lucht- en ruimtevaarttechniek en bouwfysica. CFD-berekeningen (windhinder, intern comfort, verspreiding van pollutanten en de afvoer van rook en warmte bij brand) worden hierbij dagelijks uitgevoerd.

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de incompressibele Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd in het  $k-\omega$  SST model.

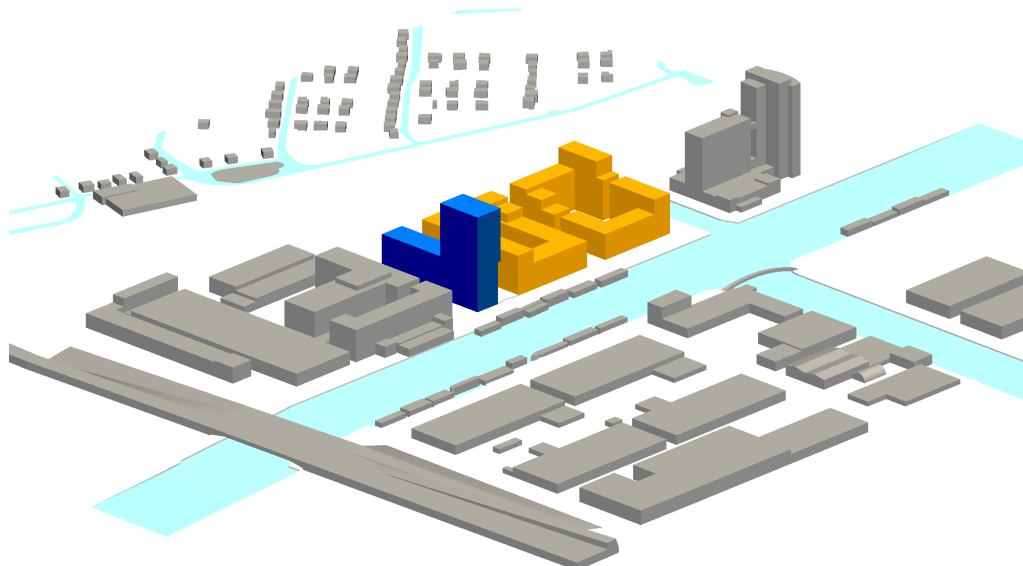
De keuze voor dit model komt voort uit validaties van windtunnelstudies betreffende zogenaamde 'urban street canyons', waarin een windstroming aanwezig is die ook in de stedelijke omgeving wordt gezien. (*Kovar-Panskus et al, 2002, Influence of geometry on the main flow within urban street canyons - a comparison of wind tunnel experiments and numerical simulations, Water, Air and Soil Pollution, p. 365 - 380, Kluwers Academic Publishers.*)

Overige aannames, randvoorwaarden en eigenschappen van het rekenrooster komen voort uit 'best practice guidelines', welke zijn toegespitst op het berekenen van windstromingen in de gebouwde omgeving. (*Franke et al, 2007, Best practice guideline for the CFD simulation of flows in the urban environment, COST Action 732, University of Hamburg.*)

## 2.2 Geometrie en rekenrooster

Het driedimensionale model is weergegeven in figuur 2.1. Het model omvat de bebouwing en belangrijke hoogteverschillen in een straal van 300 m rond het plangebied. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 2.000 m en een hoogte van 300 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt.

Op basis van de hierboven beschreven geometrie is een rekenrooster opgesteld. Dit rooster bestaat uit 24.640.935 cellen. Het grootste deel van de cellen bestaat uit tetrahedra. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.



**Figure 2.1:** Model (nieuwbouw hotel in donkerblauw)

## 2.3 Aannames en randvoorwaarden

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Hierbij is gebruik gemaakt van de Nederlandse praktijkrichtlijn NPR 6097:2006 'Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland'. Met deze methode wordt voor elke locatie in Nederland een statistische windroos gemaakt, uitgaande van metingen over een lange periode (enkele decennia) van de uurgemiddelde windsnelheid op verscheidene locaties in Nederland en uitgaande van een ruwheidsmodel van de betreffende locatie en de omgeving. De frequentietabel voor deze locatie is terug te vinden in bijlage C.

Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 2.1 en 2.2. Hierin is  $U_n$  de horizontale windsnelheid,  $z$  de hoogte vanaf het maaiveld, en  $z_0$  een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat  $\kappa = 0,41$ . Deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties. Ook de turbulente grootheden  $k$  en  $\omega$  verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 2.3 en vergelijking 2.4. Hierin heeft  $C_\mu$  de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model ( $k$ - $\omega$  SST).

Voor de berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel opgegeven met een ruwheidslengte van 1,2 m, aangezien het grootste gedeelte van het omliggend terrein stedelijke bebouwing is. Hierop vormen de wind- richtingen zuid en zuidzuidwest een uitzondering, waarbij een ruwheidslengte van 0,25 m is opgegeven voor landelijk gebied. Deze ruwheidslengten komen voort uit wetenschappelijk onderzoek (Wieringa, 1992, *Updating the Davenport roughness classification, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, p. 357 - 368, Elsevier).

Voor de 12 windrichtingen die in beschouwing zijn genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd. Vervolgens wordt de windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn.

$$U_n(z) = \left( \frac{U^*}{\kappa} \right) \ln \left( \frac{z + z_0}{z_0} \right) \quad (2.1)$$

$$U^*(z_0, U_{ref}, z_{ref}) = \frac{\kappa \cdot U_{ref}}{\ln \left( \frac{z_{ref} + z_0}{z_0} \right)} \quad (2.2)$$

$$k(z) = \frac{U^{*2}}{\sqrt{C_\mu}} \quad (2.3)$$

$$\omega(z) = \frac{U^*}{\kappa(z - z_{ground} + z_0)\sqrt{C_\mu}} \quad (2.4)$$

# 3

## Resultaten en conclusies

---

De resultaten van de simulatie zijn weergegeven als een doorsnede op 1,75 m boven het maaiveld, zoals vereist in NEN 8100:2006. Figuren 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 en 3.6 tonen deze resultaten.

De figuren laten zien in welke klassen het windklimaat op de desbetreffende locatie valt. Hierin zijn de resultaten van de 12 windrichtingen en de bijbehorende windstatistiek opgenomen.

De algemene indruk van het windklimaat is dat de openbare ruimte direct naast de nieuwbouw een hoge windsnelheid kan ondervinden. Dit wordt veroorzaakt door de stedenbouwkundige indeling van het gebied, waarin de oriëntatie van deze ruimten gelijk is aan de overheersende en maatgevende windrichting. Daarnaast zijn deze buitenruimten vormgegeven als een relatief smalle doorgang tussen gebouwen. Deze indeling leidt tot een windklimaat veelal in kwaliteitsklassen C en D.

Zoals aangegeven zal het behaalde comfortniveau (goed, matig, slecht) sterk afhankelijk zijn van het gebruik van de buitenruimten.

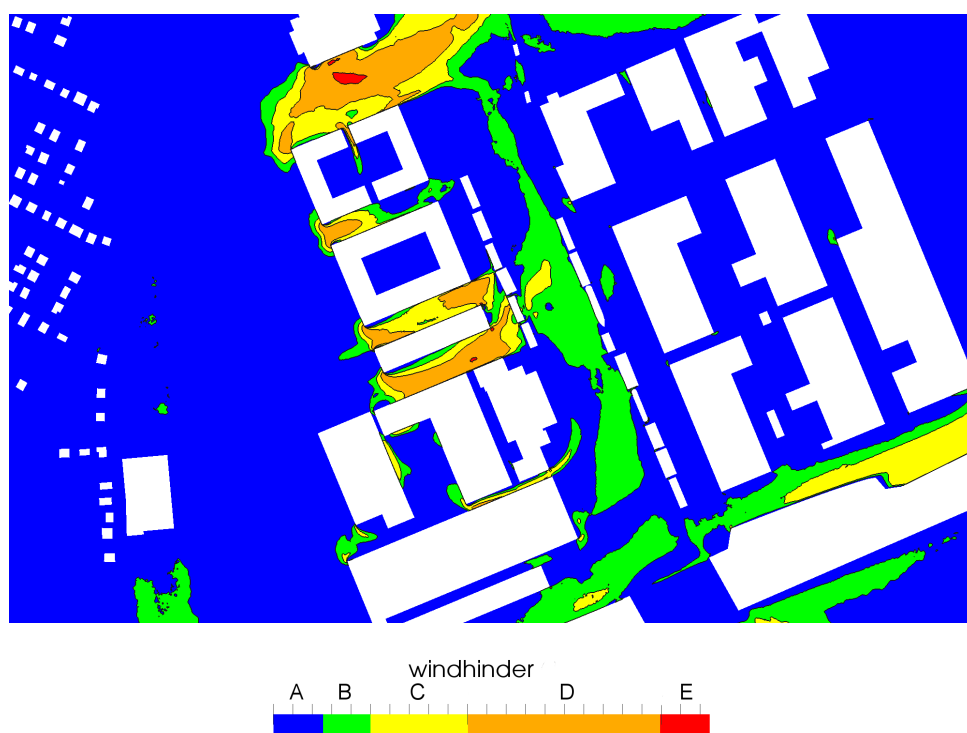
Indien de buitenruimten gebruikt worden als verkeerszone ('doorlopen') kan een kwaliteitsniveau A, B, C en D voor windhinder geaccepteerd worden. Hierbij mag zelfs een beperkt risico op windgevaar aanwezig zijn. Het huidige ontwerp voldoet vrijwel op alle locaties aan deze eisen. De zones met windhinder klasse E zijn van een dermate beperkte omvang dat dit acceptabel is.

Wanneer de buitenruimten gebruikt worden voor het plaatsen van gebouwentrees dan wordt geadviseerd dit in zones met windhinder klasse A, B en C te doen ('slentergebied'). Geadviseerd wordt om hiermee rekening te houden bij het uitwerken van de nieuwbouw en bij de plaatsing van overige entrees (bijvoorbeeld de woonboten). Het huidige windklimaat biedt voldoende mogelijkheden deze entrees te plaatsen.

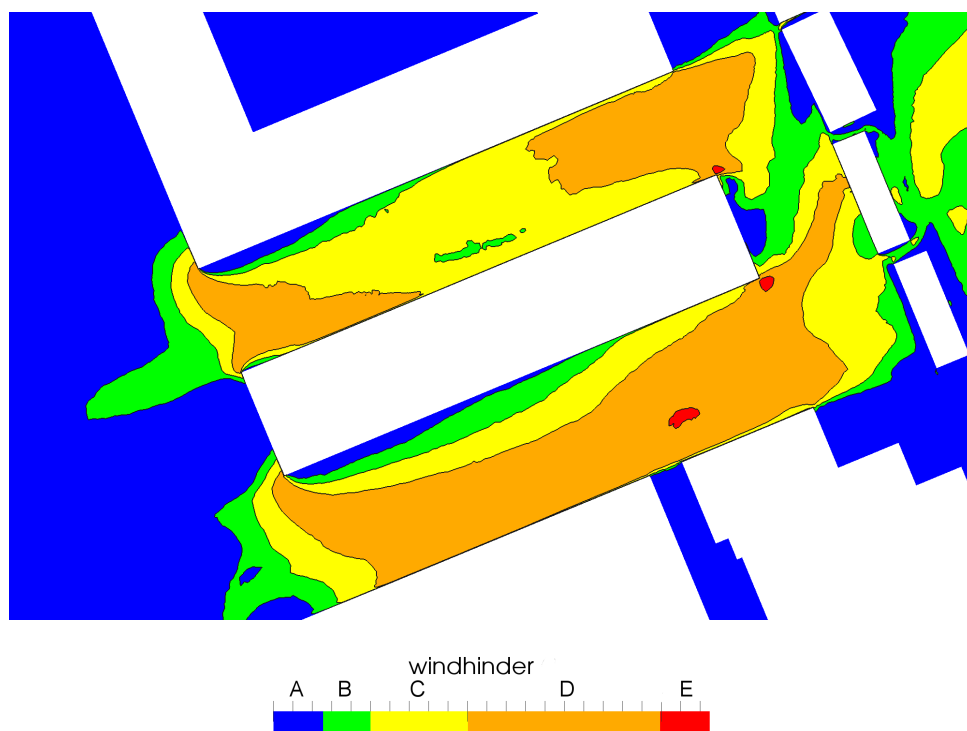
Het windklimaat nabij de bestaande bebouwing in de directe nabijheid van de nieuwbouw valt maximaal binnen klasse D (bestaande bebouwing aan de zuidzijde). Op deze locaties bevinden zich geen gebouwentrees, waardoor dit acceptabel is. De gebouwentree van de bestaande bebouwing ten zuidoosten van de nieuwbouw valt binnen klasse C en is dus acceptabel.

Het windklimaat op grotere afstand van de nieuwbouw zal slechts in een zeer beperkte mate (niet-significant) door de nieuwbouw worden beïnvloed. Eventuele overschrijdingen die nu zichtbaar zijn (noordzijde van het domein), worden niet door de nieuwbouw veroorzaakt.

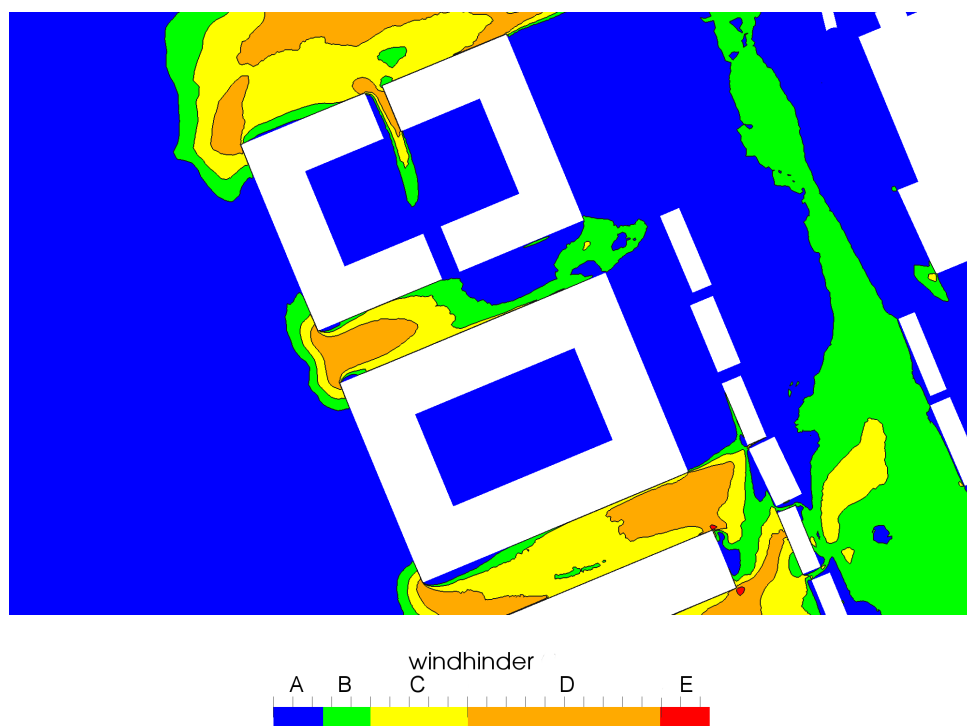
Bij de verdere uitwerking van de nieuwbouw en het omliggende gebied dient het windklimaat in ogenschouw genomen te worden. Teneinde het windklimaat te optimaliseren kunnen maatregelen worden genomen. Hierbij is van belang dat elke aanpassing invloed zal hebben op het lokale windklimaat. Het is raadzaam om een uitwerking in een vroeg stadium ter beoordeling voor te leggen.



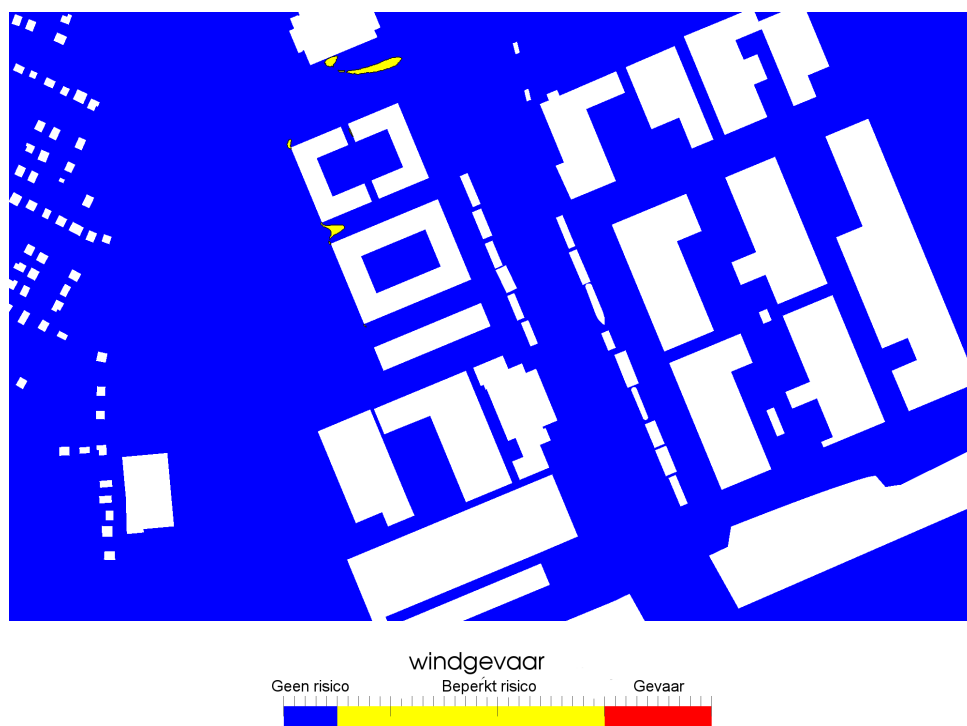
**Figure 3.1:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windhinder



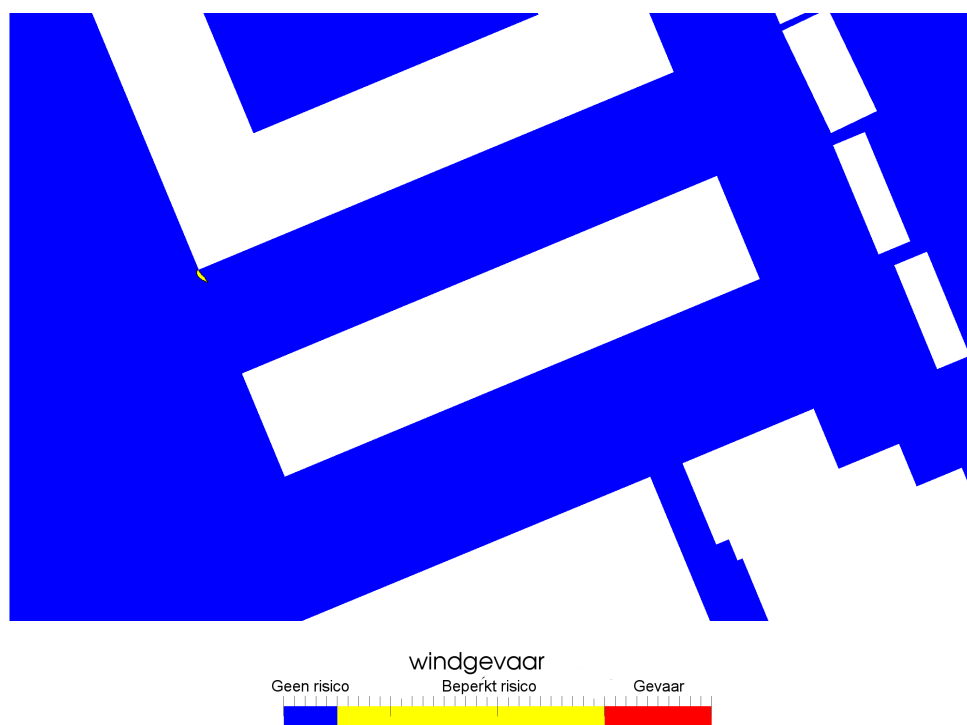
**Figure 3.2:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windhinder nabij de nieuwbouw hotel



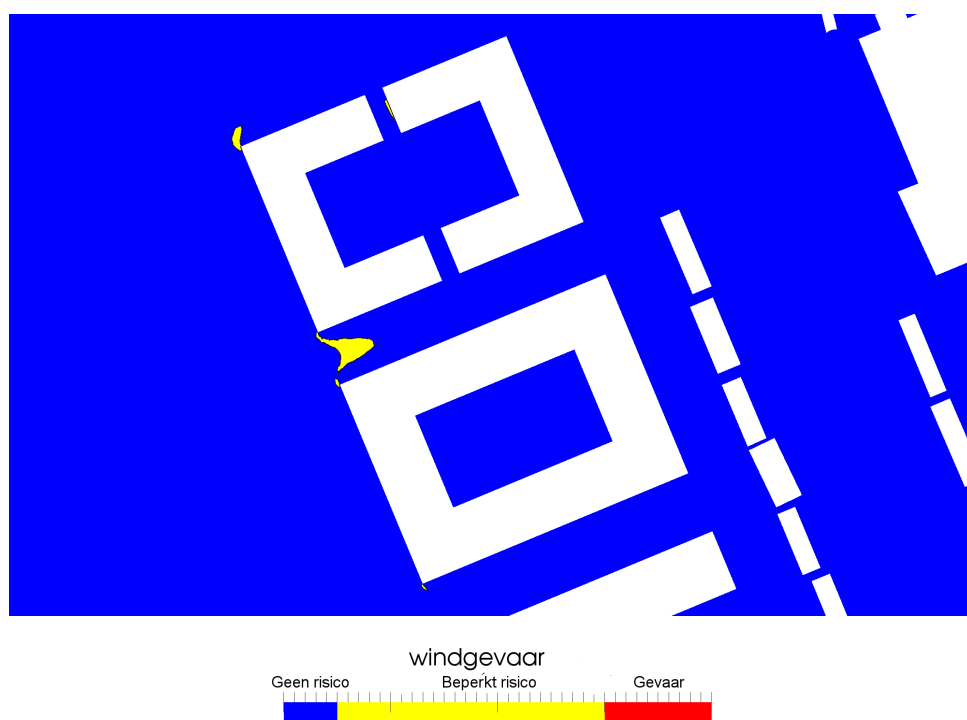
**Figure 3.3:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windhinder nabij de nieuwbouw studentenwoningen



**Figure 3.4:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windgevaar



**Figure 3.5:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windgevaar nabij de nieuwbouw hotel



**Figure 3.6:** Overzicht van de kwaliteitsklasse betreffende windgevaar nabij de nieuwbouw studentenwoningen



|                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|
| Project                                                            | Projectgegevens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
| Projectnaam                                                        | Windhinderonderzoek Joan Muyskenweg te Amsterdam<br>Nieuwbouw hotel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                         |                |
| Opdrachtgever                                                      | LBP Sight                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                         |                |
| Projectleider                                                      | R.P.W. Maas MSc.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                            |                         |                |
| Datum                                                              | 29 mei 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                         |                |
| Model                                                              | Algemene gegevens van het model                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
| Omvang gemodelleerd gebied                                         | Bebouwing binnen 300 m rondom Joan Muyskenweg te Amsterdam                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                            |                         |                |
| Kerngebied                                                         | Joan Muyskenweg te Amsterdam                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |                         |                |
| Omgeving                                                           | Hoogbouw, laagbouw, woonboten, bruggen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |                         |                |
| Afmetingen model                                                   | Rond met straal 1.000 m en hoogte 300 m.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                         |                |
| Blokkeringsgraad                                                   | Gemiddeld 2,5 %, maximaal 4,0 %                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
| Gemodelleerd groen                                                 | geen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                            |                         |                |
| Onderzochte windrichtingen<br>(minimaal 12 over de windroos)       | 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |                         |                |
| Onderzochte configuraties                                          | Situatie nieuwe bebouwing                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                         |                |
| Computeropstelling                                                 | Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
| Programmatuur                                                      | <input checked="" type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) <input type="checkbox"/> anders<br>Programmatuur: OpenFOAM<br>Versie: 2.1.x-41a08dfc16e0                                                                                                                                                                 |                            |                         |                |
| Algemeen                                                           | <input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input type="checkbox"/> isothermisch<br><input type="checkbox"/> passieve scalars<br><input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch<br><input type="checkbox"/> actieve scalars<br>Overige: |                            |                         |                |
| Rekenrooster                                                       | Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, 24.640.935 cellen                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                            |                         |                |
| Turbulentiemodellering                                             | k-omega SST                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                         |                |
| Convectieve differentieschema's                                    | Snelheidscomponenten: linearUpwindV<br>Turbulente grootheden: upwind<br>Scalaire variabelen: n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                                                |                            |                         |                |
| Randvoorwaarden                                                    | Gebruikte randvoorwaarden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                         |                |
| Instroomprofiel                                                    | Logaritmische atmosferische grenslaag, $z_0 = 1,2 \text{ m}$ ,<br>m.u.v. Z en ZZW, $z_0 = 0.25 \text{ m}$                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            |                         |                |
| Uitlaat                                                            | Druk-uitlaat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                            |                         |                |
| Boven-/Zijwanden                                                   | Slip-wanden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                         |                |
| Vloer/bodem                                                        | No-slip, ruwe wand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |                         |                |
| Overige                                                            | No-slip, ruwe wand                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                            |                         |                |
| Gegevensverwerking en -beoordeling                                 | informatie voor locatie en berekening windklimaat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                            |                         |                |
| Amersfoortse coördinaten van de locatie                            | X: 122978                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                            | Y: 482729               |                |
| Toegepaste eisen                                                   | $V_{OR}$<br>m/s                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gewenste kwaliteits-klasse | Overschrijdings-kans %  | Beoordeling    |
| Voor comfort                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            | $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$ |                |
| Doorlopen                                                          | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | A, B, C, D                 | < 20                    | Matig          |
| Slenteren                                                          | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | A, B, C                    | < 10                    | Matig          |
| Zitten                                                             | 5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | A, B                       | < 5                     | Matig          |
| Regionale correctie                                                | n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | n.v.t.                     | n.v.t.                  | n.v.t.         |
| Voor gevaar                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |
|                                                                    | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | n.v.t.                     | $0,05 < p < 0,30$       | beperkt risico |
|                                                                    | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | n.v.t.                     | $p \geq 0,3$            | gevaarlijk     |
| Gepresenteerde resultaten                                          | Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                            |                         |                |
| Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                            |                         |                |

# C

## Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

### FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF

X122978 Y482729 Jaar 1971-2000

| Windsnelheid<br>(m/s) | Windrichting (*10 graden)   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | Cum.  |
|-----------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
|                       | 35-01                       | 02-04 | 05-07 | 08-10 | 11-13 | 14-16 | 17-19 | 20-22 | 23-25 | 26-28 | 29-31 | 3 2-34 |       |
|                       | Distributief in percentages |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
| 0,0 - 0,9             | 0.10                        | 0.10  | 0.09  | 0.09  | 0.10  | 0.11  | 0.12  | 0.15  | 0.15  | 0.13  | 0.09  | 0.10   | 1.33  |
| 1,0 - 1,9             | 0.70                        | 0.51  | 0.49  | 0.51  | 0.63  | 0.58  | 0.69  | 0.84  | 0.74  | 0.62  | 0.52  | 0.65   | 7.49  |
| 2,0 - 2,9             | 1.43                        | 0.90  | 0.77  | 0.97  | 1.07  | 1.04  | 1.30  | 1.58  | 1.12  | 1.04  | 0.85  | 1.09   | 13.16 |
| 3,0 - 3,9             | 1.35                        | 1.09  | 1.00  | 1.26  | 1.25  | 1.28  | 1.71  | 2.09  | 1.18  | 1.27  | 1.07  | 1.11   | 15.68 |
| 4,0 - 4,9             | 0.96                        | 1.07  | 1.14  | 1.18  | 1.06  | 1.13  | 1.70  | 2.01  | 1.32  | 1.36  | 1.04  | 0.98   | 14.96 |
| 5,0 - 5,9             | 0.60                        | 0.88  | 1.03  | 0.82  | 0.71  | 0.88  | 1.33  | 1.54  | 1.09  | 1.23  | 0.66  | 0.65   | 11.42 |
| 6,0 - 6,9             | 0.55                        | 0.68  | 0.93  | 0.66  | 0.48  | 0.67  | 1.13  | 1.45  | 1.29  | 1.24  | 0.88  | 0.67   | 10.72 |
| 7,0 - 7,9             | 0.36                        | 0.43  | 0.72  | 0.47  | 0.25  | 0.41  | 0.77  | 1.28  | 1.22  | 1.01  | 0.71  | 0.61   | 8.24  |
| 8,0 - 8,9             | 0.22                        | 0.29  | 0.45  | 0.24  | 0.10  | 0.24  | 0.46  | 0.92  | 1.21  | 0.79  | 0.51  | 0.41   | 5.84  |
| 9,0 - 9,9             | 0.10                        | 0.17  | 0.26  | 0.11  | 0.04  | 0.12  | 0.27  | 0.70  | 0.79  | 0.49  | 0.31  | 0.22   | 3.58  |
| 10,0 - 10,9           | 0.05                        | 0.10  | 0.17  | 0.07  | 0.01  | 0.05  | 0.19  | 0.47  | 0.79  | 0.45  | 0.24  | 0.16   | 2.75  |
| 11,0 - 11,9           | 0.04                        | 0.04  | 0.11  | 0.03  | -     | 0.02  | 0.11  | 0.32  | 0.62  | 0.33  | 0.15  | 0.07   | 1.84  |
| 12,0 - 12,9           | 0.02                        | 0.02  | 0.04  | 0.01  | -     | 0.01  | 0.06  | 0.19  | 0.46  | 0.24  | 0.13  | 0.06   | 1.24  |
| 13,0 - 13,9           | 0.01                        | 0.01  | 0.02  | -     | -     | 0.01  | 0.02  | 0.11  | 0.29  | 0.15  | 0.07  | 0.03   | 0.72  |
| 14,0 - 14,9           | 0.01                        | 0.01  | 0.01  | -     | -     | -     | 0.01  | 0.06  | 0.23  | 0.11  | 0.04  | 0.02   | 0.50  |
| 15,0 - 15,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | 0.01  | 0.04  | 0.13  | 0.04  | 0.02  | 0.01   | 0.25  |
| 16,0 - 16,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.02  | 0.08  | 0.02  | 0.01  | 0.01   | 0.14  |
| 17,0 - 17,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.01  | 0.04  | 0.02  | 0.01  | -      | 0.08  |
| 18,0 - 18,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.01  | 0.03  | 0.01  | 0.01  | -      | 0.06  |
| 19,0 - 19,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |
| 20,0 - 20,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |
| 21,0 - 21,9           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |
| 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           | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |
| 40,0 en hoger         | -                           | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -      | -     |

Actiflow BV  
Zinkstraat 22  
4823 AD Breda  
+31 (0)76 5422 220  
[contact@actiflow.com](mailto:contact@actiflow.com)  
[www.actiflow.nl](http://www.actiflow.nl)

