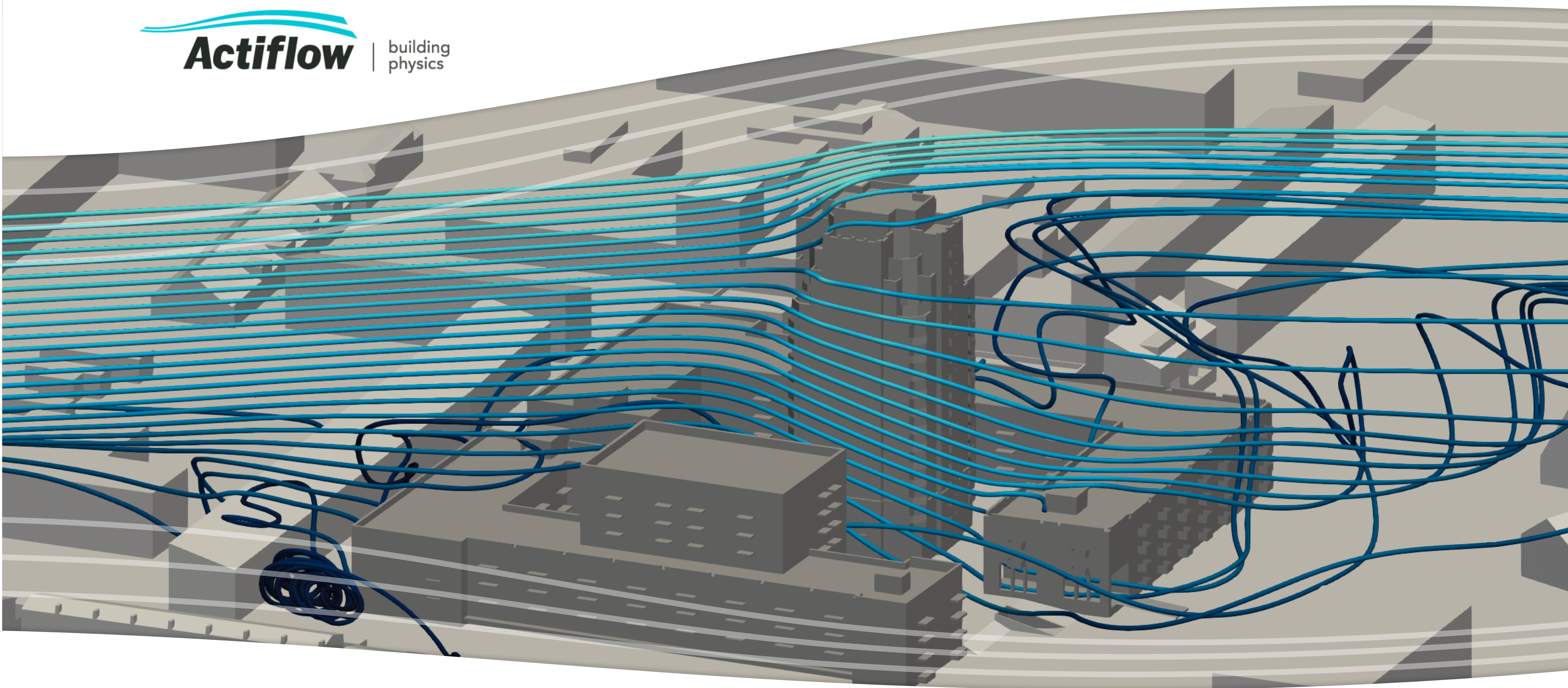




# De Blauwe Wetering te Haarlem

Windstudie in het kader van de ruimtelijke onderbouwing

Auteur(s): ir. Roland Broers  
Controleur(s): ir. Oskar van Dijk  
25 mei 2021

AFR-4858  
Versie 1.0  
2019 © Actiflow B.V.

# Inhoudsopgave

---

|     |                                                                           |    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | Introductie                                                               | 1  |
| 2   | Normstelling                                                              | 2  |
| 3   | Opzet van de berekening                                                   | 3  |
| 3.1 | Software . . . . .                                                        | 3  |
| 3.2 | Geometrie en rekenrooster . . . . .                                       | 3  |
| 3.3 | Aannames en randvoorwaarden . . . . .                                     | 3  |
| 4   | Resultaten                                                                | 7  |
| 5   | Conclusie                                                                 | 11 |
| A   | Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen | 12 |
| B   | Inlegvel NEN 8100:2006                                                    | 24 |

# 1 Introductie

---

De locatie De Blauwe Wetering te Haarlem wordt momenteel herontwikkeld. In het kader van het stedenbouwkundig beleid heeft [Actiflow](#) in opdracht van Nelissen ingenieursbureau BV een windstudie uitgevoerd om het windklimaat ter plaatse van openbare buitenruimten in kaart te brengen. Voorliggende rapportage omschrijft deze studie.

Bedrijfsverzamel pand de Blauwe Wetering is gelegen tussen de 'Zuider Buiten Spaarne' en het 'Burgemeester Reinaldapark' in Haarlem-Oost. De ontwikkelingsplannen omhelzen de bouw van een wooncomplex bestaande uit appartementen en centrale faciliteiten. Een belangrijk thema is de duurzaamheid van de ontwikkeling, onderdeel daarvan is de creatie van een binnenterrein met openbaar groen en terrassen.

Onderdeel van de nieuwbouw is een hoogbouwvolume met een maximale hoogte tot circa 60 m. Deze relatief hoge elementen kunnen leiden tot verhoogde windsnelheden op maaiveld door zogenaamde 'downwash'.

Bovengenoemde geeft dan ook aanleiding om het windklimaat in detail te onderzoeken. [Actiflow](#) is gevraagd om voor de ontwikkeling van de nieuwbouw de verandering van het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). Bij deze studie is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Onderhavige rapportage beschrijft deze studie en de resultaten hiervan. Hoofdstuk 2 gaat in op de gebruikte normstelling waaraan getoetst is. De gebruikte geometrie van het gebouw, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 5.

## 2 Normstelling

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van de openbare buitenruimte in kaart gebracht. De toetsing hiervan vindt plaats aan de hand van de normstelling uit NEN 8100:2006. 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 en conform de norm, 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 windhinder naar kwaliteitsklassen. Deze indeling is terug te vinden in tabel 2.1. 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.

Tabel 2.2 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 'Slenteren' en

— **Tabel 2.1:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

| Overschrijdingskans<br>(Lokaal windsnelheid > 5 m/s)<br>(van het aantal uren per jaar) | Kwaliteitseis | Activiteiten  |               |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|-------------------------------|
|                                                                                        |               | Doorlopen     | Slenteren     | Langdurig zitten <sup>a</sup> |
| <2.5 %                                                                                 | <b>A</b>      | <i>Goed</i>   | <i>Goed</i>   | <i>Goed</i>                   |
| 2.5 – 5 %                                                                              | <b>B</b>      | <i>Goed</i>   | <i>Goed</i>   | <i>Matig</i>                  |
| 5 – 10 %                                                                               | <b>C</b>      | <i>Goed</i>   | <i>Matig</i>  | <i>Slecht</i>                 |
| 10 – 20 %                                                                              | <b>D</b>      | <i>Matig</i>  | <i>Slecht</i> | <i>Slecht</i>                 |
| >20 %                                                                                  | <b>E</b>      | <i>Slecht</i> | <i>Slecht</i> | <i>Slecht</i>                 |

<sup>a</sup> Dit geldt conform de norm voor een bankje in het park. Voor horeca terrassen of private buitenruimten is zwaardere normstelling nodig om het gewenste comfort te behalen.

'Langdurig zitten' 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.

Toetsing voor zowel windhinder als windgevaar vindt plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak, conform NEN 8100.

— **Tabel 2.2:** Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

| Overschrijdingskans<br>(Lokaal windsnelheid > 15 m/s)<br>(van het aantal uren per jaar) | Kwaliteitseis         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| $\leq 0.05$ %                                                                           | <i>Geen risico</i>    |
| 0.05 – 0.30 %                                                                           | <i>Beperkt risico</i> |
| >0.30 %                                                                                 | <i>Gevaarlijk</i>     |

# 3 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 in bijlage B.

## 3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v1812, 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. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het SST  $k-\omega$  model.

## 3.2 Geometrie en rekenrooster

De geometrie van de modellen is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. De 3D-modellen zijn weergegeven in figuur 3.1 en 3.2. De modellen omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 m.

De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 500 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. De

ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie.

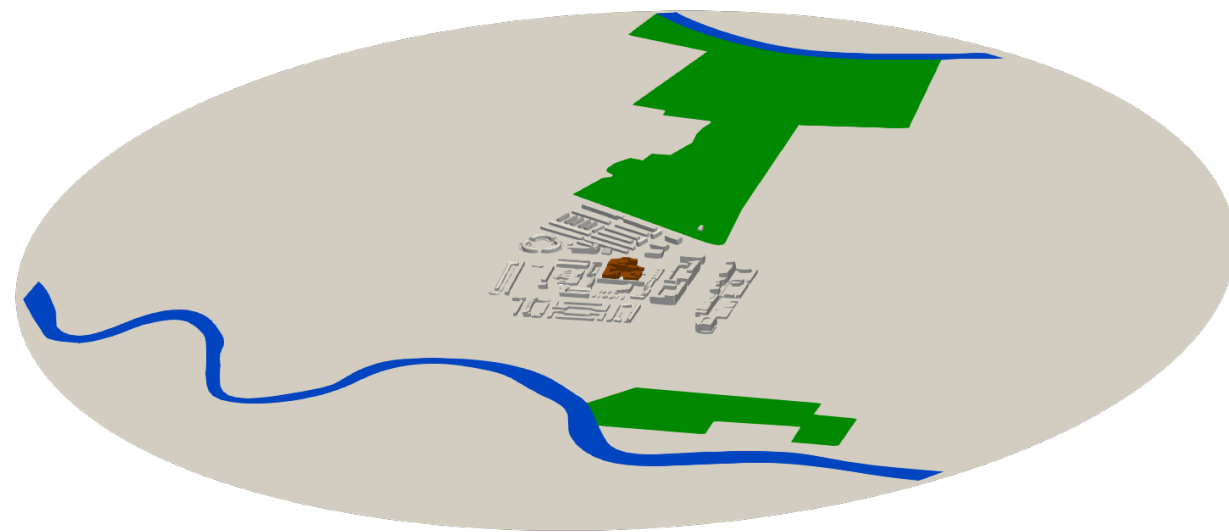
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen, welke tezamen het rekenrooster vormen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag. Het rekenrooster voor de bestaande situatie bestaat uit 28 202 042 volumecellen. Voor de geplande situatie komt dit neer op 49 982 183 cellen. Impressies van beide roosters zijn weergegeven in figuur 3.3 en 3.4.

## 3.3 Aannames en randvoorwaarden

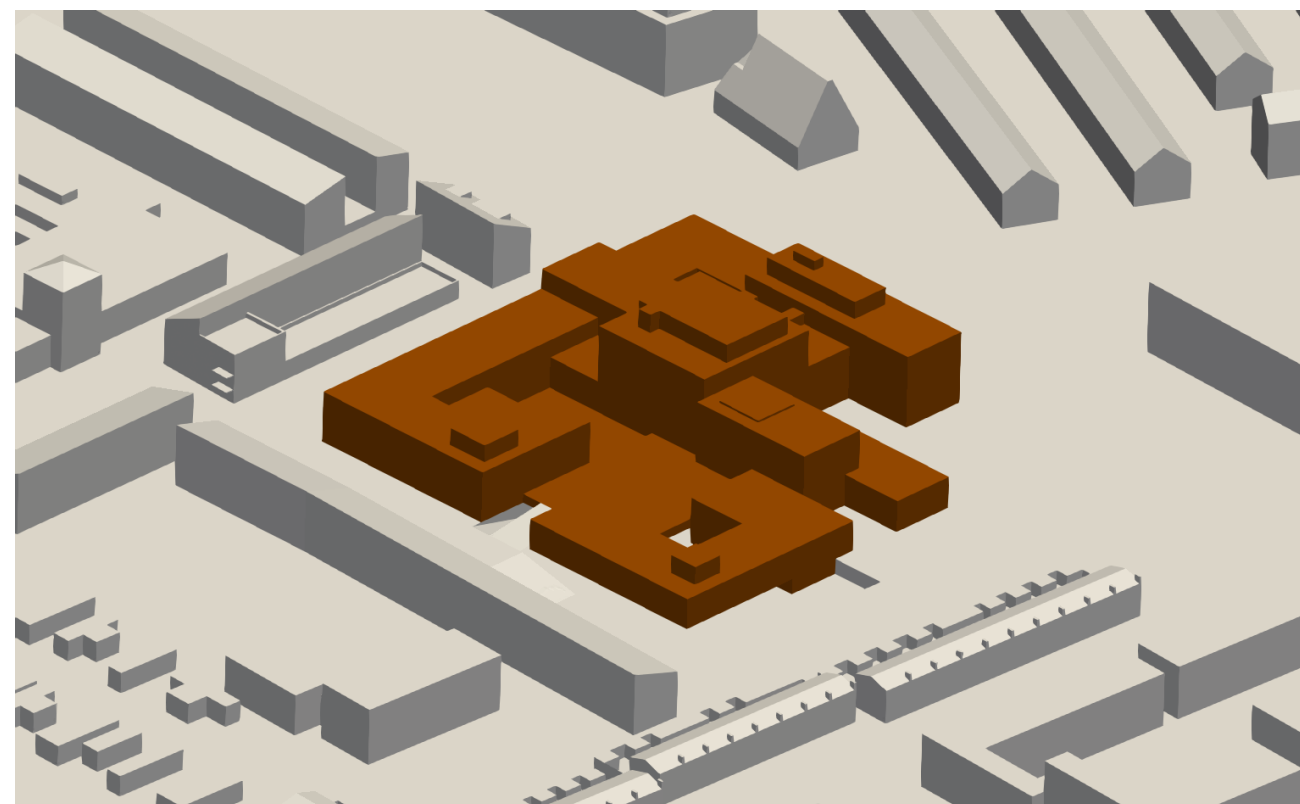
Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2. Hierin is  $U_n$  de horizontale windsnelheid,  $z$  de hoogte vanaf het maaiveld, en  $z_0$  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 modelleren van grenslagen.

$$U_n(z) = \left( \frac{U^*}{\kappa} \right) \ln \left( \frac{z + z_0}{z_0} \right) \quad (3.1)$$

$$U^*(z_0, U_{\text{ref}}, z_{\text{ref}}) = \frac{\kappa \cdot U_{\text{ref}}}{\ln \left( \frac{z_{\text{ref}} + z_0}{z_0} \right)} \quad (3.2)$$

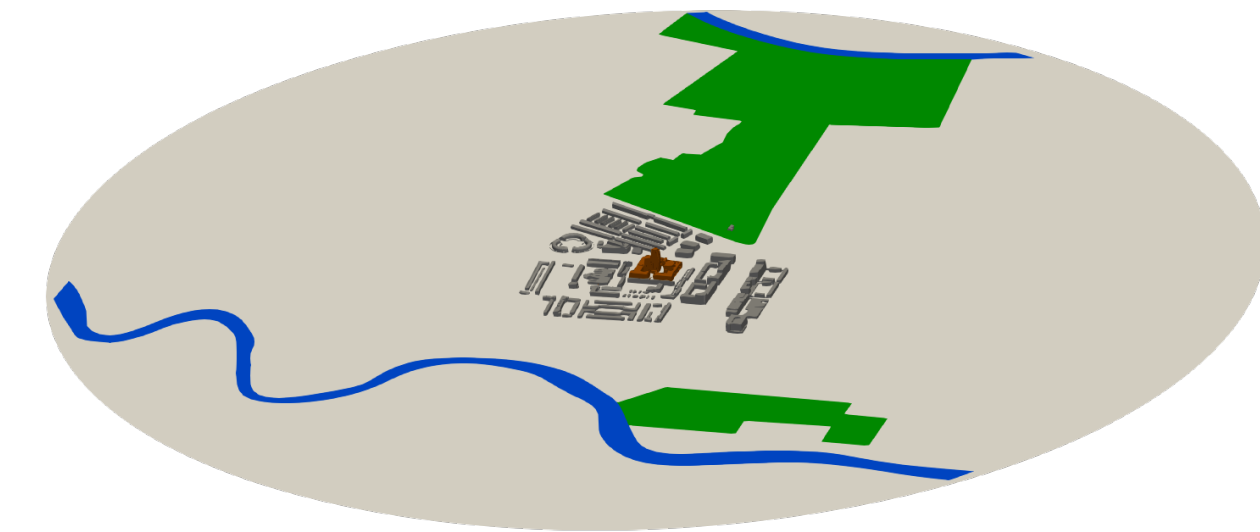


(a) Overzicht

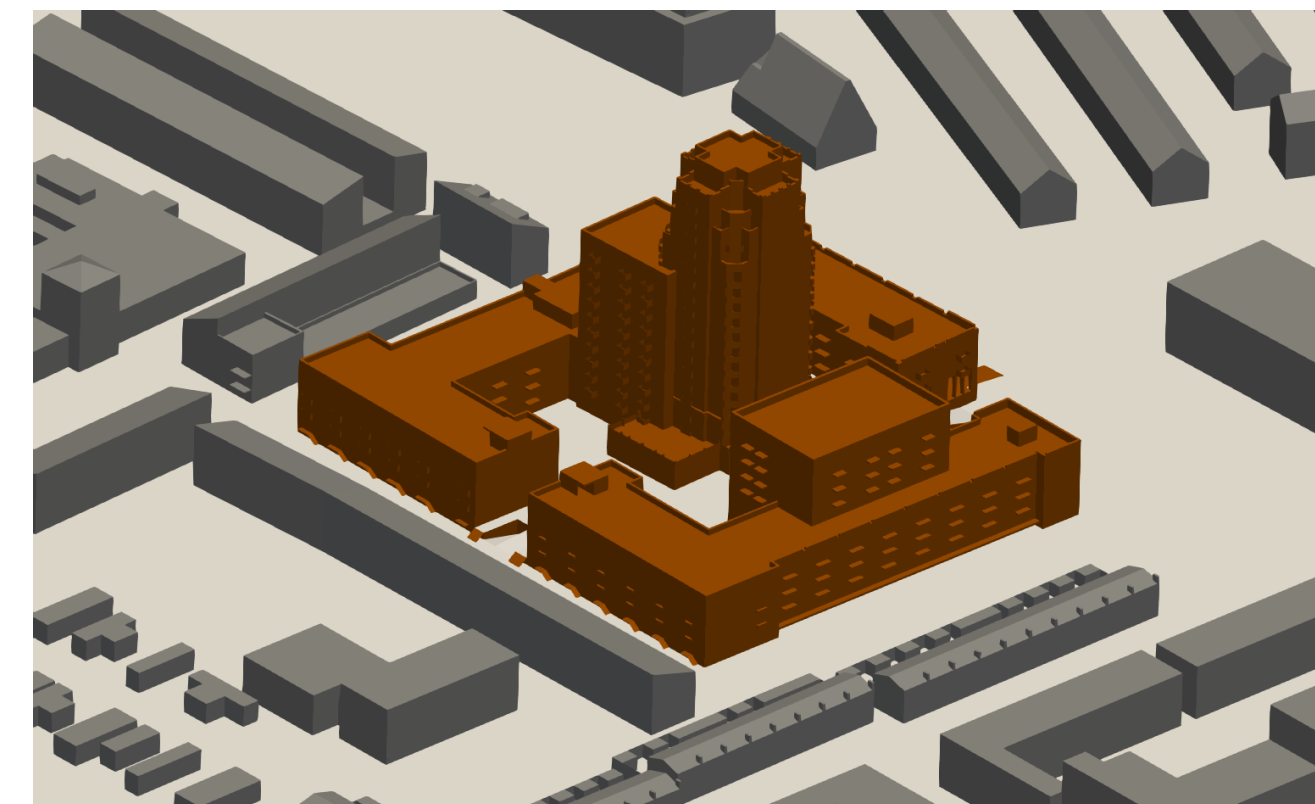


(b) Close-up

— **Figuur 3.1:** Impressie van het model van de bestaande situatie

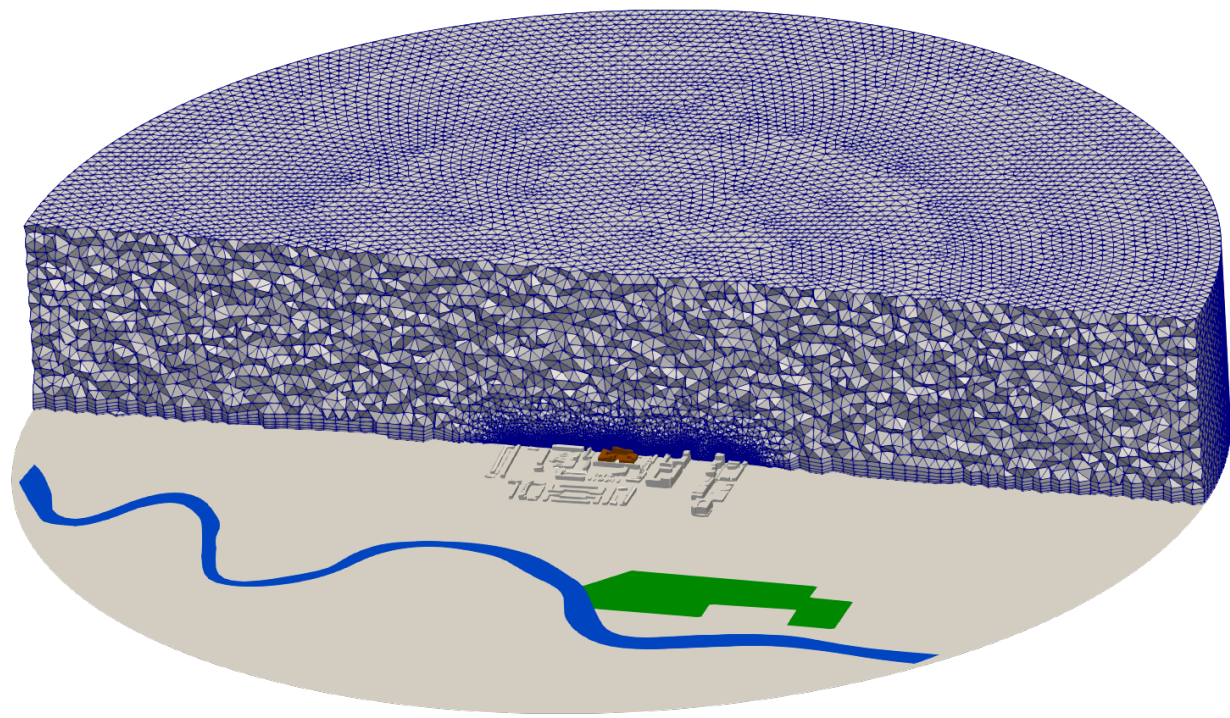


(a) Overzicht

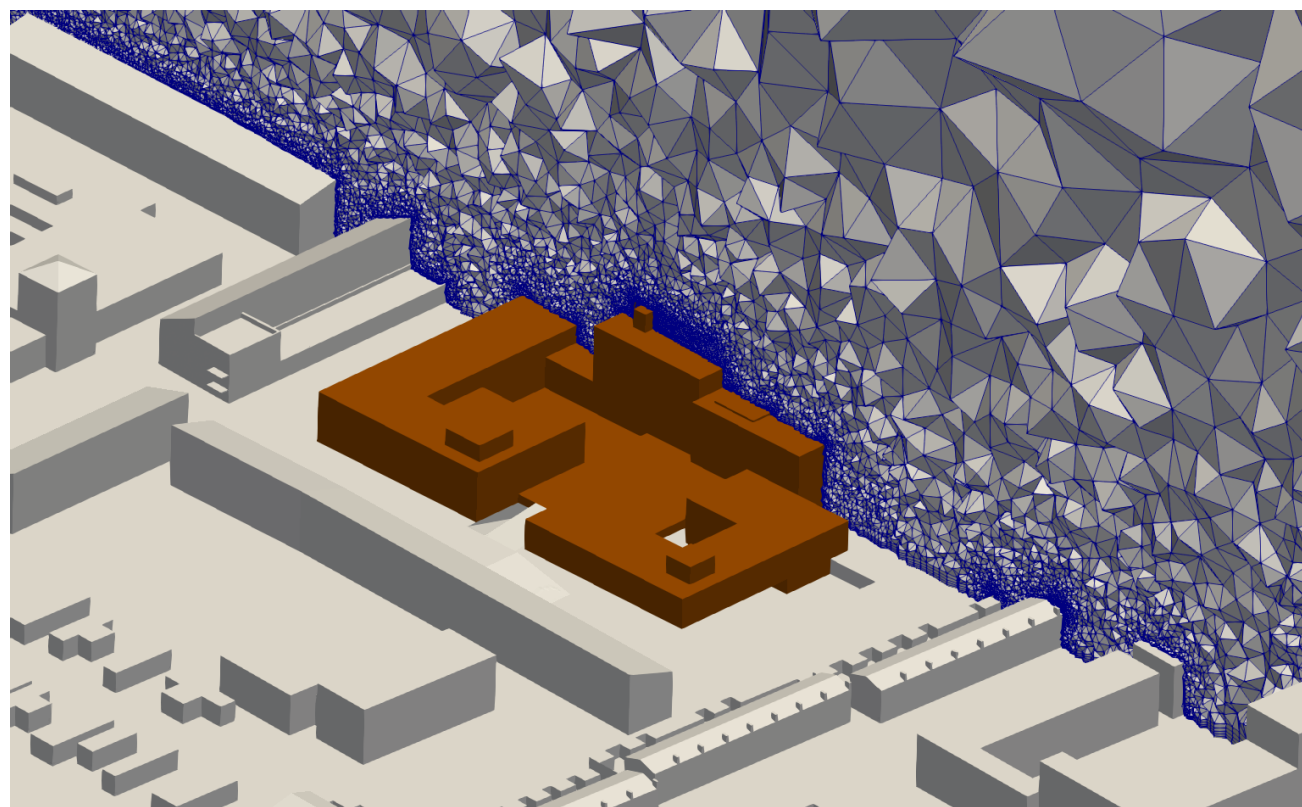


(b) Close-up

— **Figuur 3.2:** Impressie van het model van de geplande situatie

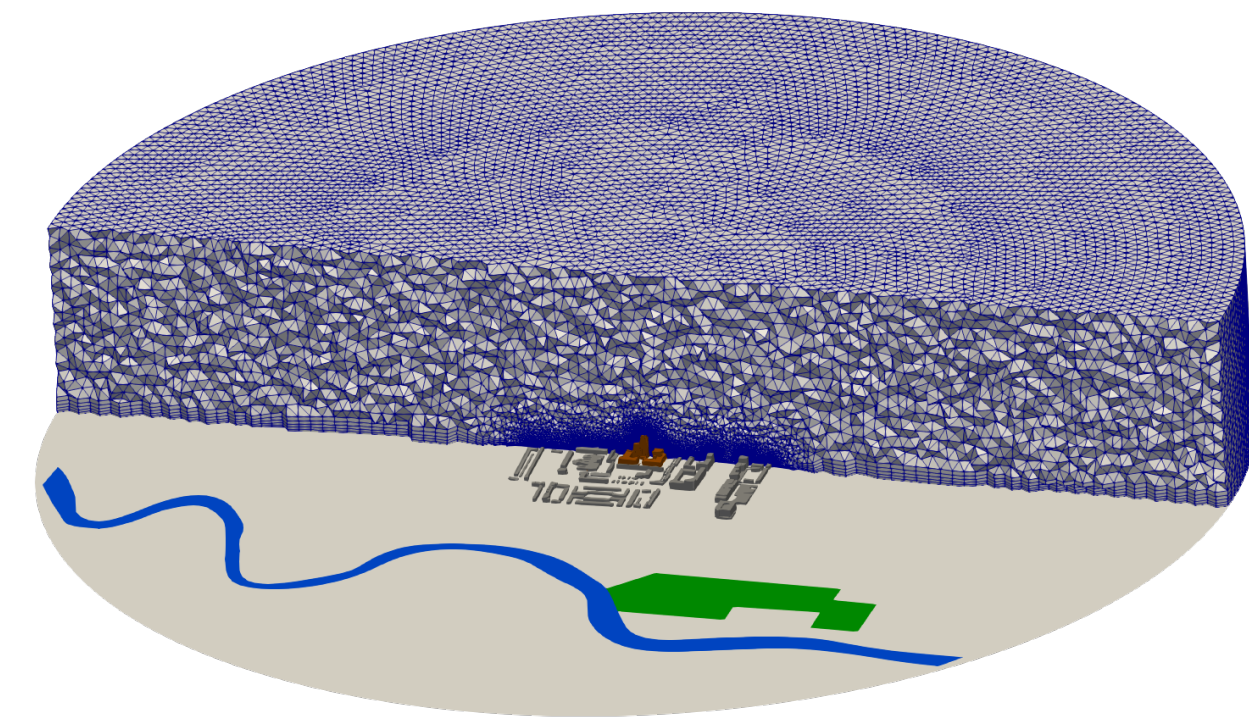


(a) Overzicht

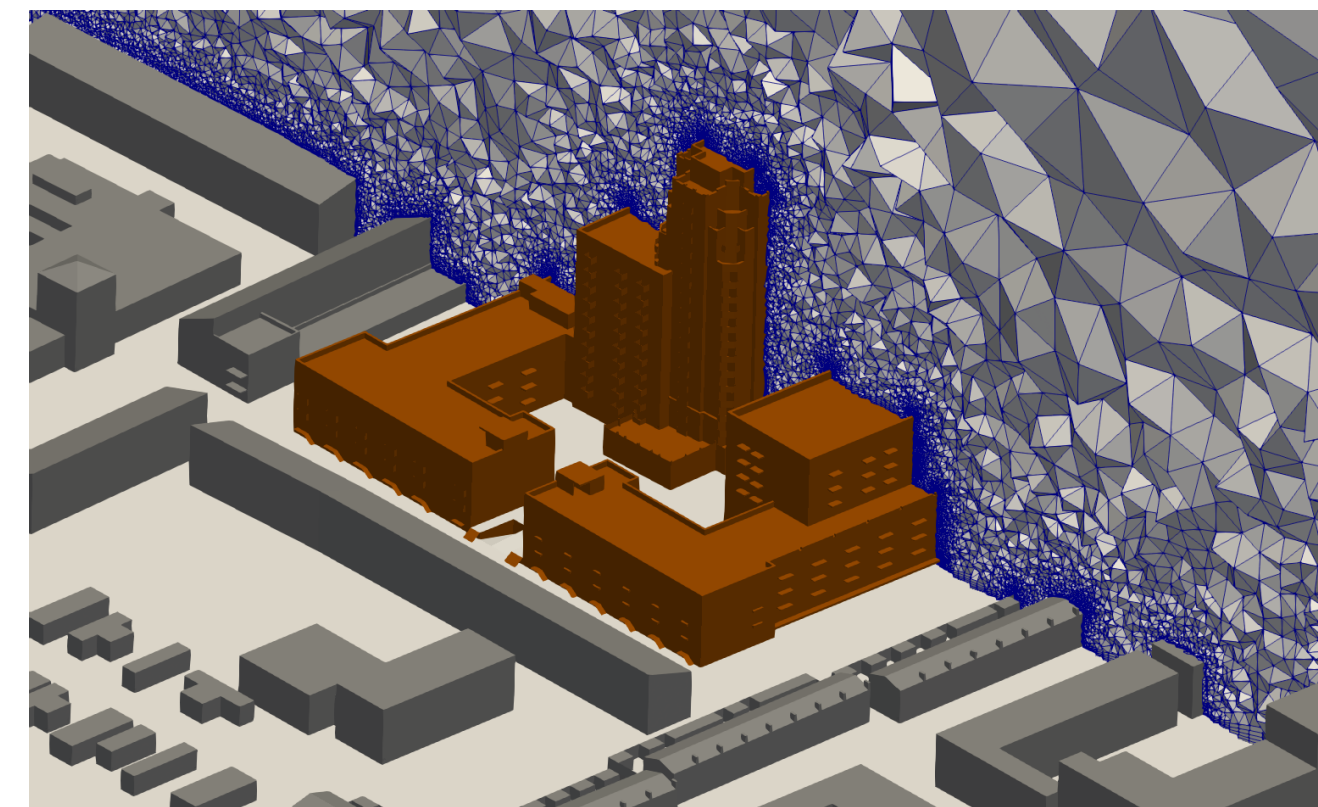


(b) Close-up

— **Figuur 3.3:** Impressie van het rekengrid van de bestaande situatie



(a) Overzicht



(b) Close-up

— **Figuur 3.4:** Impressie van het rekengrid van de geplande situatie

$$k(z) = \frac{U^{*2}}{\sqrt{C_\mu}} \quad (3.3)$$

$$\omega(z) = \frac{U^*}{\kappa(z - z_{\text{ground}} + z_0)\sqrt{C_\mu}} \quad (3.4)$$

Ook de turbulente grootheden  $k$  en  $\omega$  verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft  $C_\mu$  de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (SST k- $\omega$ ).

Voor de berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. Deze windsnelheid is gekozen omdat deze overeenkomt met de ordegrrootte van de gemiddelde windsnelheid en daardoor goed geschikt is als basis van de versterkingsfactor over het gehele windbereik. 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. Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos en als frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 3.5.



— **Figuur 3.5:** Visualisatie van de windstatistiek welke is gebruikt bij de bepaling van windhinder en windgevaar

## 4 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van de openbare buitenruimte weergegeven conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimte worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Figuren 4.1 tot en met 4.4 tonen de resultaten als het niveau van windhinder en windgevaar in de openbare buitenruimte op 1,75 m boven maaiveld.

Als richtwaarden voor de windhinderklassen wordt het volgende aangehouden:

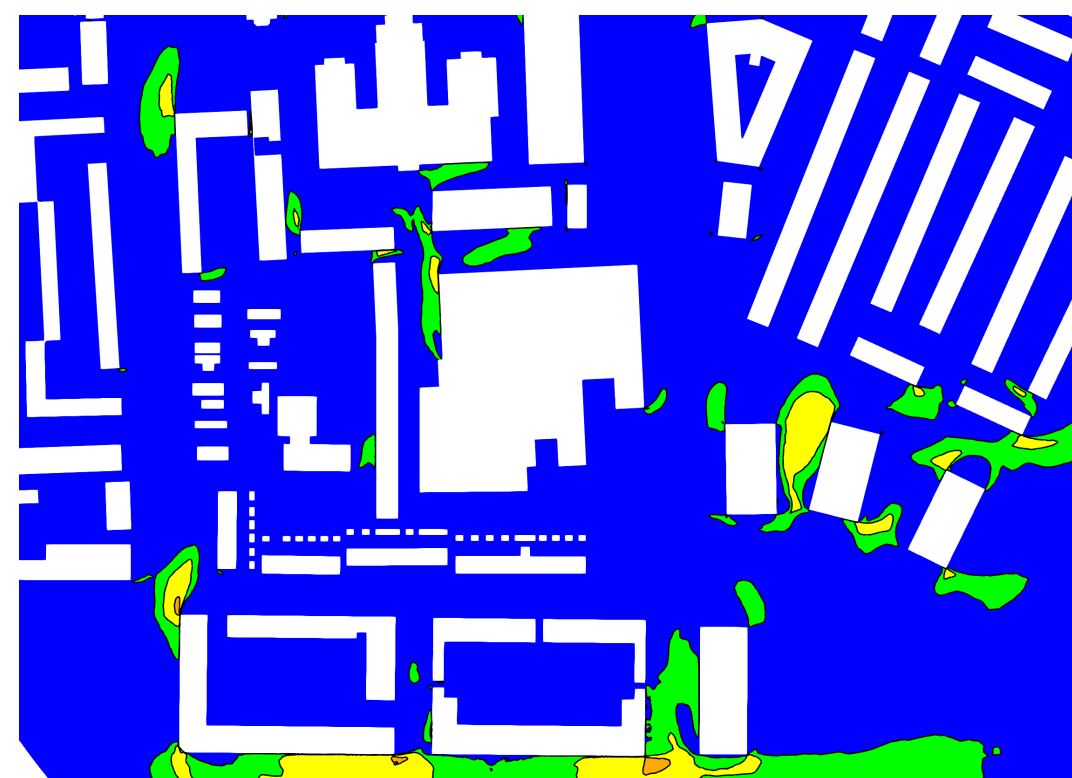
- Op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie dient windhinder bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau. Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers dient windhinder bij voorkeur klasse A of B te zijn. Klasse C biedt een matig niveau en klassen D en E bieden een slecht niveau. Deze twee hoogste klassen dienen op deze locaties vermeden te worden.
- Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur klasse A behaald te worden. Klasse B biedt een matig niveau. Klassen C, D en E bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden op deze locaties.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.

De resultaten in figuur 4.1 en 4.2 laten zien dat het windklimaat rondom De Blauwe Wetering in de nieuwe situatie in kwaliteit afneemt; de zone met windhinderklassen B en C nabij de noordwesthoek nemen toe in grootte en nieuwe zones met klasse B en klassen B en C ontstaan aan de noordoosthoek en ten zuiden van de nieuwbouw. Bijlage A toont de bijdrage aan de overschrijdingskans per windrichting.

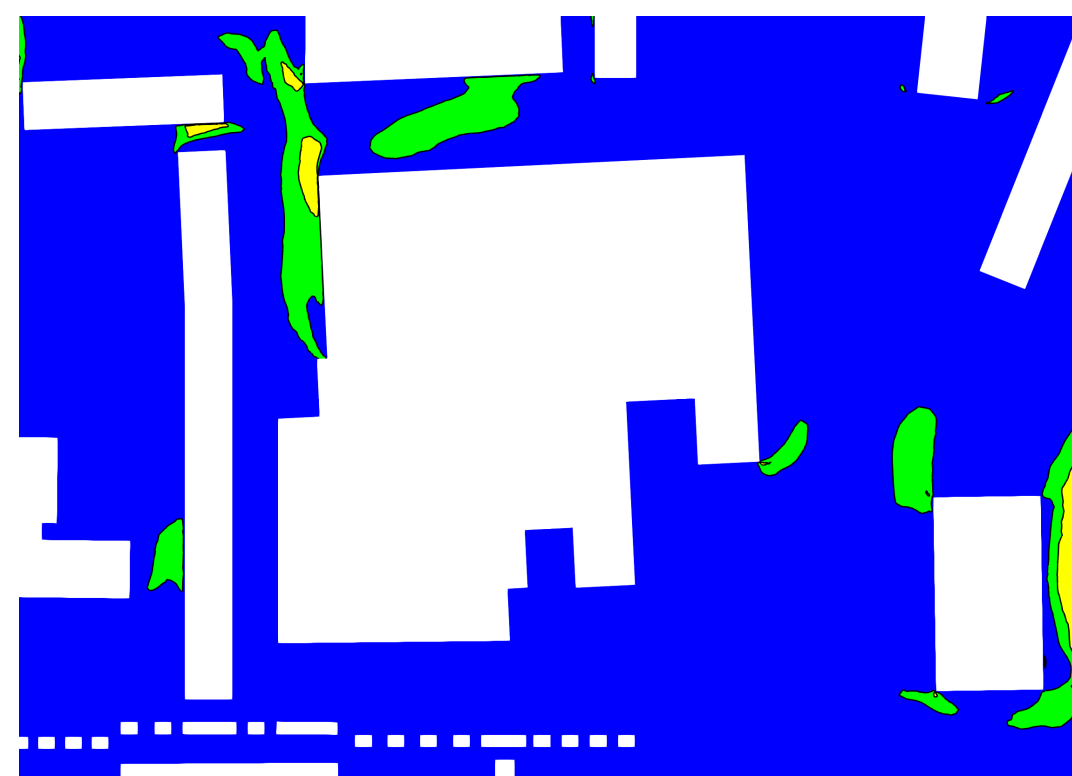
Op het binnenterrein varieert de windhinderklasse van A tot en met D. Ook in de overdekte doorgang aan de oostzijde treden windhinderklassen B, C en D op. Nergens treedt de meest kritische windhinderklasse E op.

Nabij de meeste gevels van de nieuwbouw zijn zones aanwezig met windhinderklassen A en B. Dit biedt de mogelijkheid om entreezones te positioneren, waarbij de bruikbaarheid onder invloed van wind gewaarborgd is. Met het optreden van windhinderklasse C is de overdekte doorgang is ongeschikt voor het gebruik als entreezone.

Figuur 4.3 en 4.4 laten zien dat er geen risico bestaat op windgevaar, zowel in de bestaande als in de geplande situatie.



(a) Overzicht



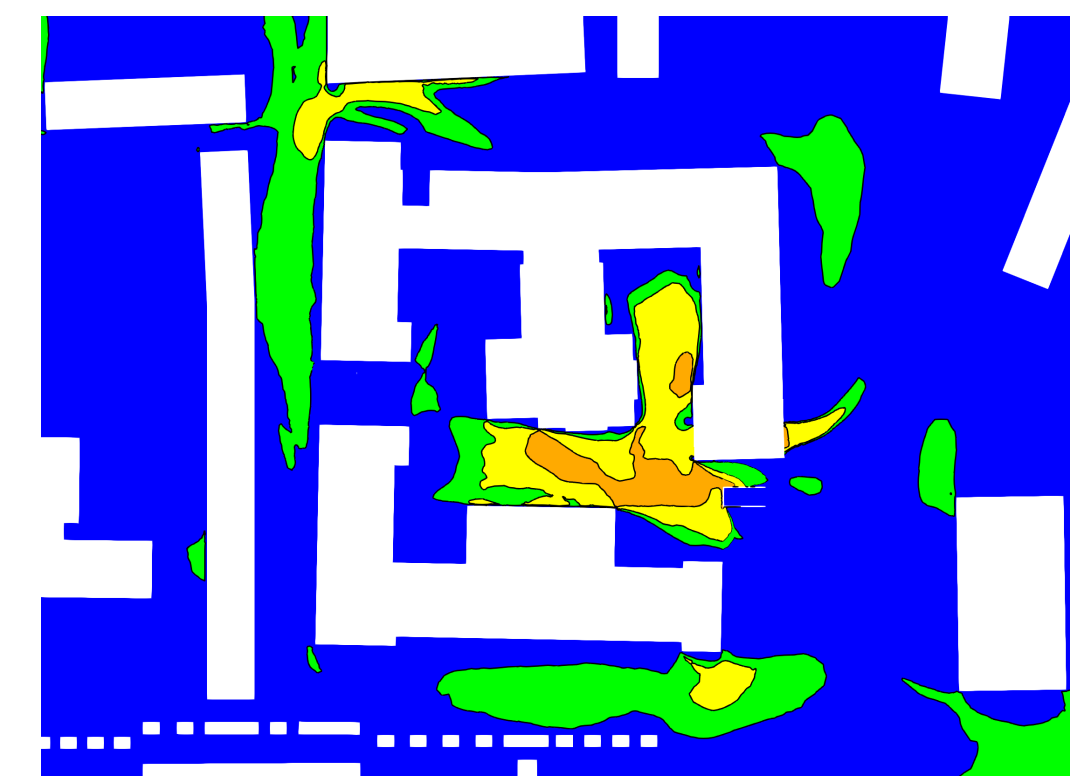
(b) Close-up



— **Figuur 4.1:** Windhinder op voetgangersniveau van bestaande situatie



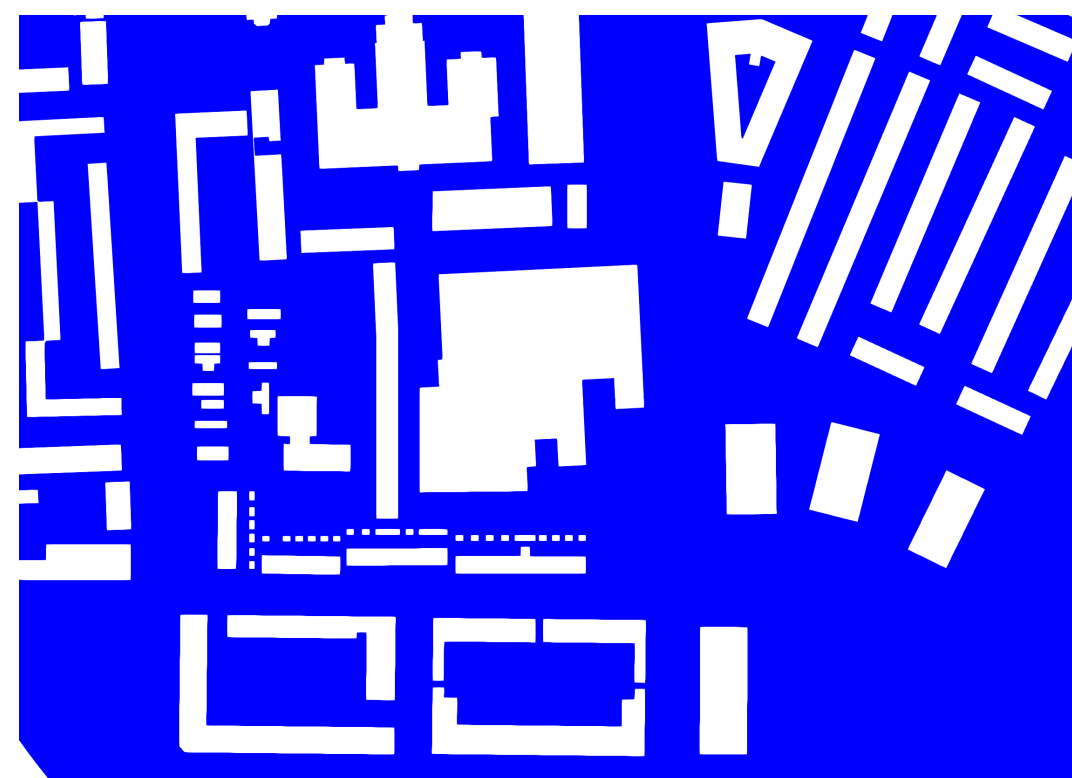
(a) Overzicht



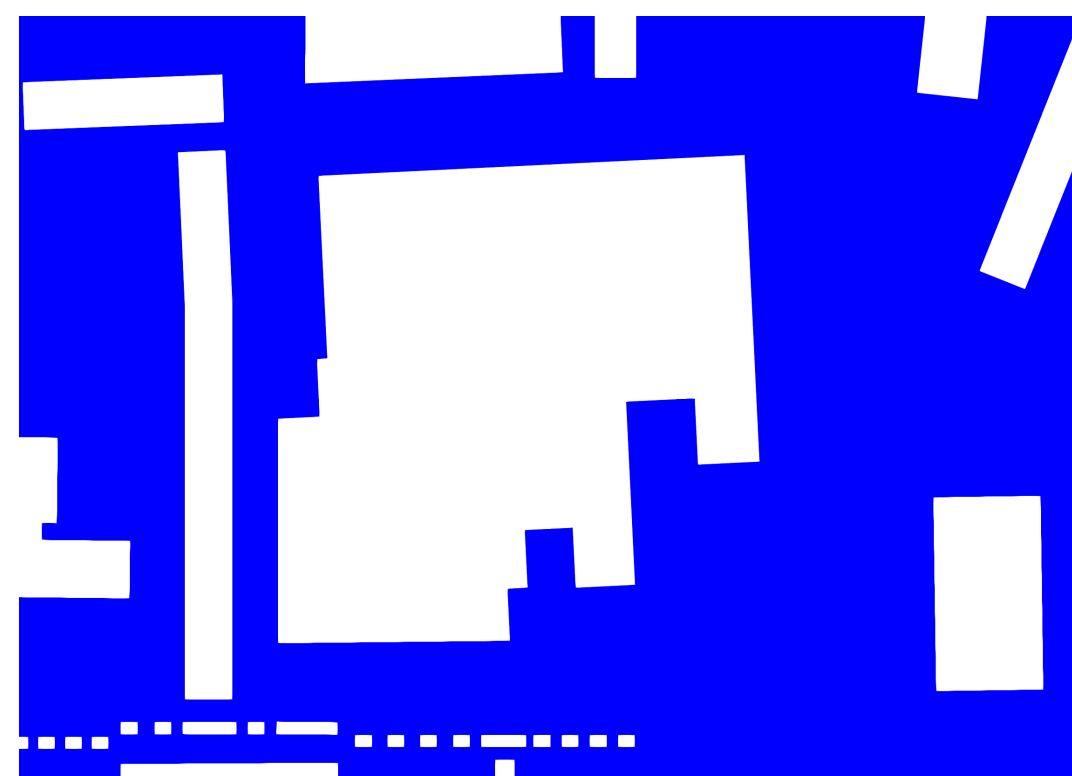
(b) Close-up



— **Figuur 4.2:** Windhinder op voetgangersniveau van de geplande situatie



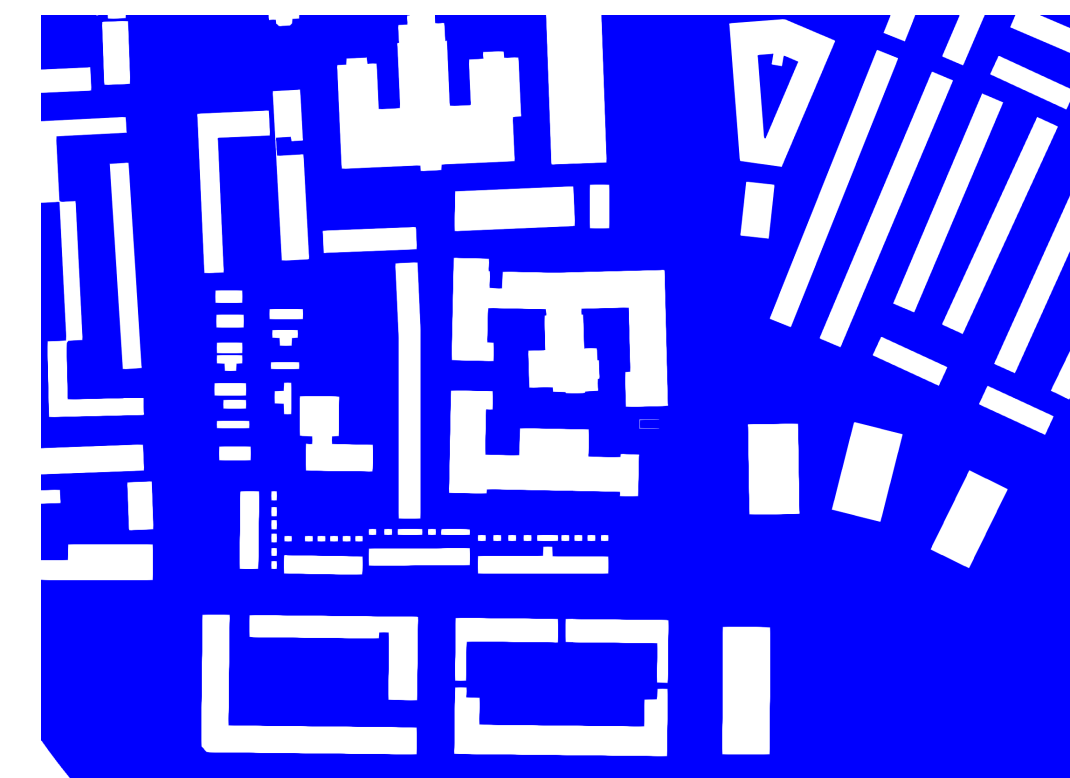
(a) Overzicht



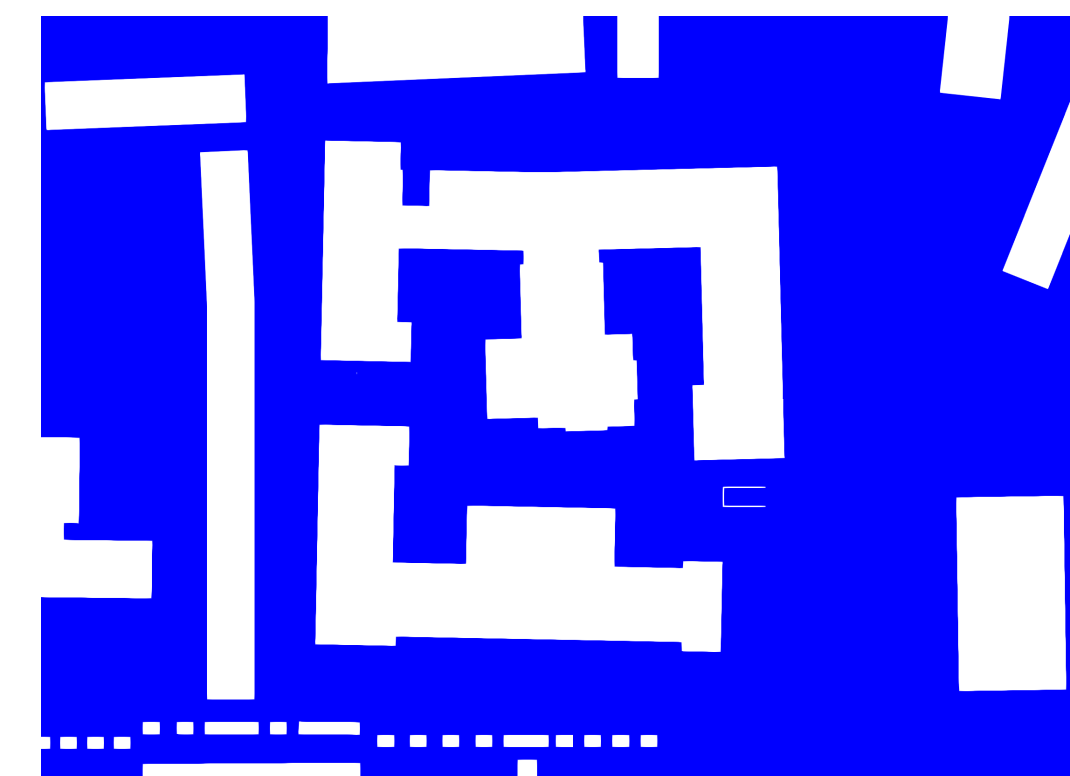
(b) Close-up



**Figuur 4.3:** Windgevaar op voetgangersniveau van de geplande situatie



(a) Overzicht



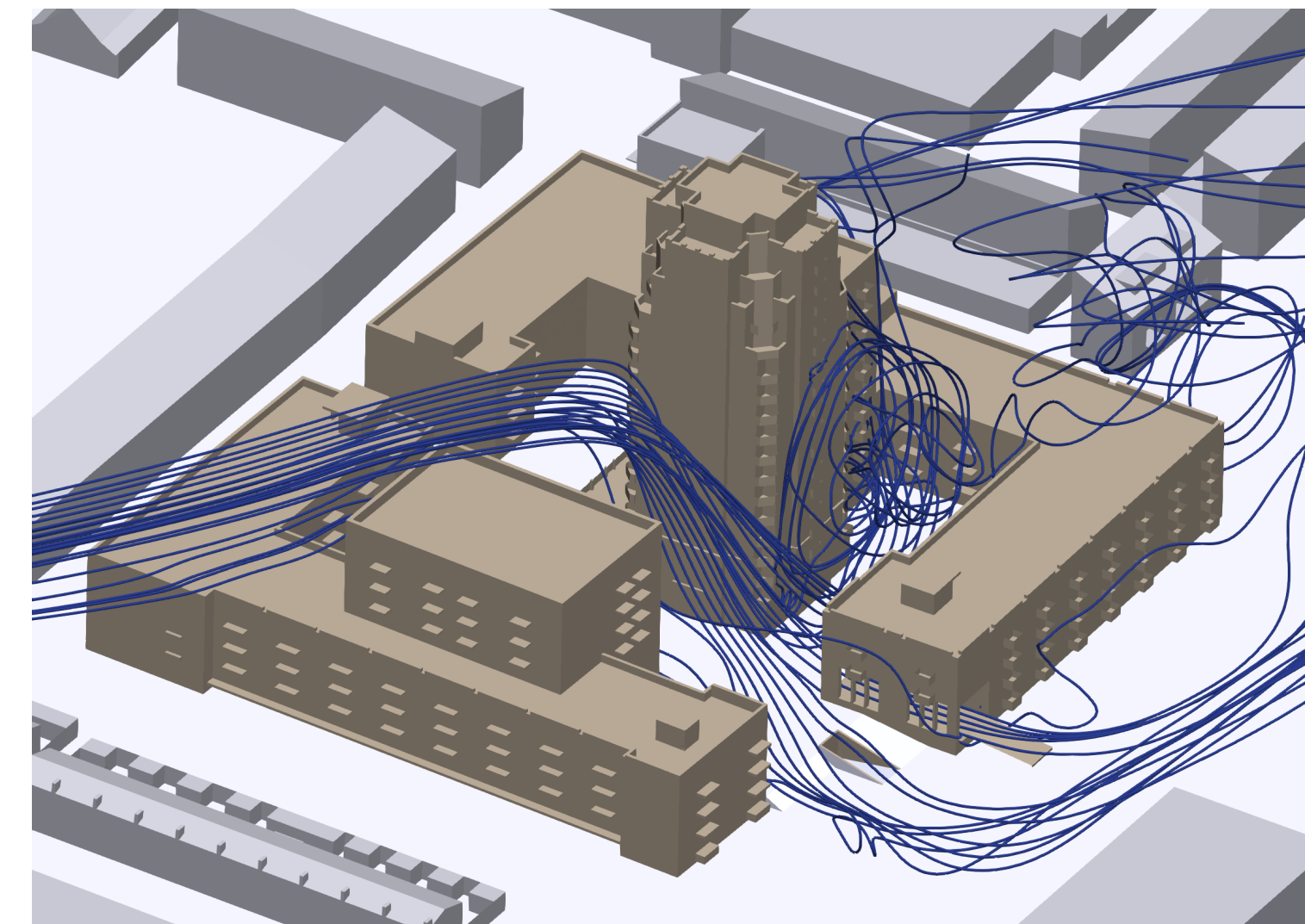
(b) Close-up



**Figuur 4.4:** Windgevaar op voetgangersniveau van het model beperkt tot een hoogte van 30 m

De maatgevende windrichting voor de windklimaat op het binnenterrein, conform bijlage A en de windroos in figuur 3.5, betreft hier de zuidzuidwestelijke windrichting. De achterliggende oorzaak van de windhinder op het binnenterrein en de overdekte doorgang is zichtbaar in figuur 4.5. Wind stroomt over het zuidelijke deel van de bebouwing en wordt vervolgens geblokkeerd en naar beneden afgebogen door de centrale hoogbouw. Deze neerwaartse afbuiging wordt ook wel 'downwash' genoemd. Een deel van deze afgebogen wind stroomt aan oostelijke zijde weg door de onoverdekte en overdekte doorgangen en creëert op deze locaties windhinder. Het overige deel circuleert ten oosten van de hoogbouw, met windhinder op deze locatie tot gevolg.

Afhankelijk van de functie van het openbaar gebied dienen hier mitigerende maatregelen te worden getroffen. Elementen zoals luifels en schermen kunnen helpen om wind te blokkeren en daardoor lokaal de windsnelheid verminderen. Een vergelijkbaar resultaat kan worden behaald met beplanting zoals dichte struiken, hagen en bomen. Ruwe gevel elementen zoals balkons en terrassen kunnen windsnelheden op voetgangersniveau verminderen, wat kan resulteren in een verbetering in het windklimaat.



(a) model met toren

— **Figuur 4.5:** stroomlijnen richting binnenterrein bij windrichting zuidzuidwest

## 5 Conclusie

---

Dit rapport presenteert een studie naar de verandering van het windklimaat nabij herontwikkeling van De Blauwe Wetering te Haarlem. Deze studie is uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van Nelissen ingenieurbureau BV.

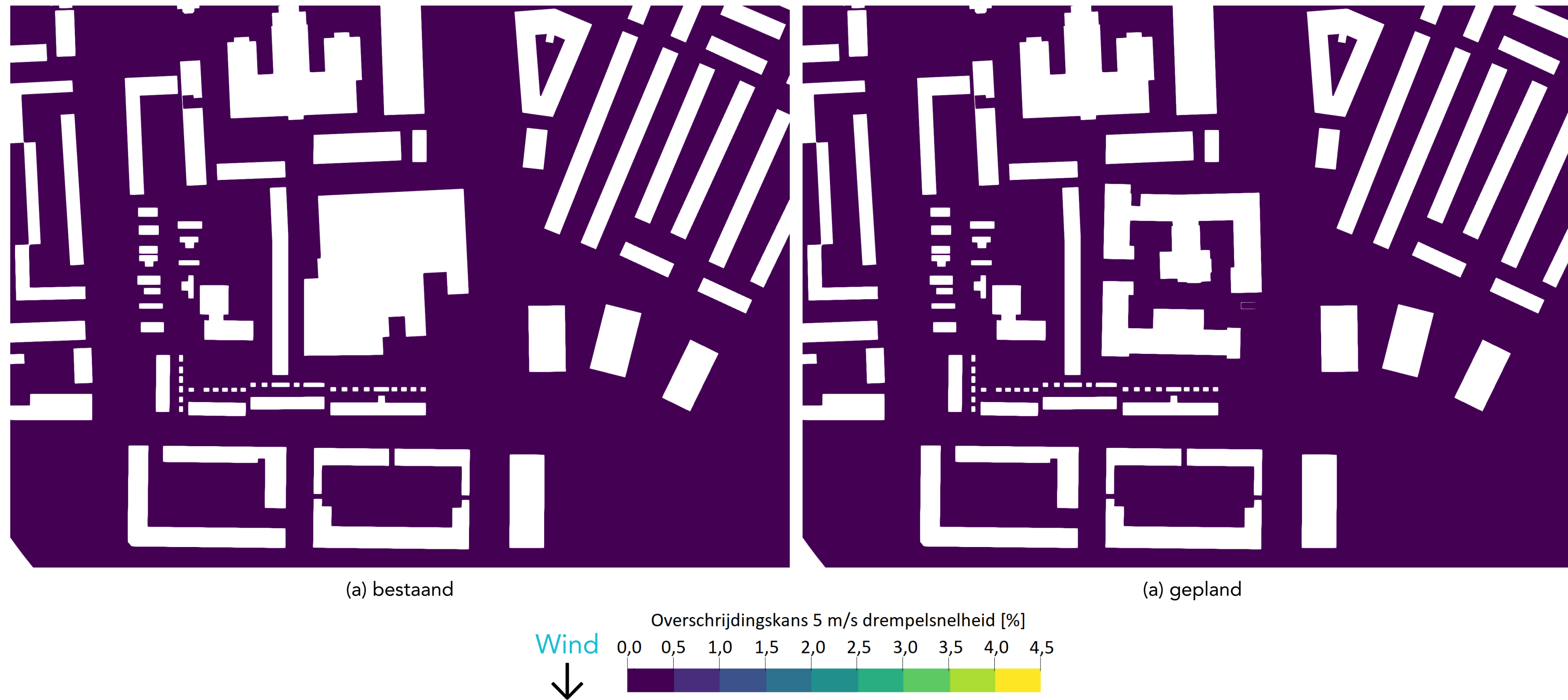
Voor de analyse is de Nederlandse norm "NEN 8100: 2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving" gebruikt. Hierbij is een geometrisch model van de nieuwbouw en de ruime omgeving opgesteld. Een rekengrid met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties van de windstroming. In totaal zijn twee keer 12 simulaties uitgevoerd voor 12 corresponderende windrichtingen.

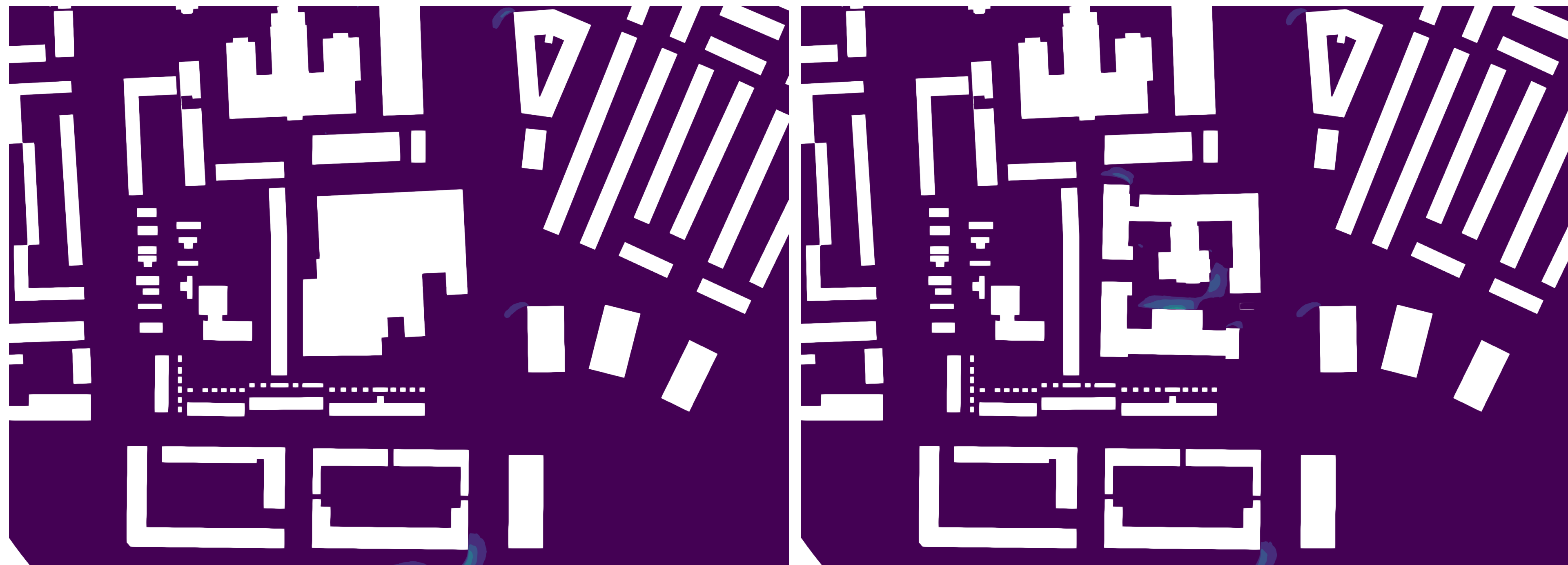
De resultaten laten zien dat het binnenterrein hogere windsnelheden ondervindt voor de meeste windrichtingen. Dit kan leiden tot windhinder indien geen mitigerende maatregelen worden getroffen.

Nabij de noordwesthoek van de huidige bebouwing is kans op windhinder (klasse B en C), deze kans is groter in de nieuwe situatie. Ook aan de noordoosthoek en ten zuiden van de nieuwbouw ontstaan zones met windhinderklasse B en C.

Nergens treedt de meest kritische windhinderklasse E op. Ook ontstaat er nergens risico op windgevaar.

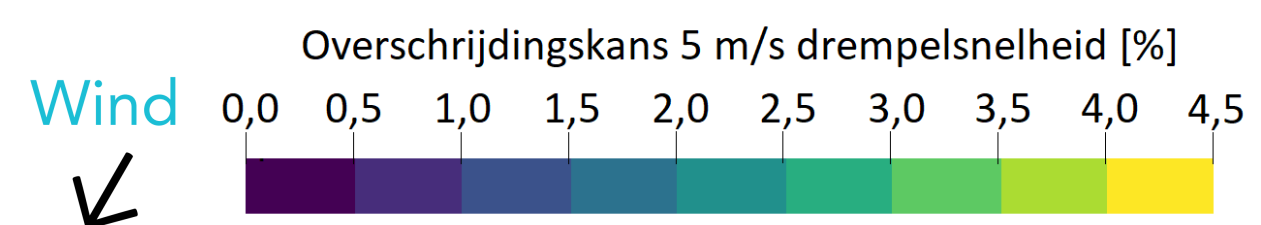
## A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

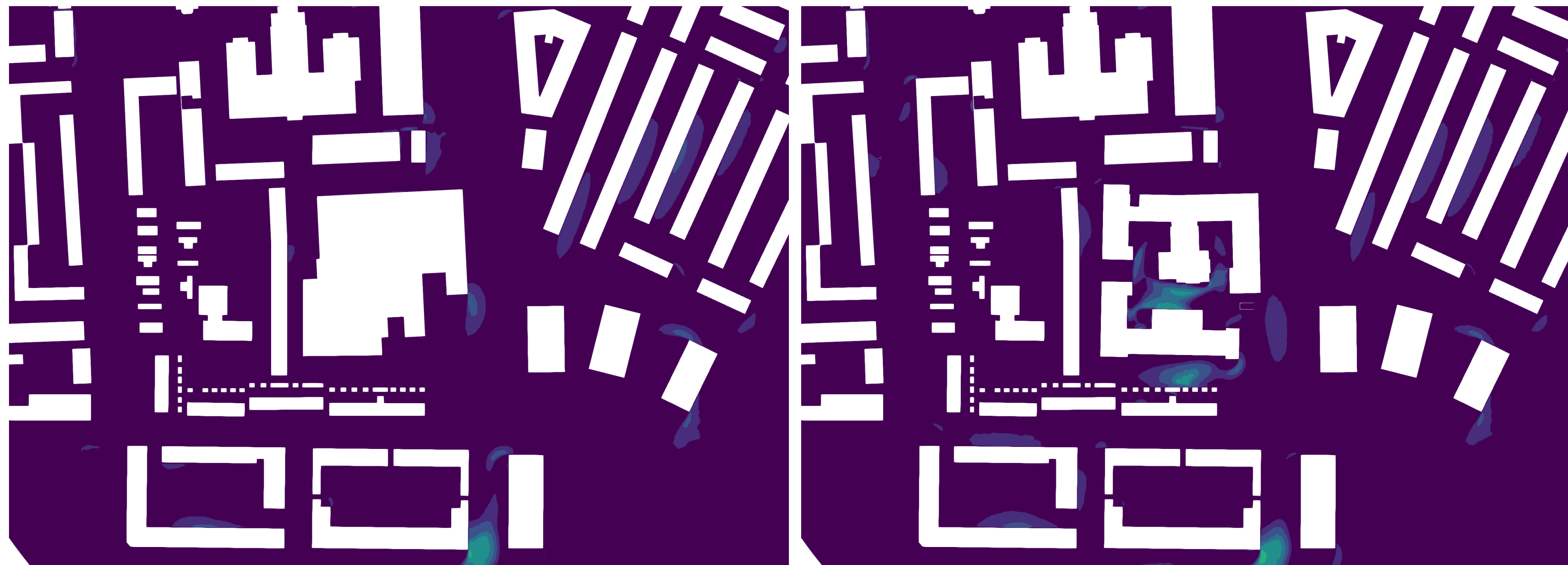




(a) bestaand

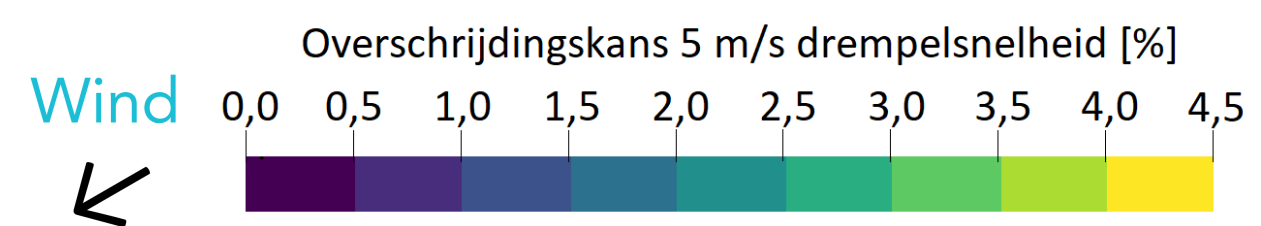
(a) gepland

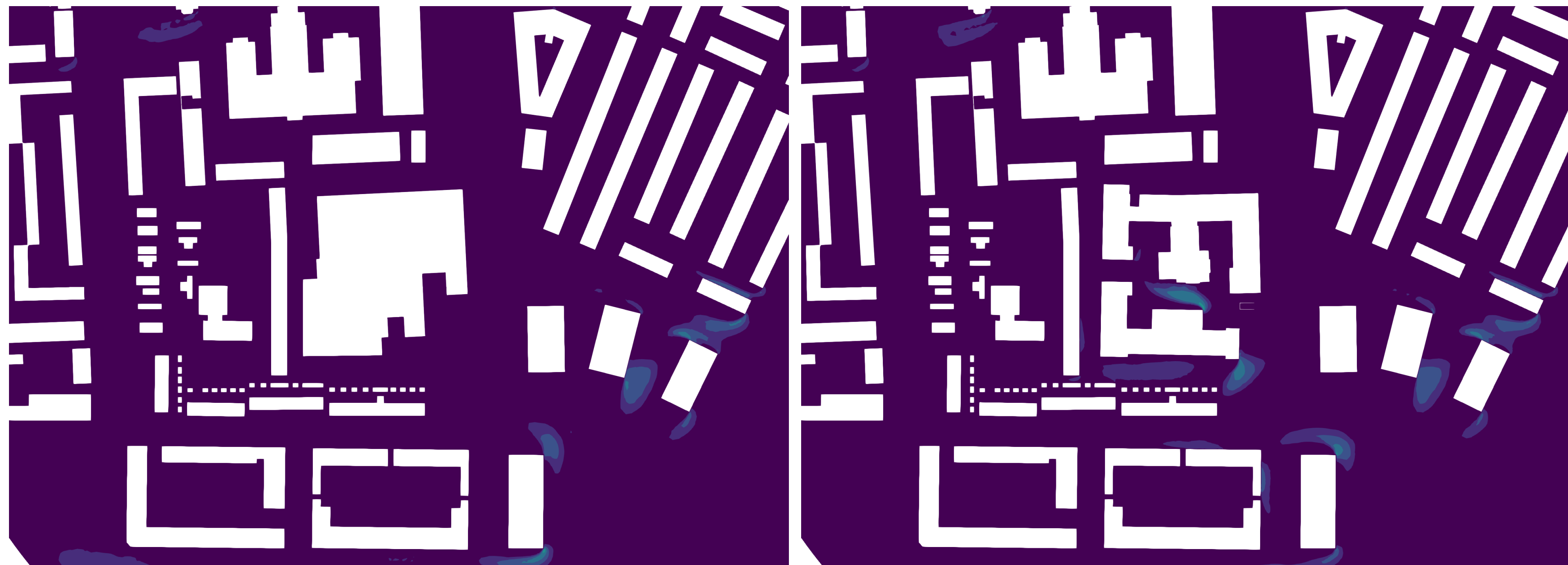




(a) bestaand

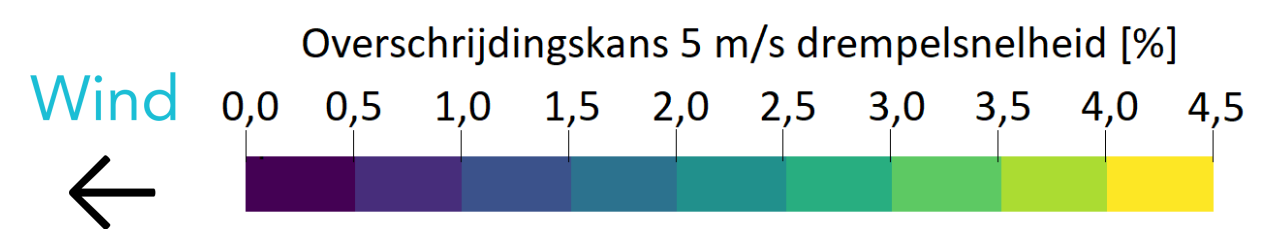
(a) gepland





(a) bestaand

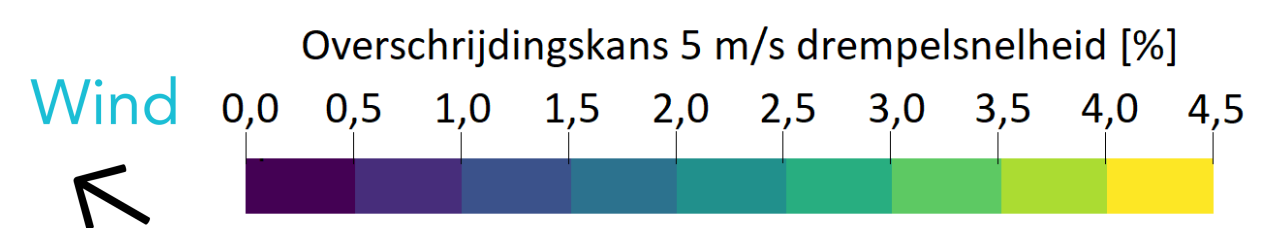
(a) gepland





(a) bestaand

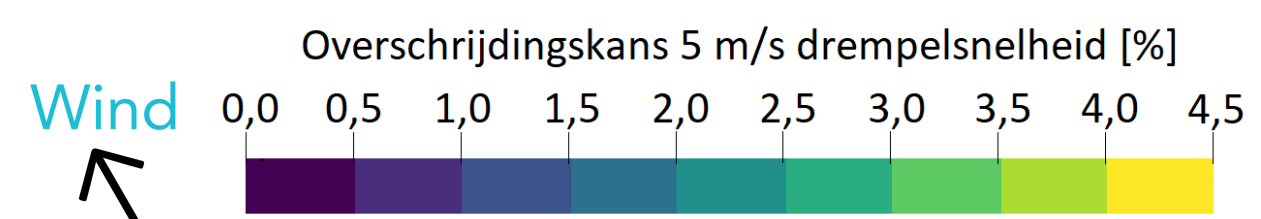
(a) gepland





(a) bestaand

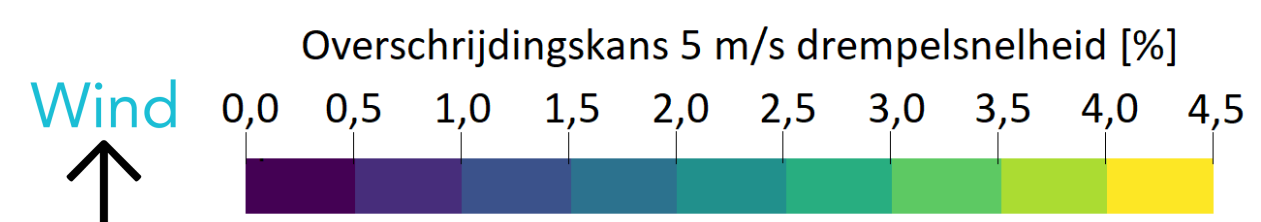
(a) gepland





(a) bestaand

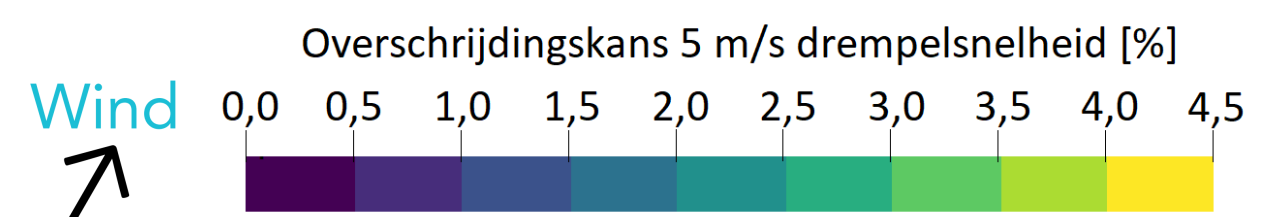
(a) gepland





(a) bestaand

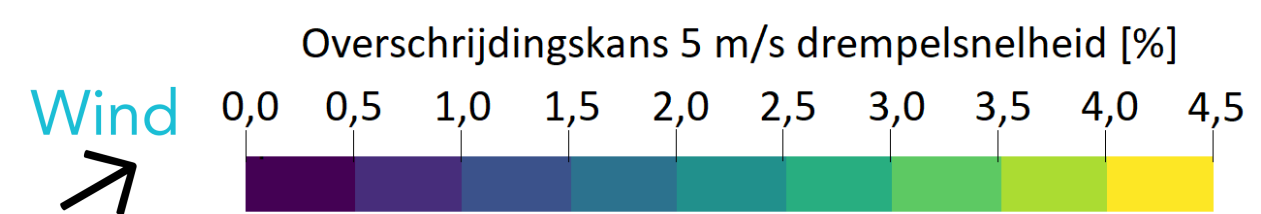
(a) gepland





(a) bestaand

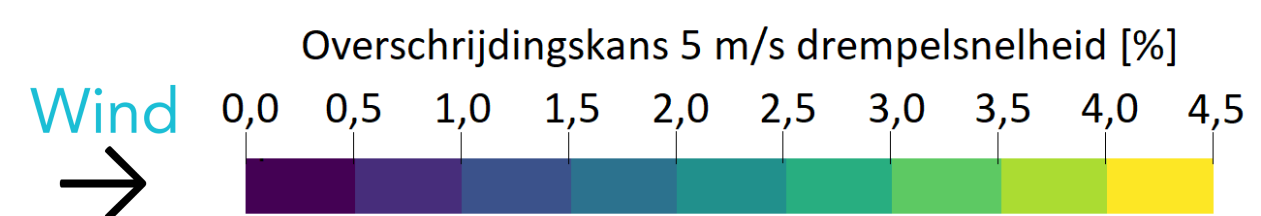
(a) gepland

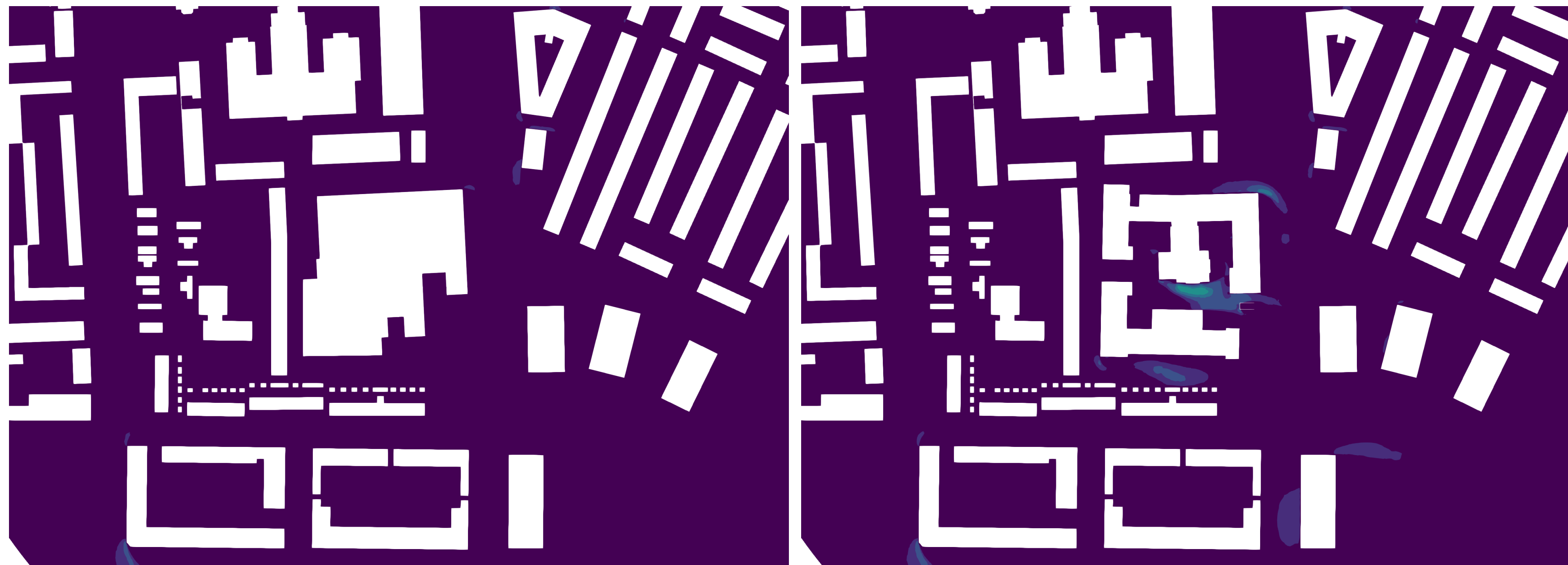




(a) bestaand

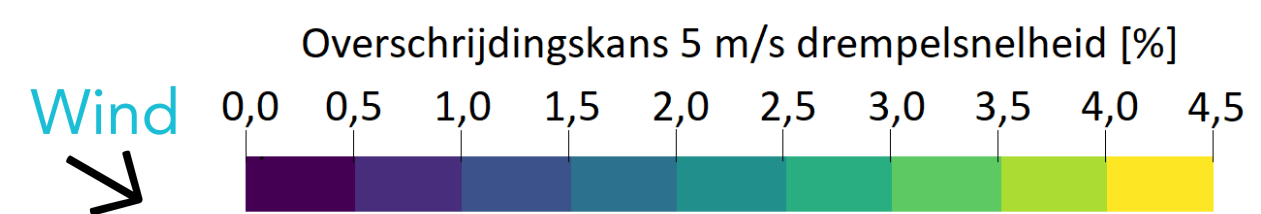
(a) gepland

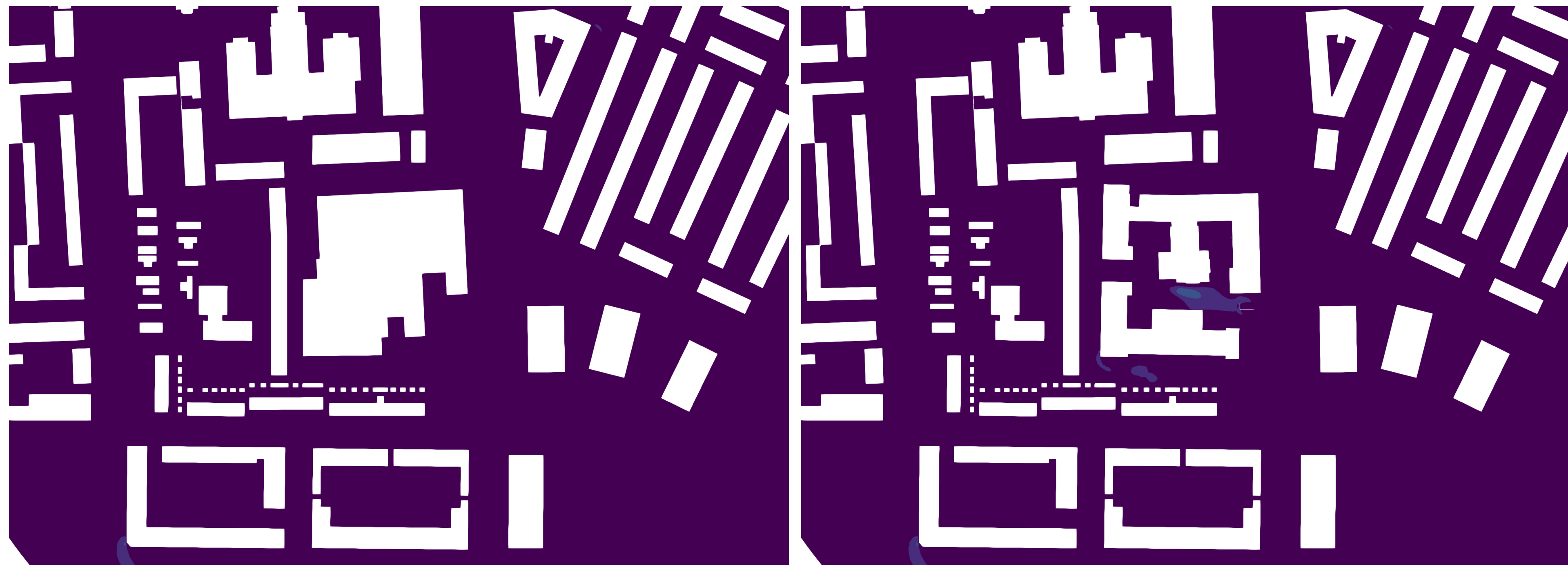




(a) bestaand

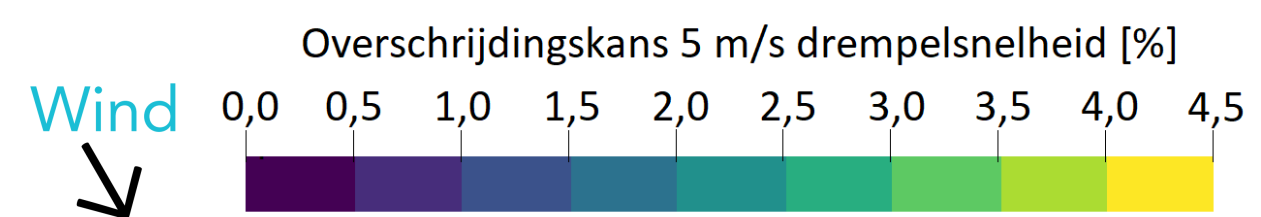
(a) gepland





(a) bestaand

(a) gepland



24 / 24

Actiflow BV  
Halstraat 31a  
4811 HV Breda  
+31 (0)76 5422 220  
contact@actiflow.com  
[www.actiflow.nl](http://www.actiflow.nl)

