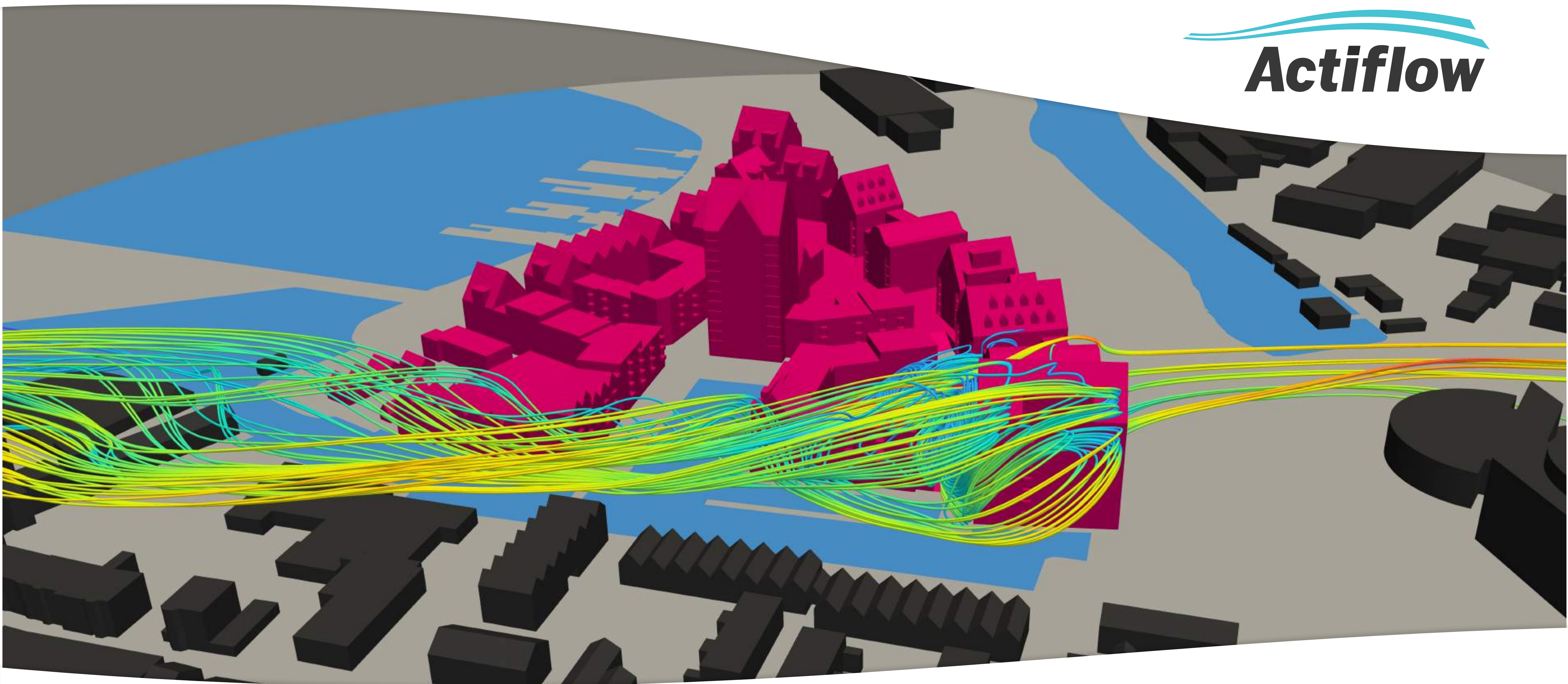




Inhoudsopgave

1 Introductie

2 Normstelling

3 Opzet van de berekening

3.1 Software

3.2 Geometrie en rekenrooster

3.3 Aannames en randvoorwaarden

4 Resultaten

5 Conclusie

A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

B Inlegvel NEN 8100:2006

1 Introductie

Voorliggende rapportage geeft een beschrijving van de resultaten van een studie is uitgevoerd door [Actiflow](#). Het betreft een windstudie voor de herontwikkeling van de Houthavenkade te Zaandam. De bestaande gebouwen met commerciële functie zullen hierbij vervangen worden door gebouwen met hoofdzakelijk een residentiële functie. Onderhavige studie maakt het effect van de wijzigingen van de bouwvolumes op het windklimaat inzichtelijk in het kader van de ruimtelijke onderbouwing.

Het vervangen van de gebouwen zal leiden tot een verandering van het windstromingspatroon, waardoor mogelijk hinder of gevaar kan ontstaan. Middels een windstudie kan het risico op hinder of gevaar door wind inzichtelijk worden gemaakt, waarbij een vergelijking wordt gemaakt tussen de huidige en nieuwe situatie.

[Actiflow](#) is gevraagd om een dergelijke windstudie uit te voeren waarin het resulterende windklimaat wordt beoordeeld, zowel voor de bestaande en de nieuwe situatie. 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 van onderhavige rapportage 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 openbare buitenruimten 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 computationele 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.

Toetsing vindt plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak.

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 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.

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

Overschrijdingskans (%) (Lokaal windsnelheid > 5 m/s) (van het aantal uren per jaar)	Kwaliteitseis	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten ^a
<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

^a Dit geldt conform de norm voor een bankje in het park. Voor horeca-terrassen of private buitenruimten is zwaardere normstelling van toepassing om het gewenste comfort te behalen.

Tabel 2.2: Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

Overschrijdingskans (%) (Lokaal windsnelheid > 15 m/s) (van het aantal uren per jaar)	Kwaliteitseis
0.05 – 0.30 %	Beperkt risico
>0.30 %	Gevaarlijk

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.

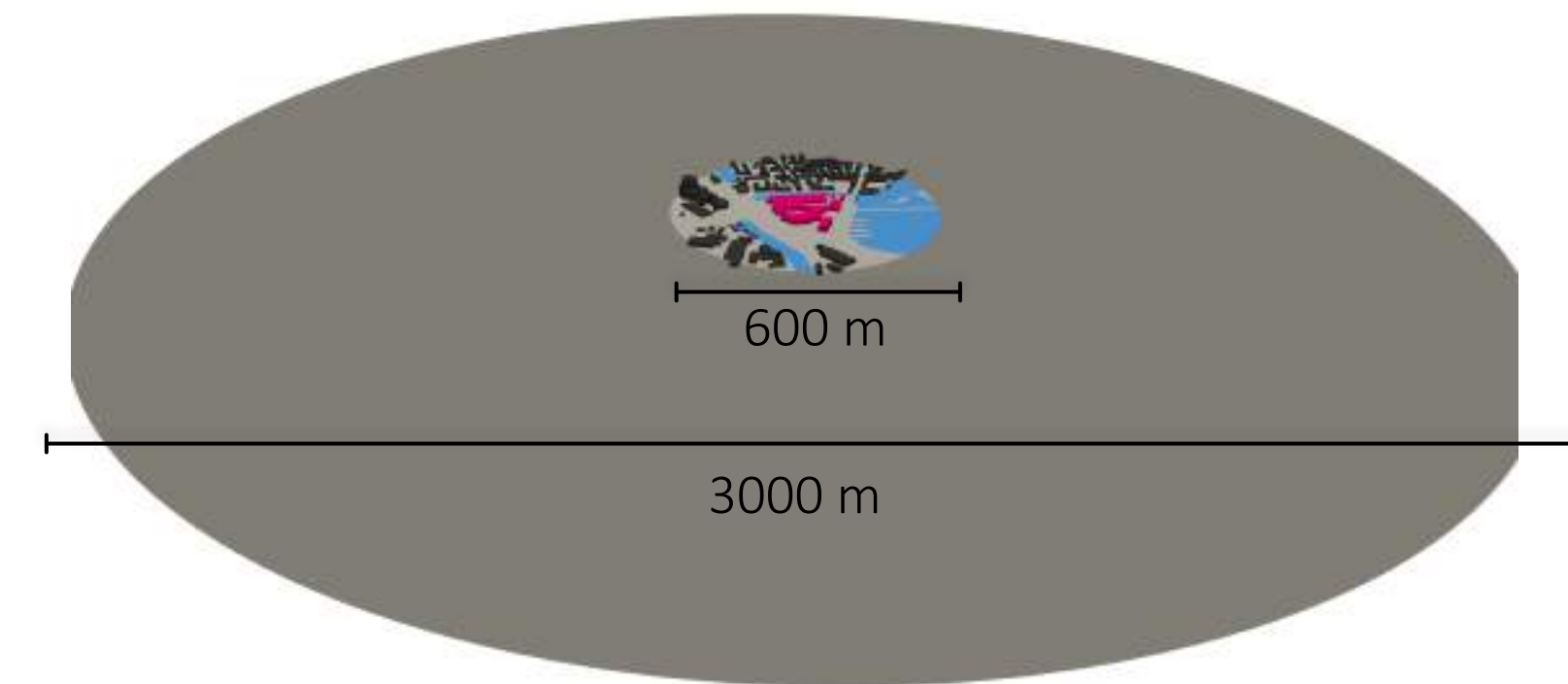
3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM 5.x, 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 middels het k- ω SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

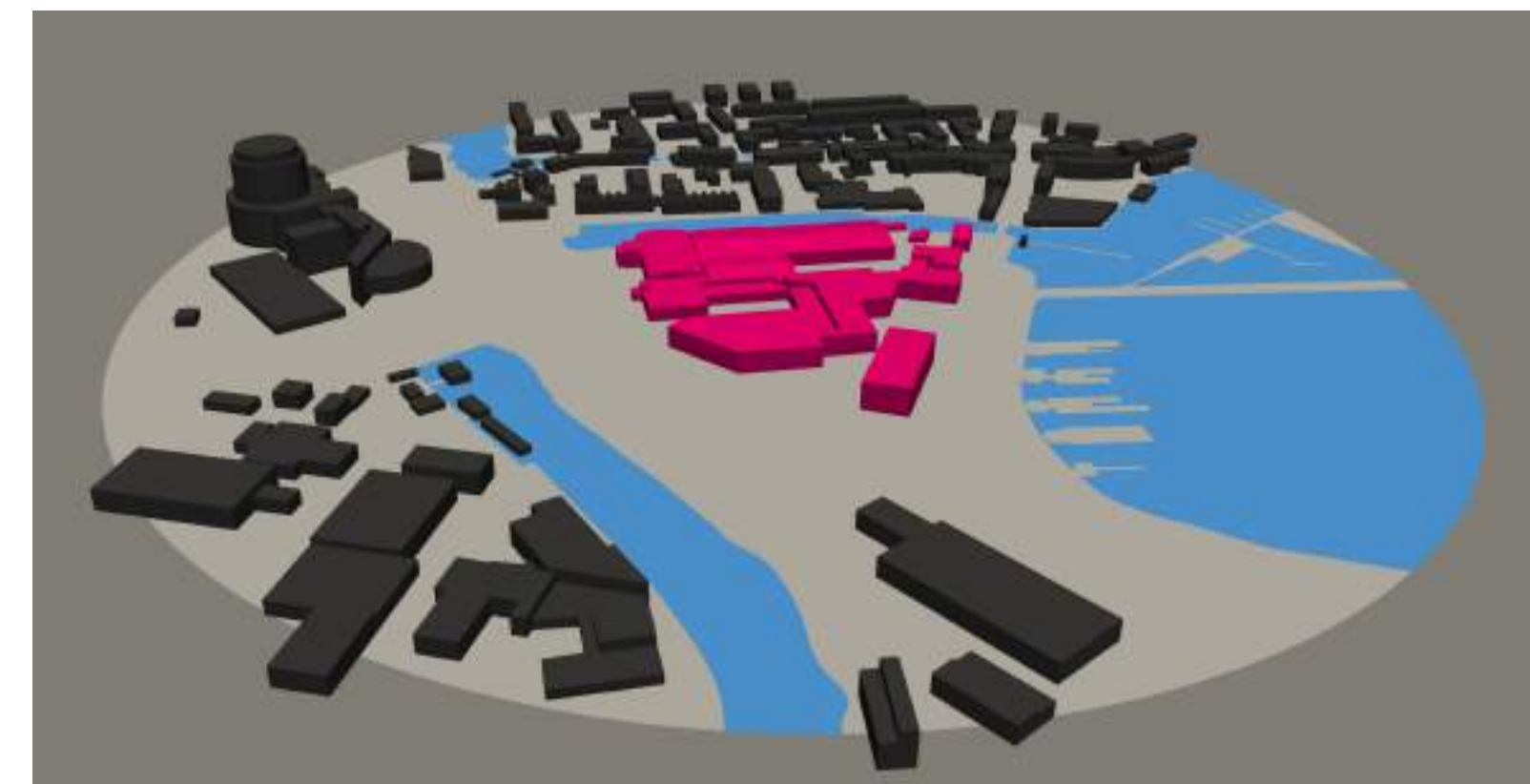
De geometrie van het bestaande en toekomstige gebouw zijn gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Het driedimensionale model is weergegeven in figuur 3.1 (voor de bestaande situatie) en figuur 3.2 (voor de toekomstige situatie). De balkons, balustrades en soortgelijke details van het toekomstige gebouw zijn opgenomen in het model.

Het model omvat de bebouwing en belangrijke hoogteverschillen in een straal van 300 m rond het plangebied. 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



Figuur 3.1:
Impressie van het
model voor de
bestaande situatie

(a) Overzicht model



(b) Close-up

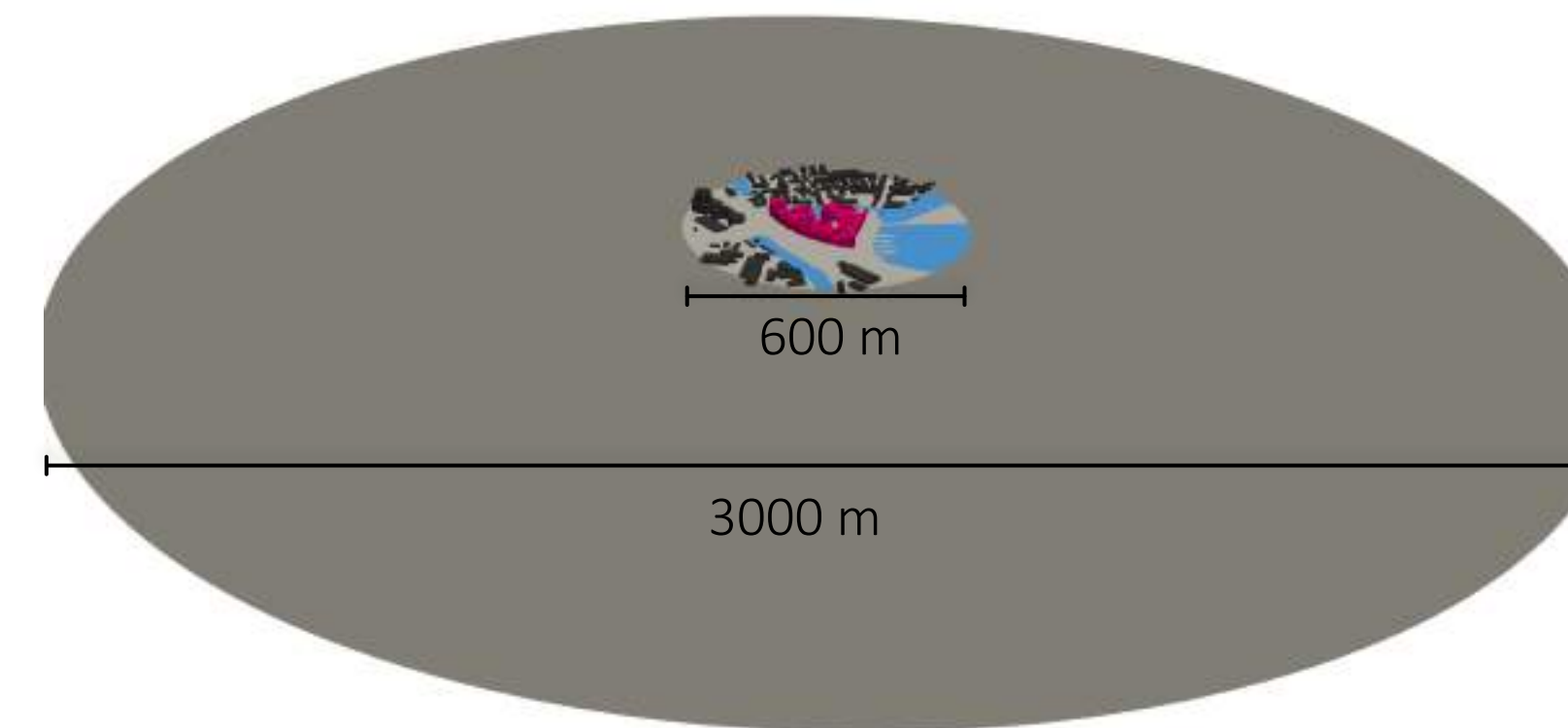
centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie (figuren 3.3 en 3.4). Dit rooster bestaat uit 9 659 077 (bestaande situatie) en 12 375 276 cellen (toekomstige situatie). Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vier lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.

3.3 Aannames en randvoorwaarden

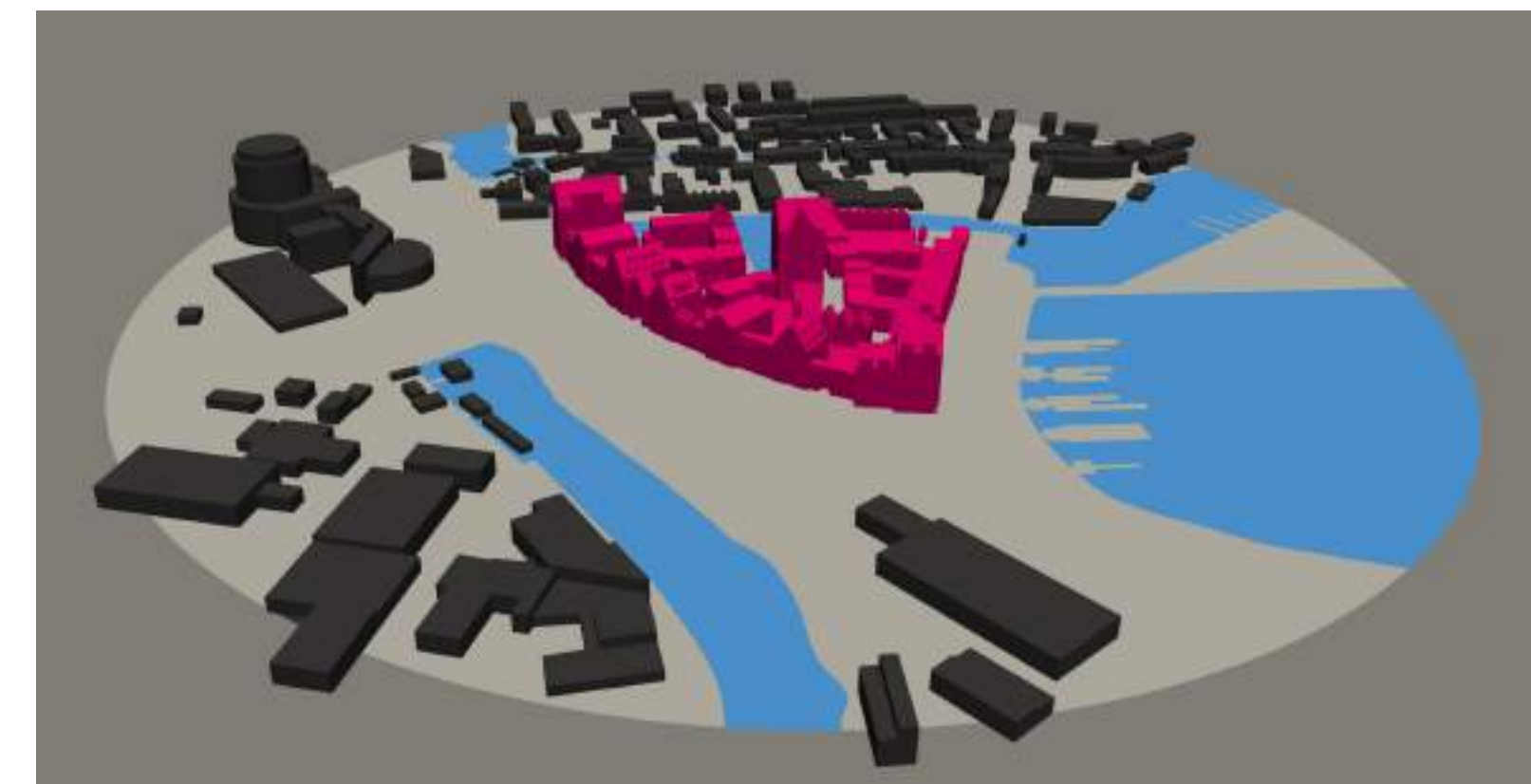
Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2. Hierin is U_n de horizontale windsnelheid, z de hoogte vanaf het maaiveld, en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat $\alpha = 0,41$; deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties.

Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0.09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulente model (k- ω SST).

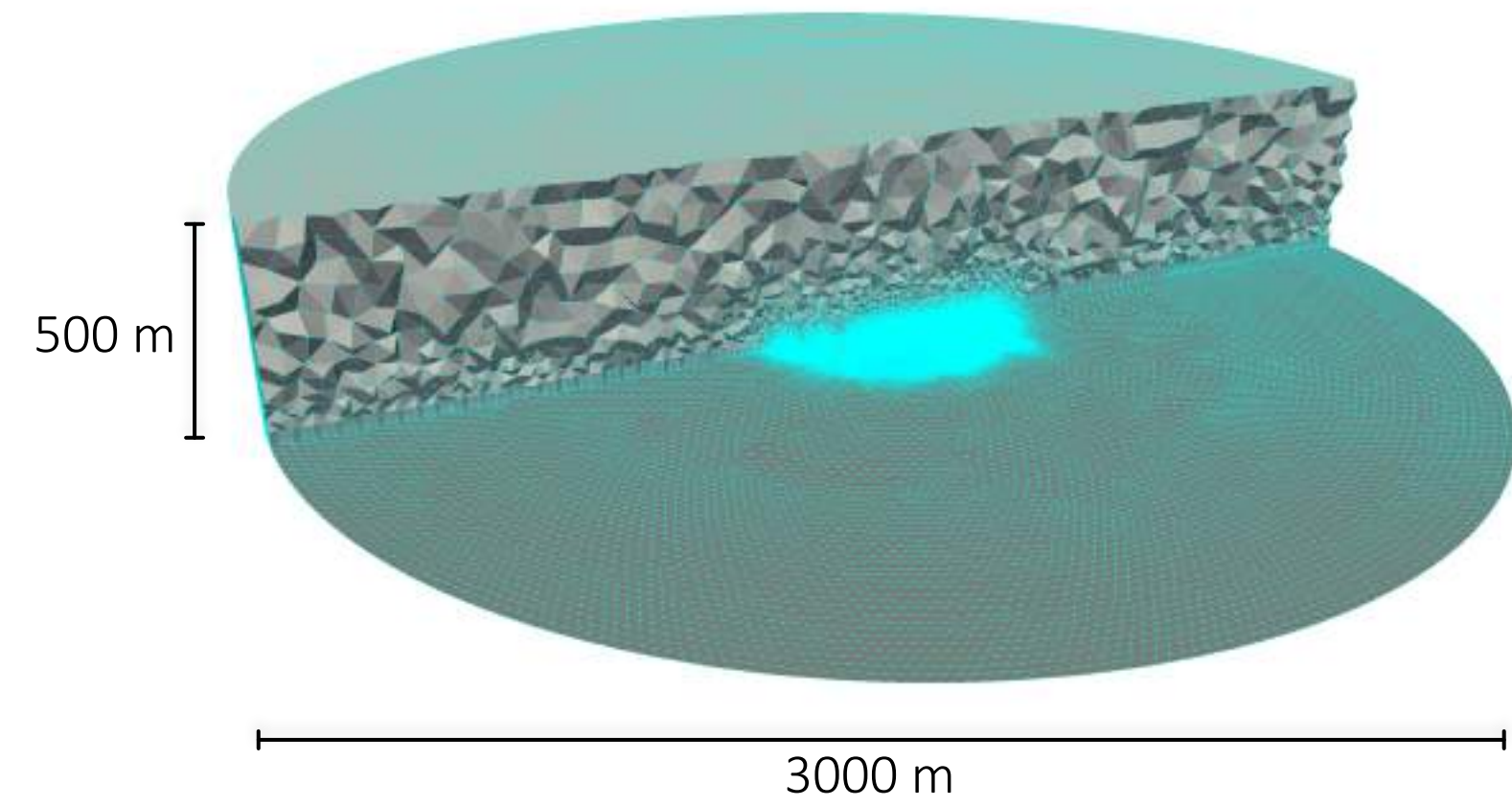


Figuur 3.2:
Impressie van het
model voor de toe-
komstige situatie

(a) Overzicht model

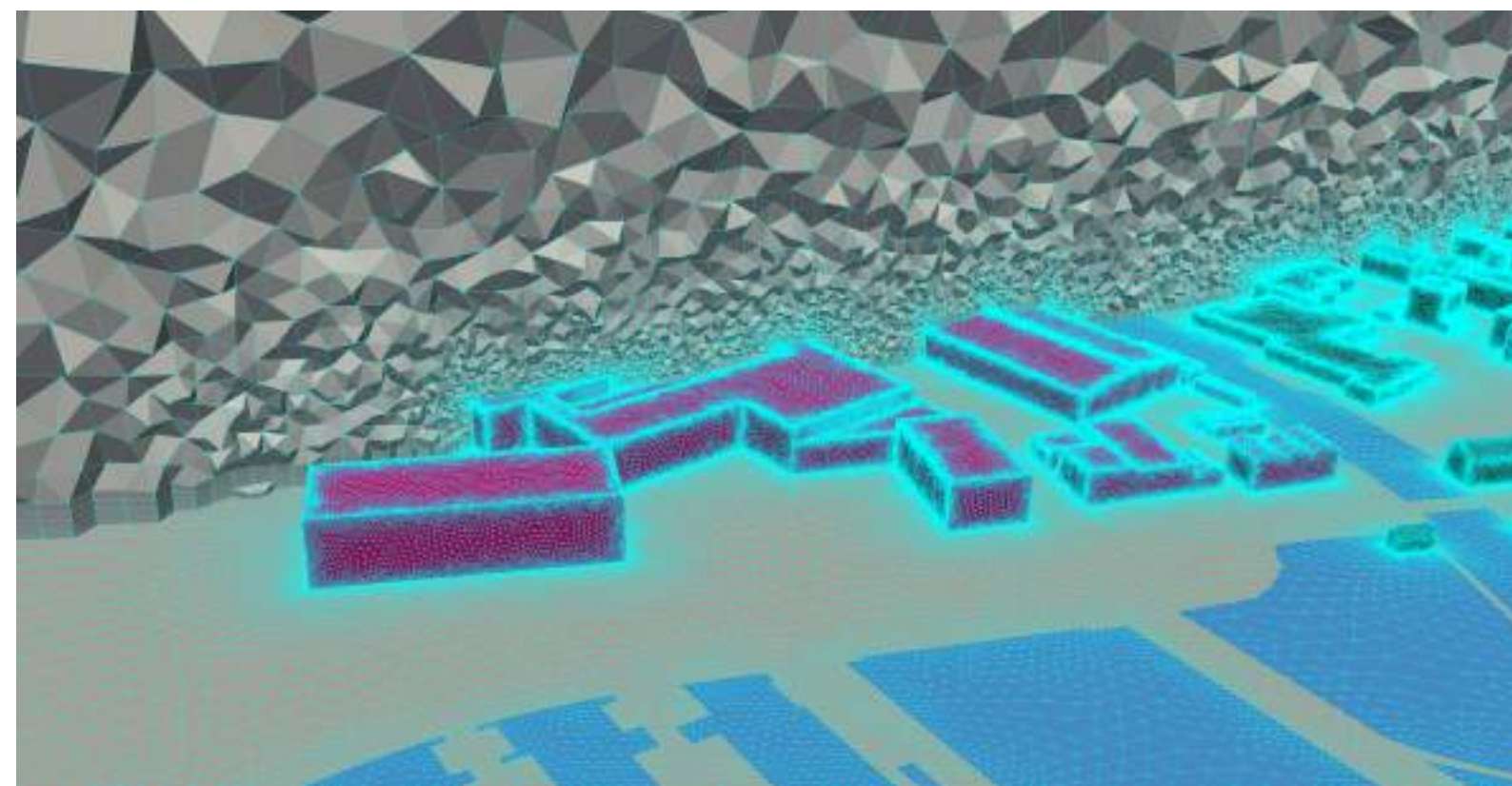


(b) Close-up

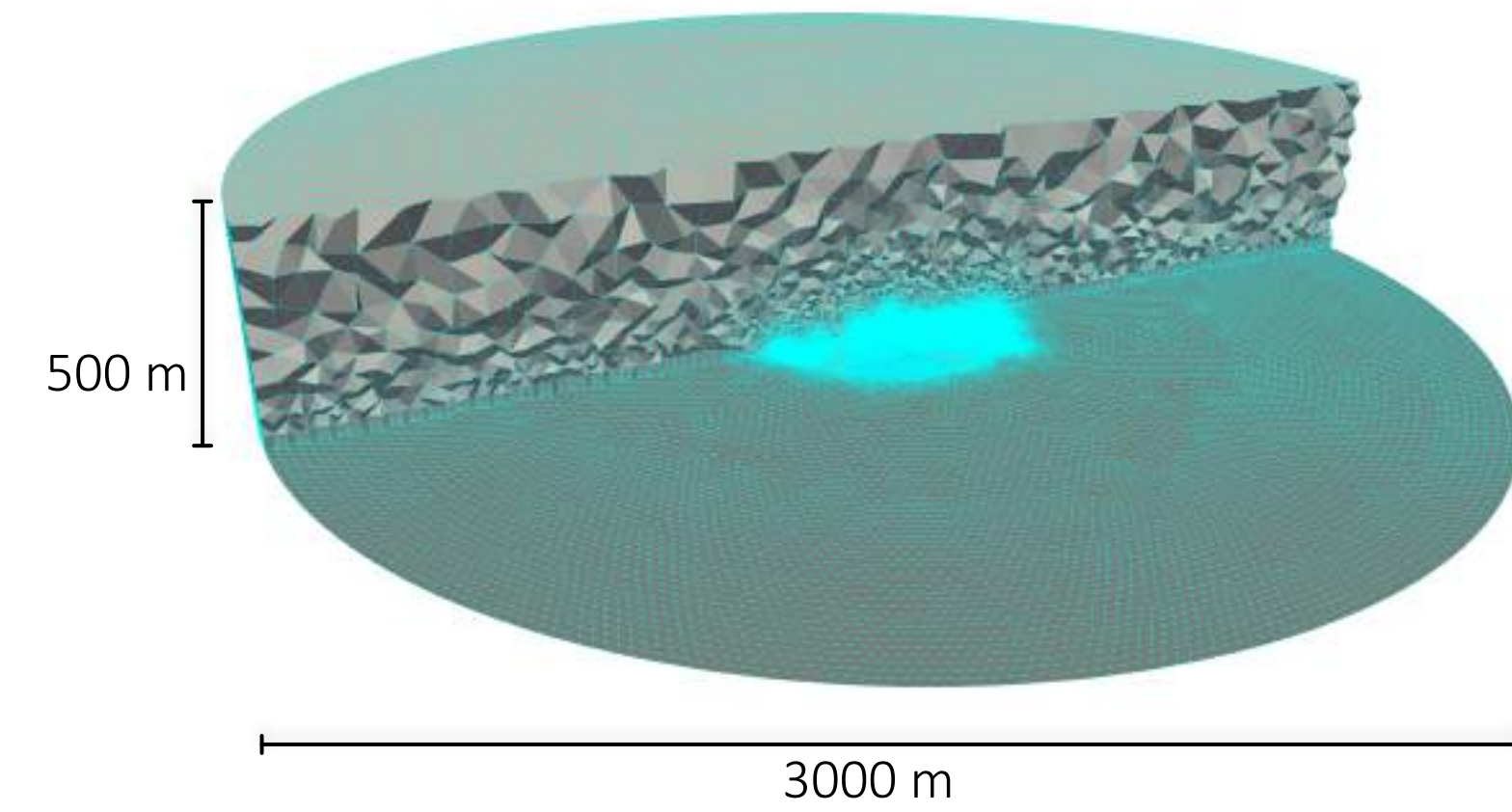


Figuur 3.3:
Impressie rekengrid
voor de bestaande
situatie

(a) Doorsnede over
het rekengrid

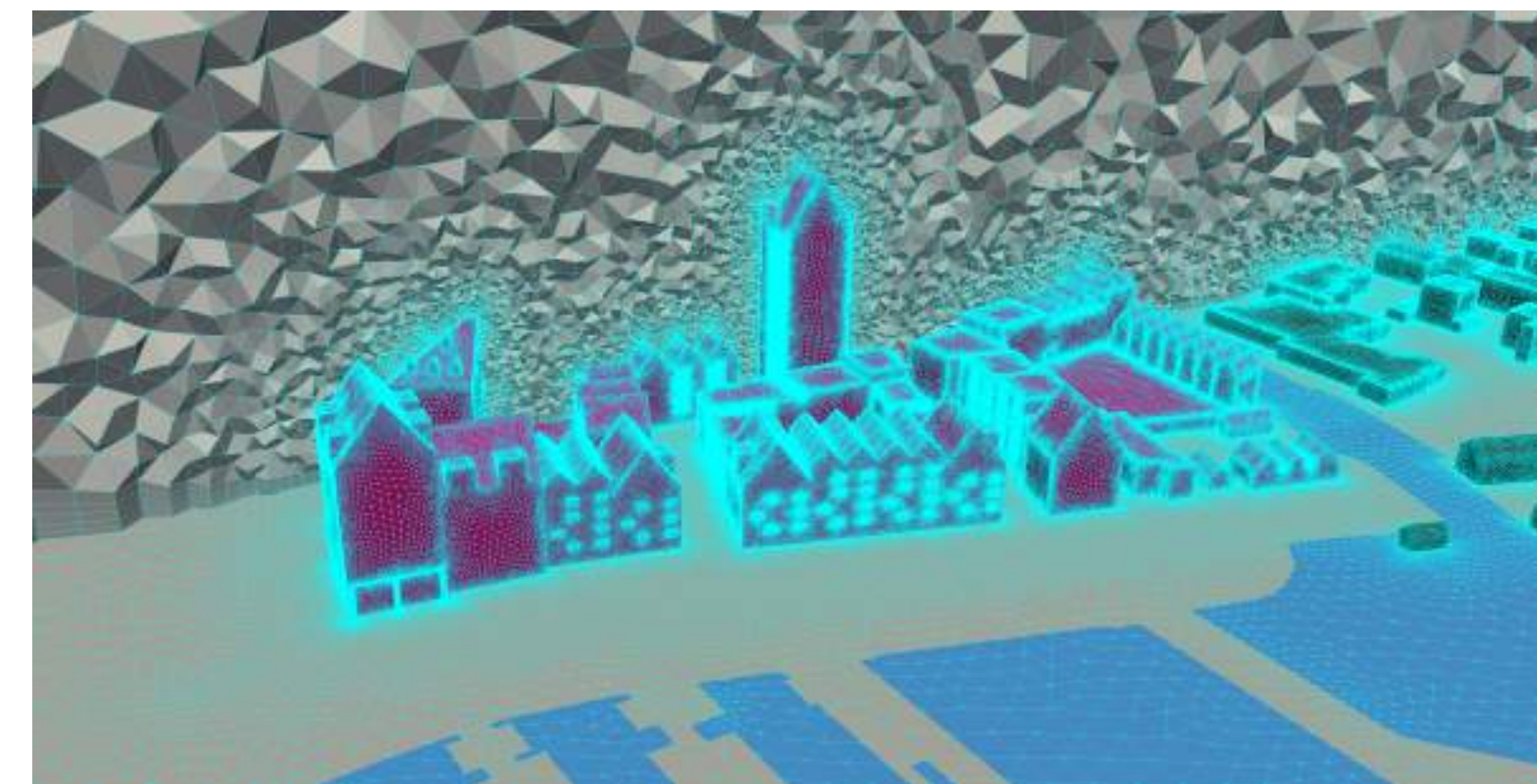


(b) Doorsnede over
het rekengrid close-
up



Figuur 3.4:
Impressie rekengrid
voor de toekomstige
situatie

(a) Doorsnede over
het rekengrid



(b) Doorsnede over
het rekengrid- close-
up

Voor de berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. 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.

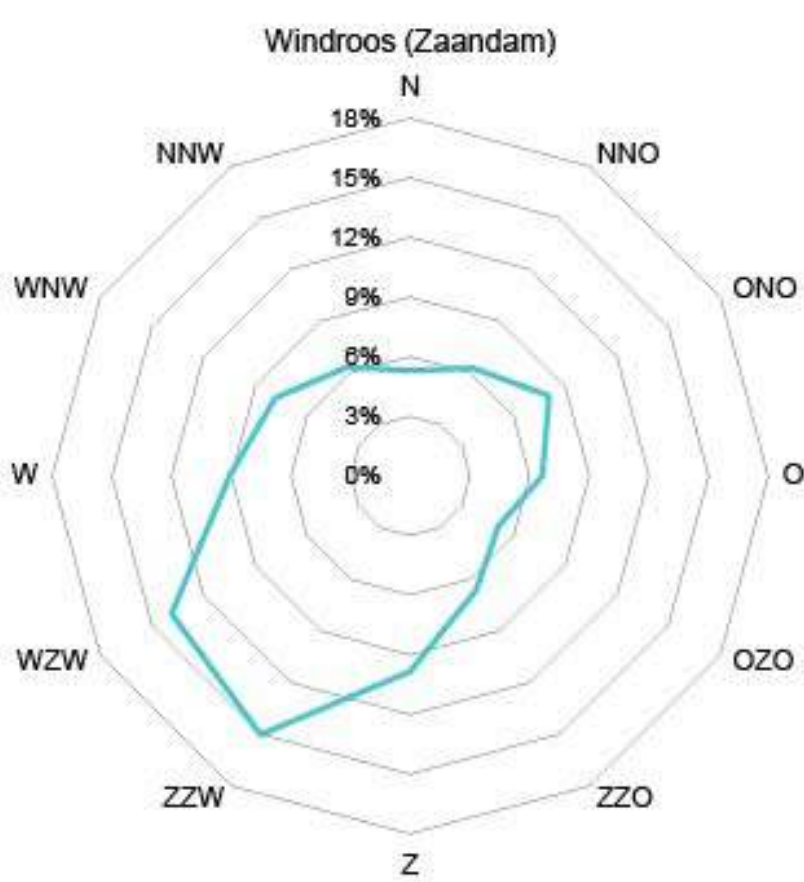
Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos en als frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 3.5.

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

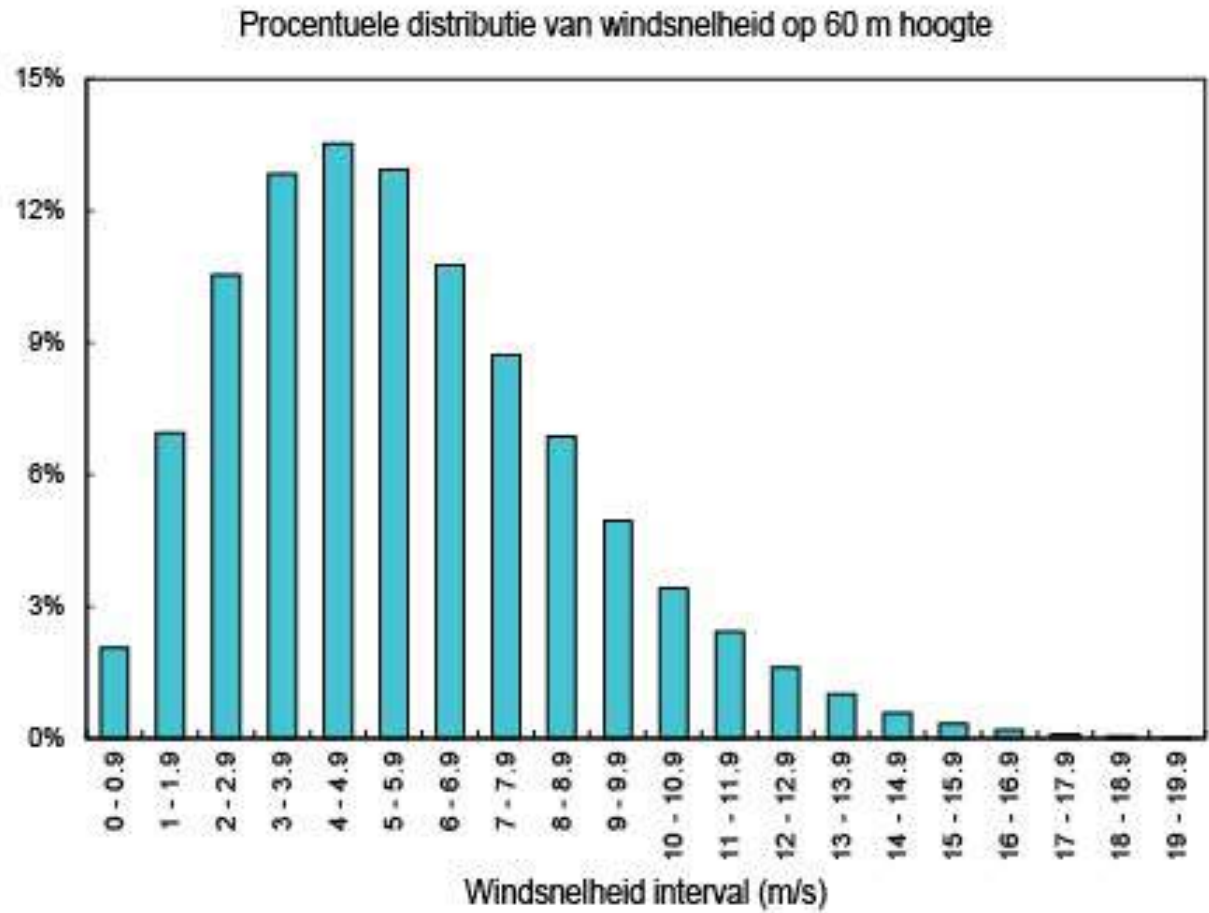
$$U^*(z_0, U_{ref}, z_{ref}) = \frac{\kappa \cdot U_{ref}}{\ln \left(\frac{z_{ref} + z_0}{z_0} \right)} \tag{3.2}$$

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

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



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

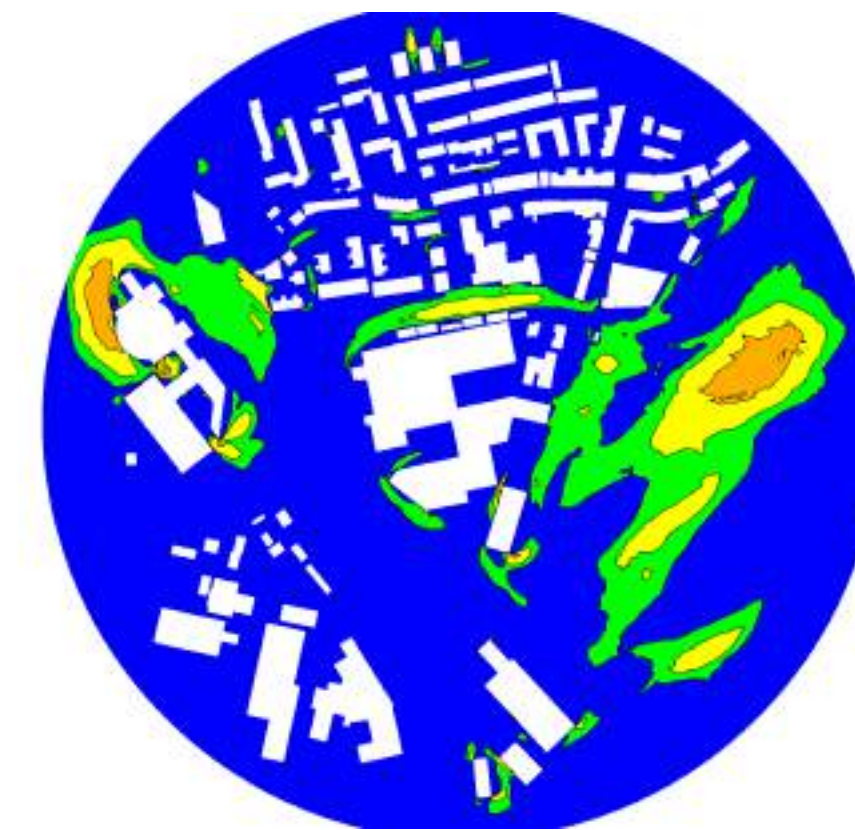


4 Resultaten

In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van openbare buitenruimten weergegeven, conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimten worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Figuren 4.1 en 4.2 tonen de resultaten van de openbare buitenruimten.

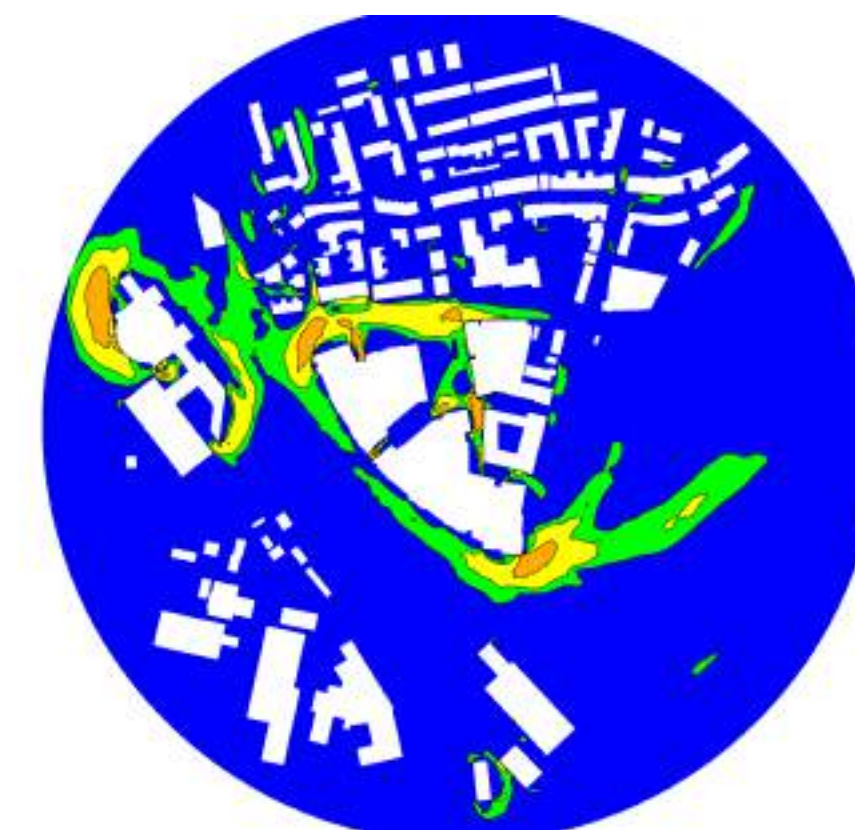
In lijn met de normstelling gelden de volgende prestatie-eisen voor het lokale windklimaat:

- Op locaties met voor voetganges louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie dient windhinder bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau en 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 en dienen 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.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.



Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau-
overzicht

(a) Bestaande
situatie



(b) Toekomstige
situatie

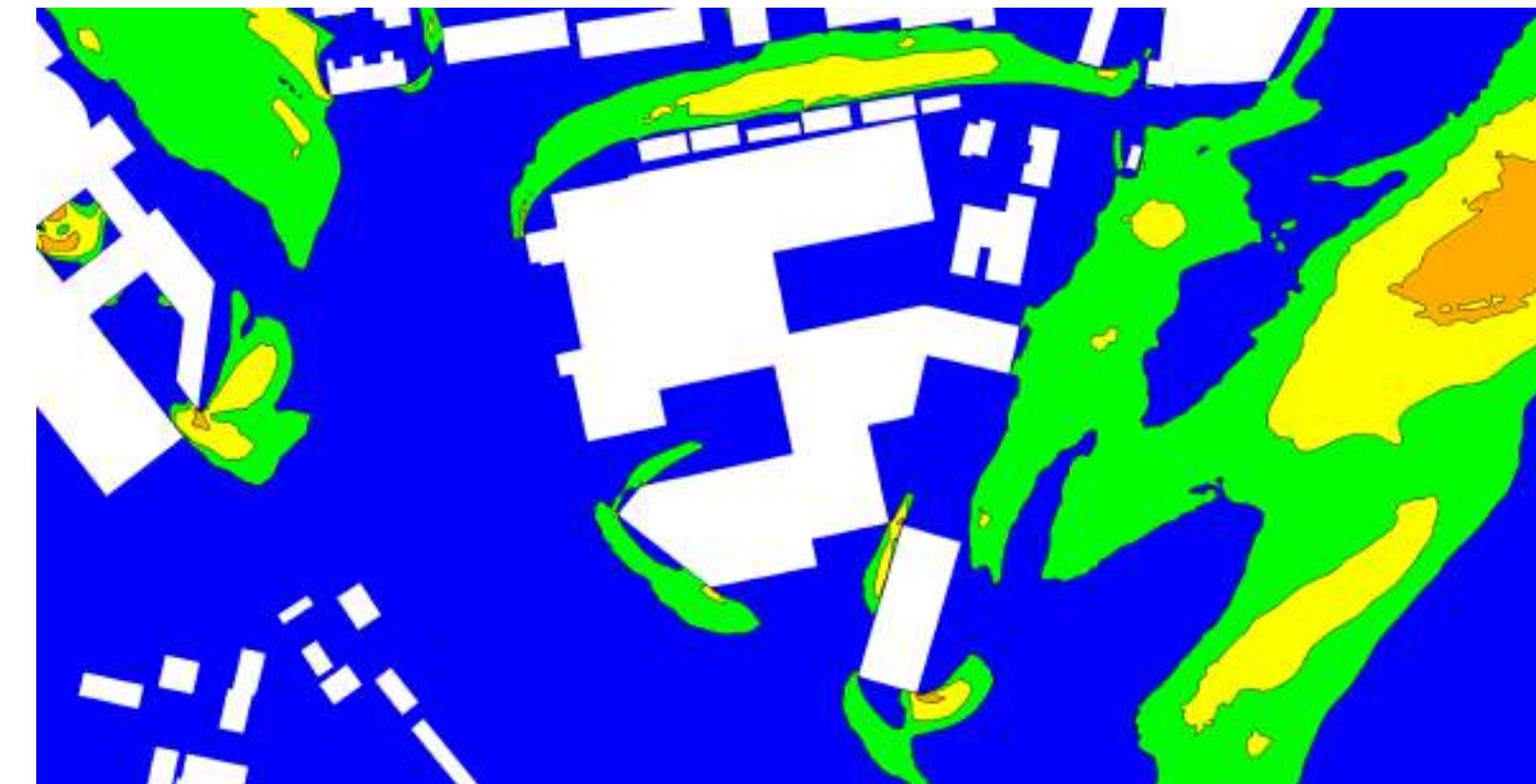


De resultaten laten zien dat in beide situaties windhinderklassen A t/m D voor kunnen komen in de nabijheid van de planlocatie. De zones met windhinderklasse D zijn in de bestaande situatie veelal aanwezig boven het water ten oosten van de locatie. In de toekomstige situatie blokkeert de hogere nieuwbouw de overheersende windrichtingen zuid, zuidwest en west (zie ook bijlage A), waardoor de zones met windhinderklasse D richting de planlocatie verschuiven.

Dit leidt binnen het plangebied tot een wisselend windklimaat tussen A (luw) en D (matig niveau voor de functie doorlopen). Aanbevolen wordt om binnen dit residentiële gebied maximaal klasse C na te streven.

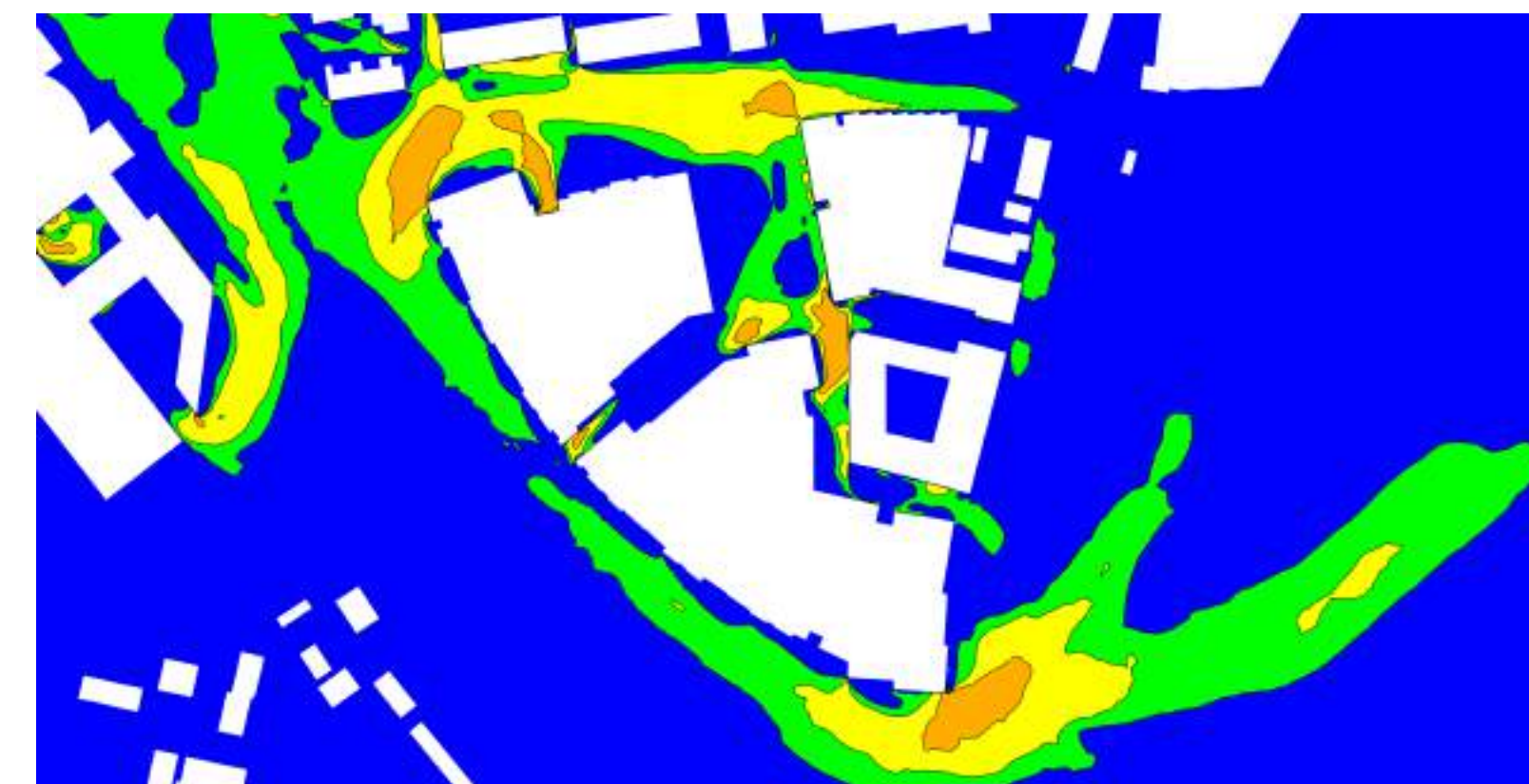
Aan de noordzijde van de planlocatie zijn enkele zones aanwezig met windhinderklasse D. Deze zijn voornamelijk aanwezig boven het water. De nabij gelegen huizen in de noordelijk gelegen woonwijk gaan meer wind ervaren. De huidige windluwe klasse A wordt straks A, B en C wat tot een merkbaar verschil zal leiden. Deze verschillen treden met name op in de tuinen van de woningen, waarbij (conform de norm) in de studie geen rekening gehouden is met de aanwezige inrichting in de vorm van schuttingen, schuurtjes en beplanting. Deze elementen hebben een significant effect op de windstroming en leiden tot een meer gematigd beeld van het toekomstig windklimaat.

Het risico op windgevaar is in het gehele beschouwde gebied zeer klein, zie figuren 4.3 en 4.4.

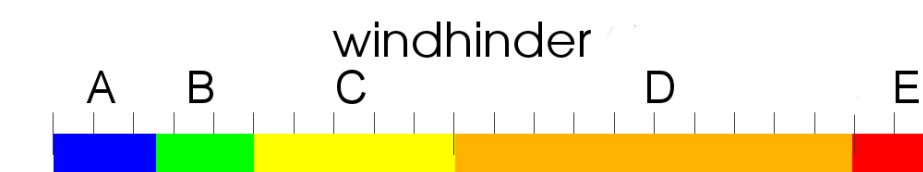


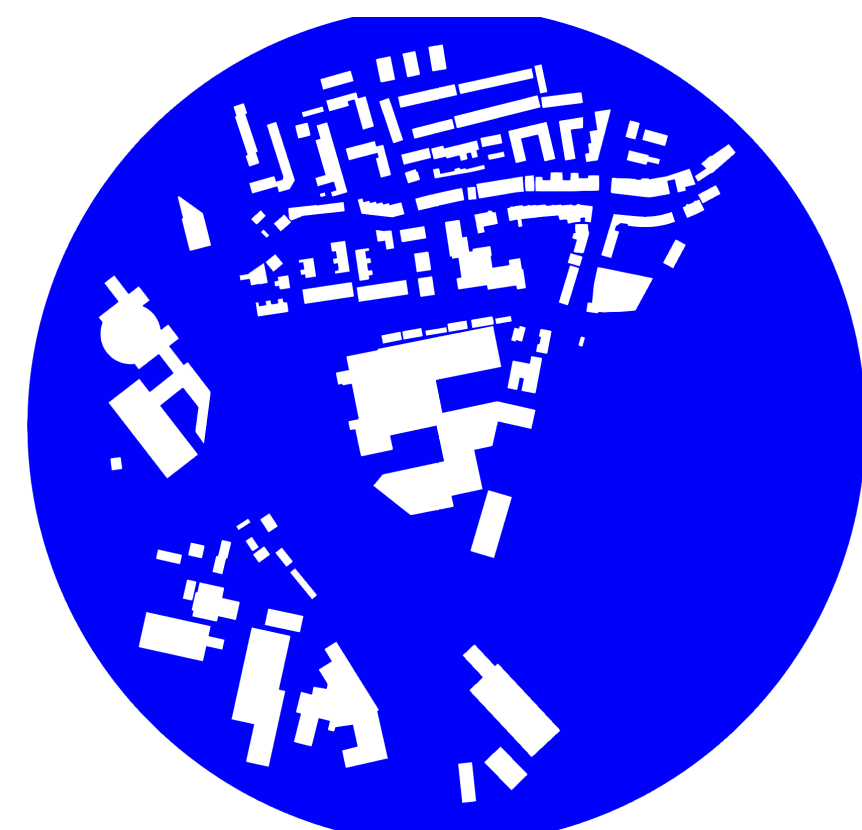
Figuur 4.2:
Windhinder op
voetgangersniveau-
close-up

(a) Bestaande
situatie



(b) Toekomstige
situatie

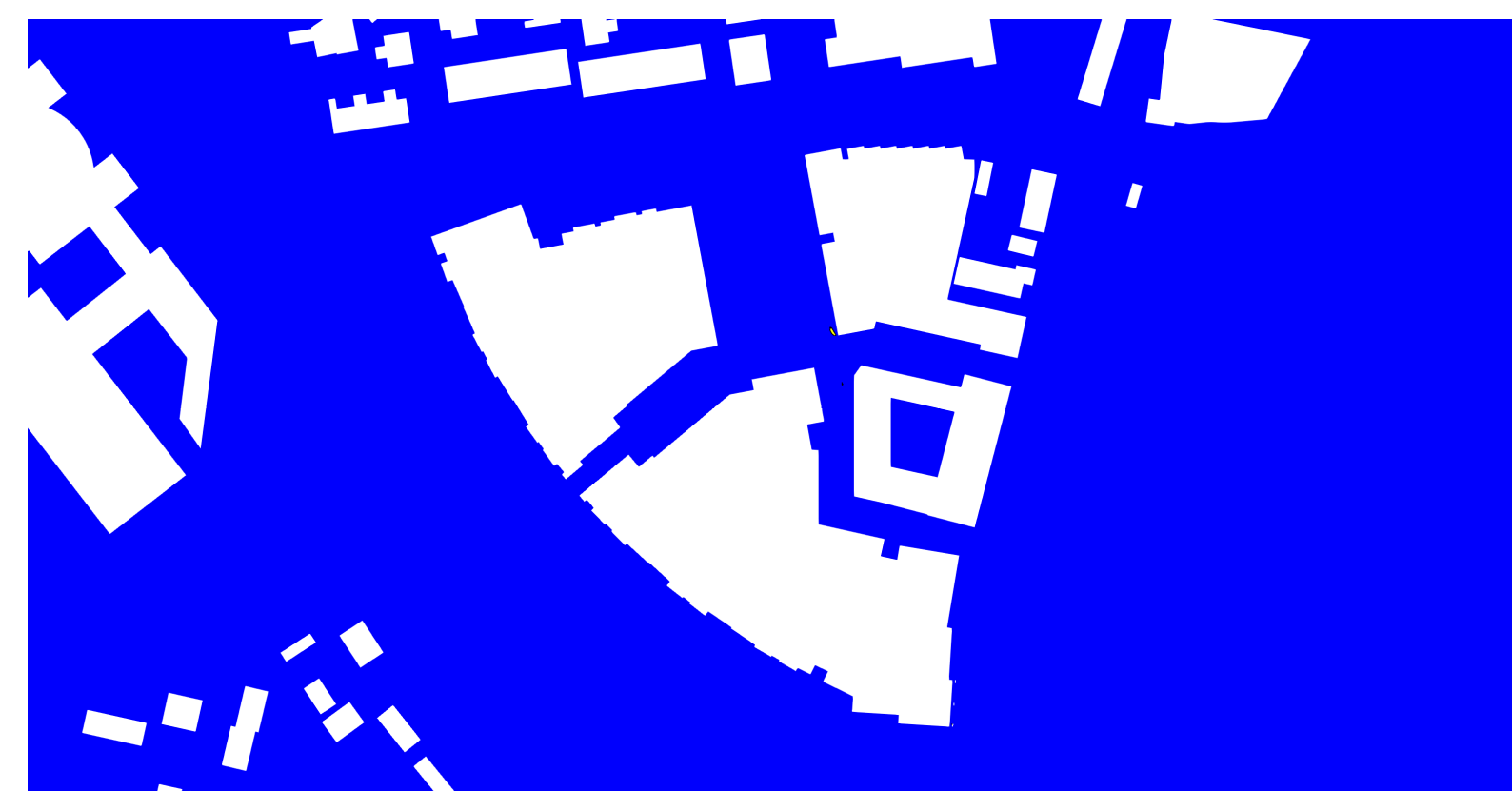




Figuur 4.3:
Windgevaar op
voetgangsniveau-
overzicht

(a) Bestaande
situatie

(b) Toekomstige
situatie



Figuur 4.4:
Windgevaar op
voetgangsniveau-
close-up

(a) Bestaande
situatie

(b) Toekomstige
situatie

5 Conclusie

Het windklimaat rond de Houthavenkade te Zaandam is door [Actiflow](#) geanalyseerd op het gebied van windhinder en windgevaar. Hierbij is een vergelijking gemaakt tussen de bestaande situatie en de situatie na herontwikkeling, waarbij een deel van de gebouwen is vervangen.

De analyse is uitgevoerd met behulp van CFD-simulaties waarbij de Nederlandse norm NEN8100:2006 'Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving' is gebruikt. Voor zowel de bestaande als toekomstige situatie zijn 12 simulaties uitgevoerd voor de 12 corresponderende windrichtingen. Daarmee zijn er in totaal 24 simulaties uitgevoerd. De resultaten van het niveau van windhinder en windgevaar zijn voor beide situaties separaat gepresenteerd.

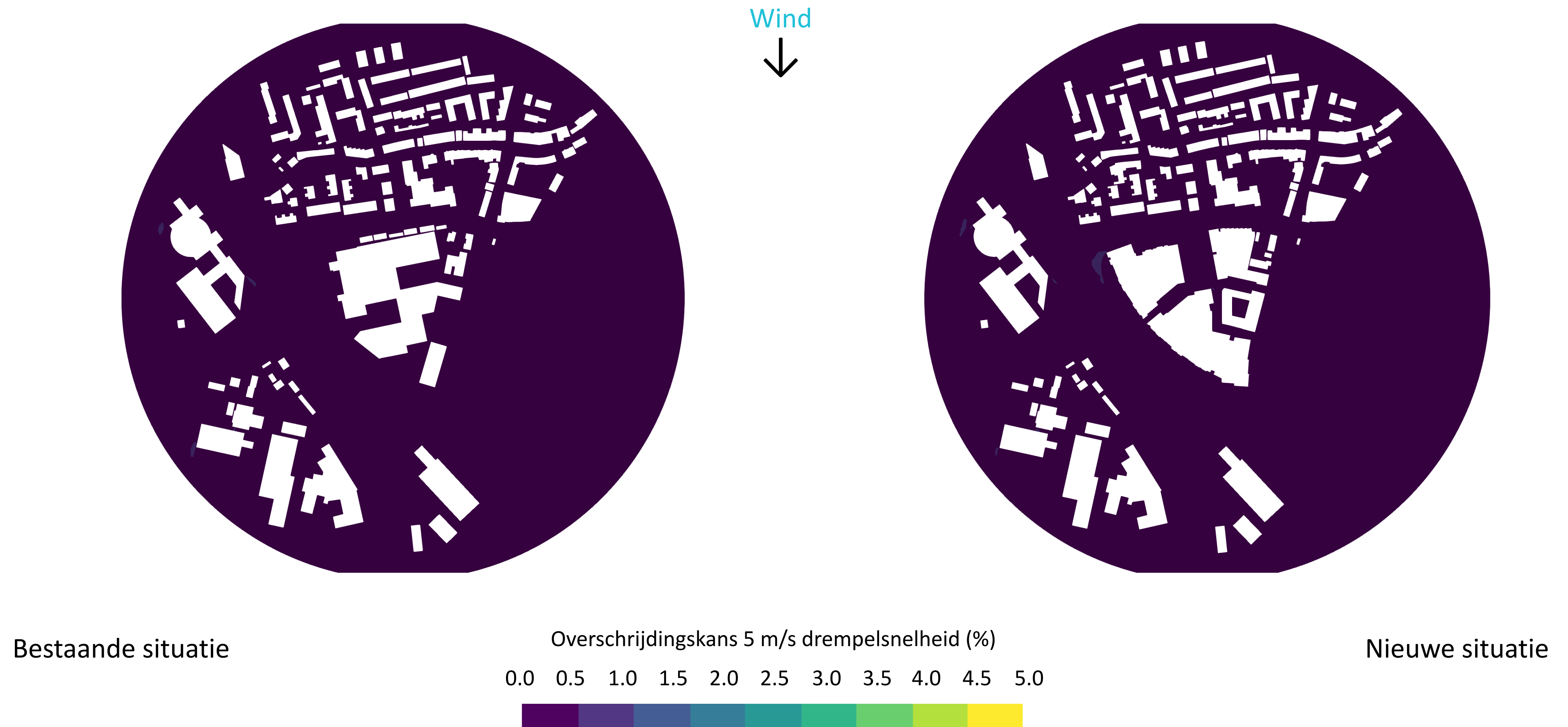
De resultaten laten zien dat in beide situaties windhinderklassen A t/m D aanwezig zijn rondom de planlocatie. Dit biedt een acceptabele tot matig klimaat voor langdurig verblijf of slenteren en een matig klimaat voor een verkeersroute. In de bestaande situatie treedt windhinderklasse D op boven het water. In de toekomstige situatie verschuift deze zone richting de planlocatie.

De eerstelijns-bebouwing in de noordelijk gelegen woonwijk gaat in de toekomstige situatie meer wind ervaren. De huidige windhinderklasse A in de zuidelijk gelegen tuinen wordt klassen A, B en C. Hierbij is het windremmende effect van van schuttingen, schuurtjes en beplanting conform de norm niet meegenomen.

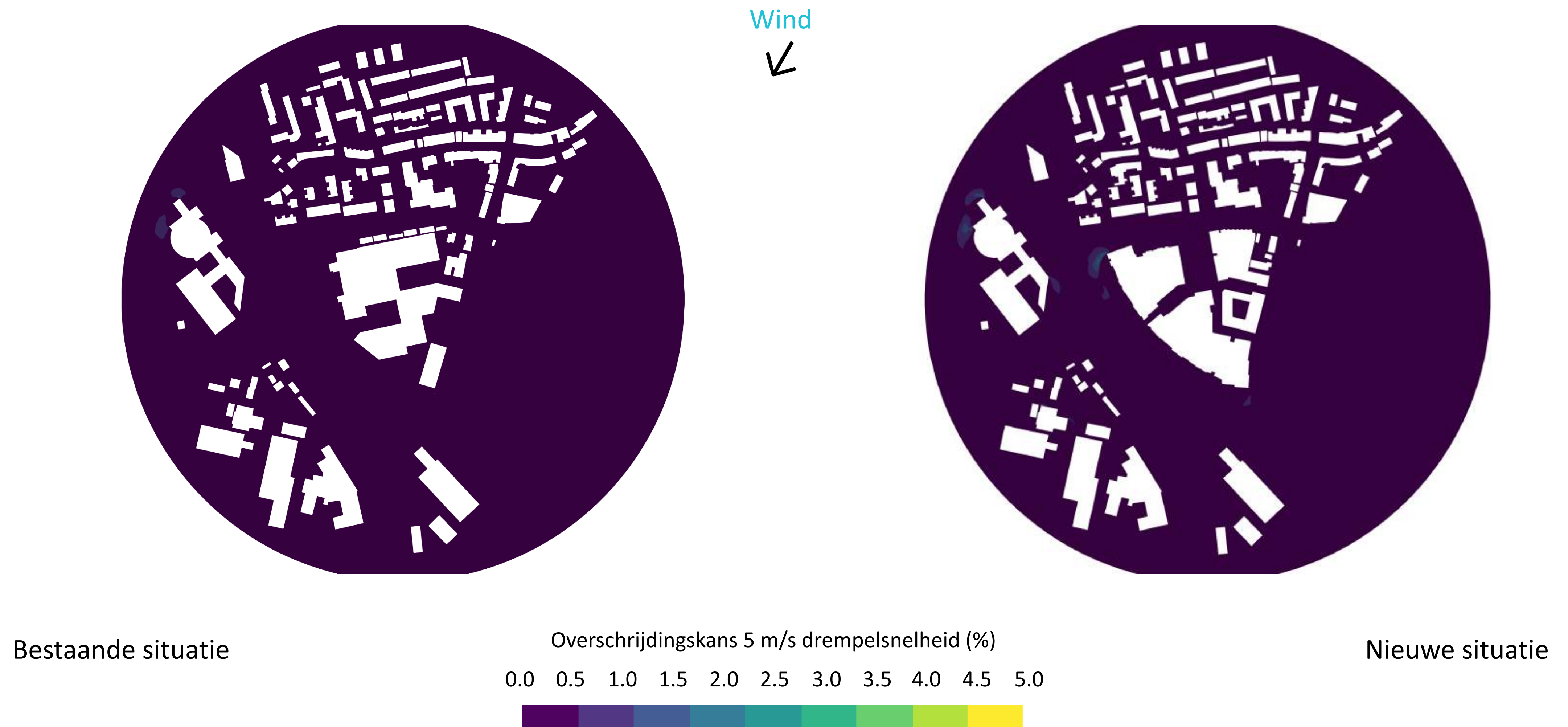
In beide beschouwde situaties is er geen risico op windgevaar.

Geconcludeerd kan worden dat het huidige goede en relatief luwe windklimaat nabij en in de planlocatie zal wijzigen naar een goed tot matig windklimaat.

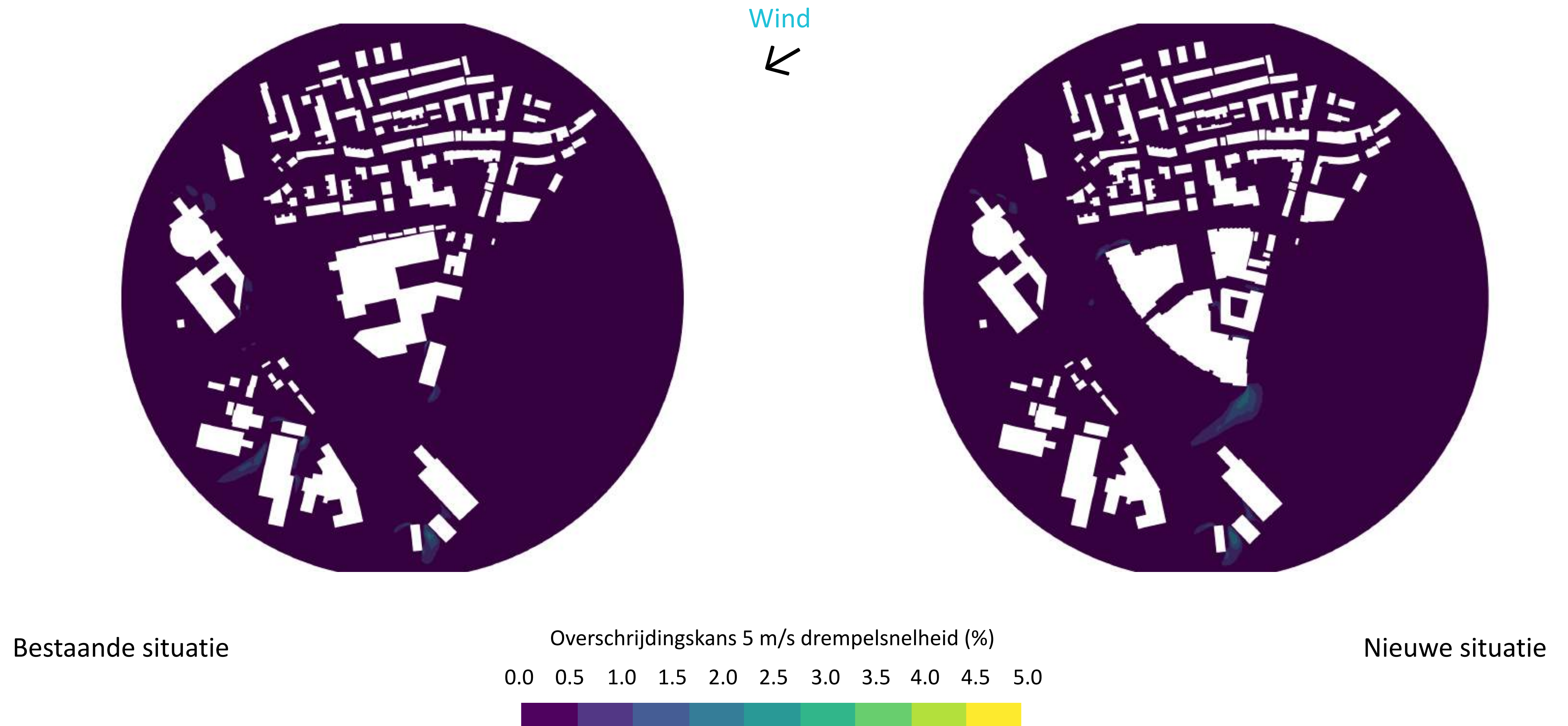
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



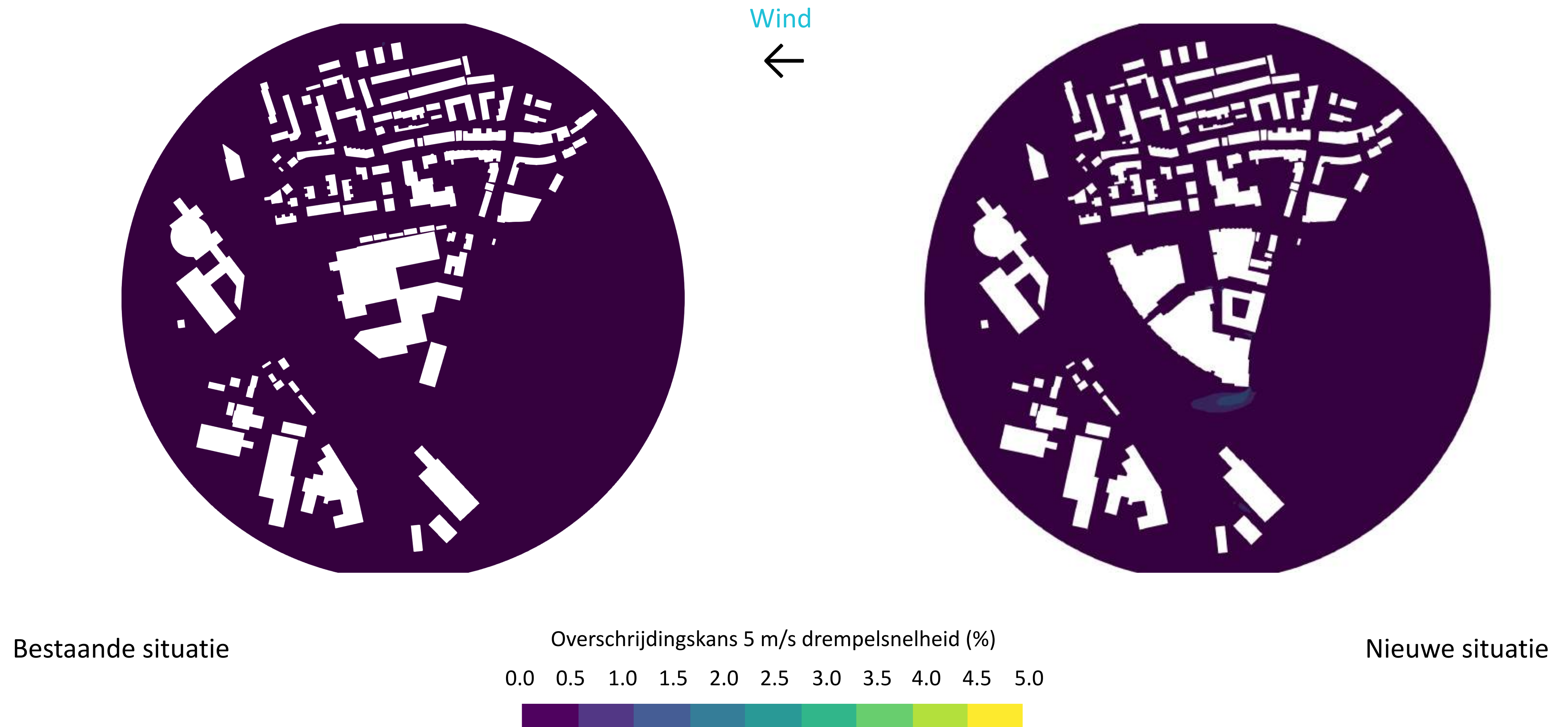
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



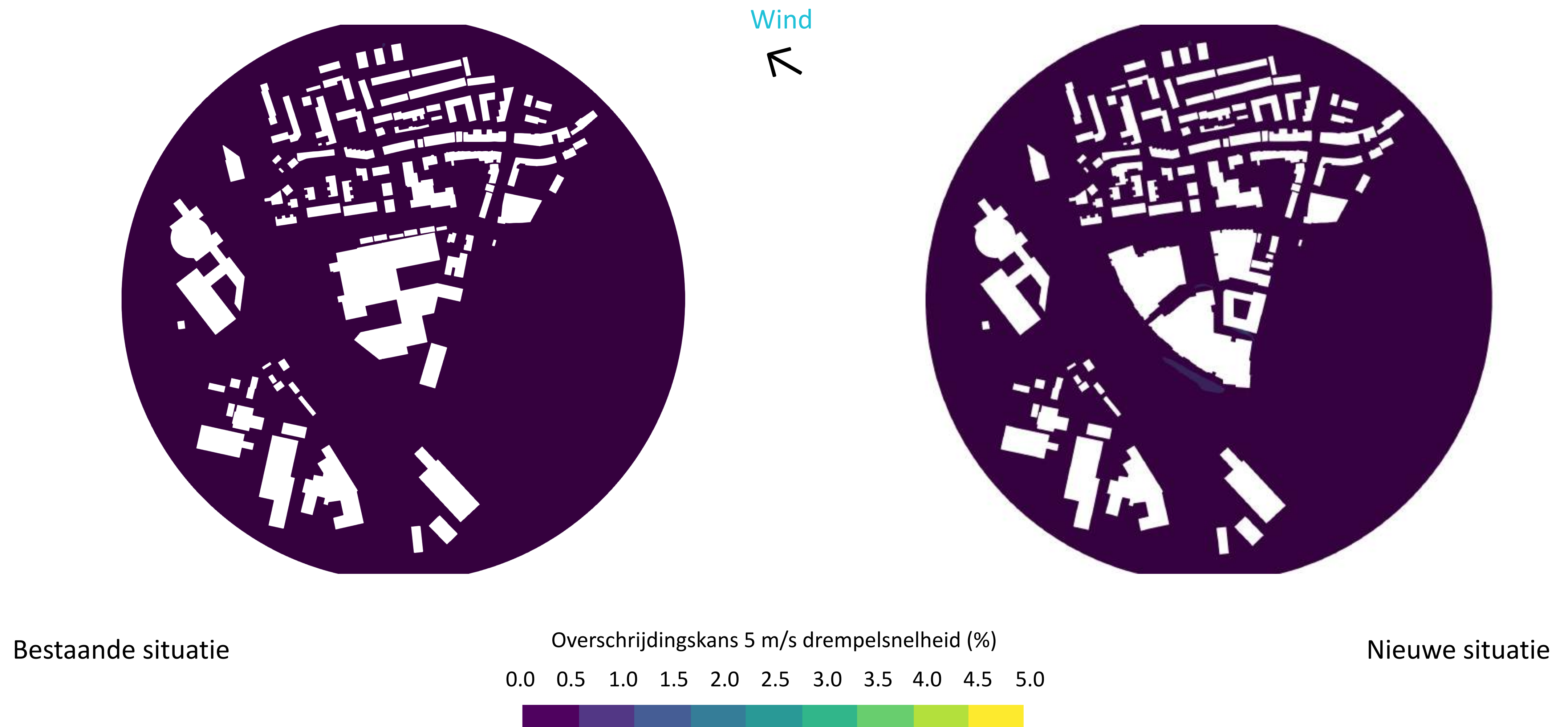
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



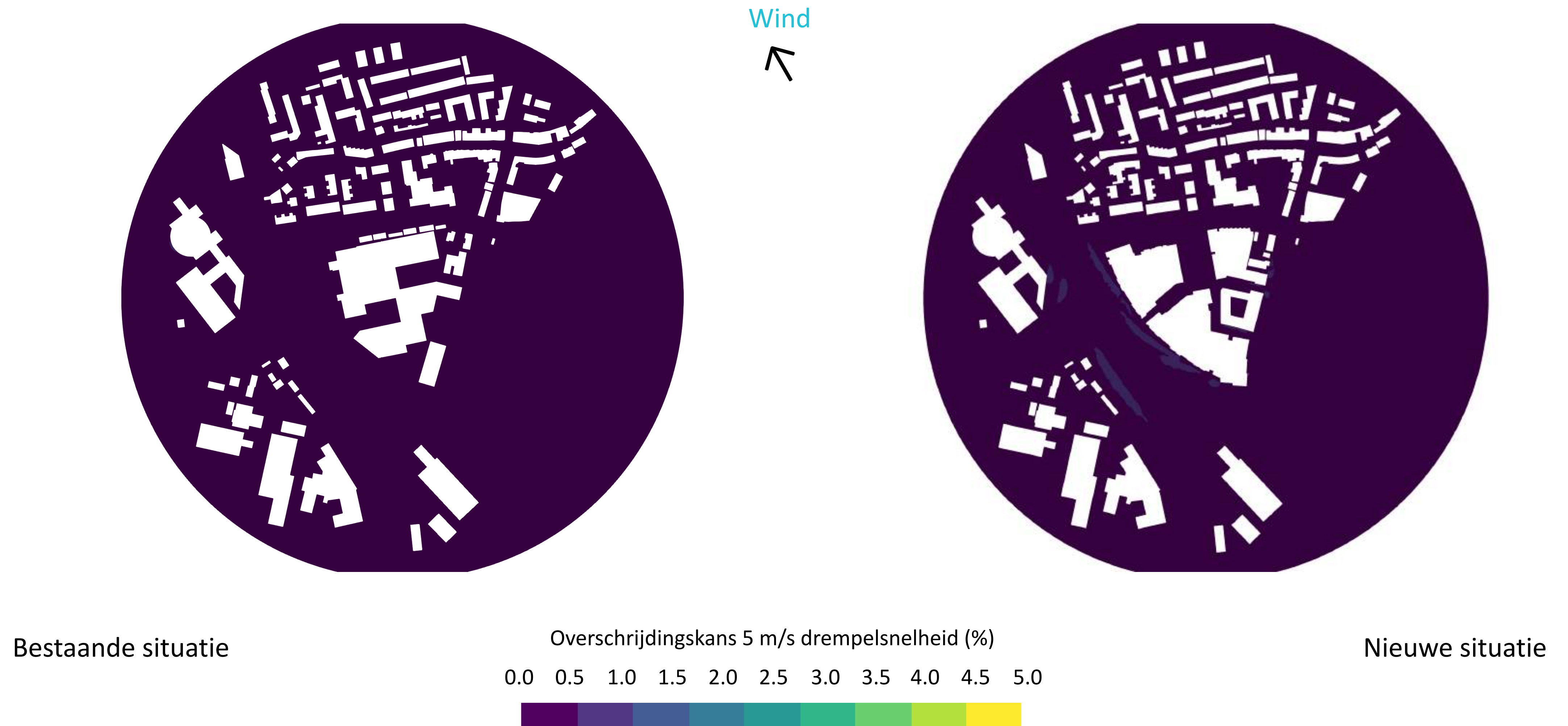
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



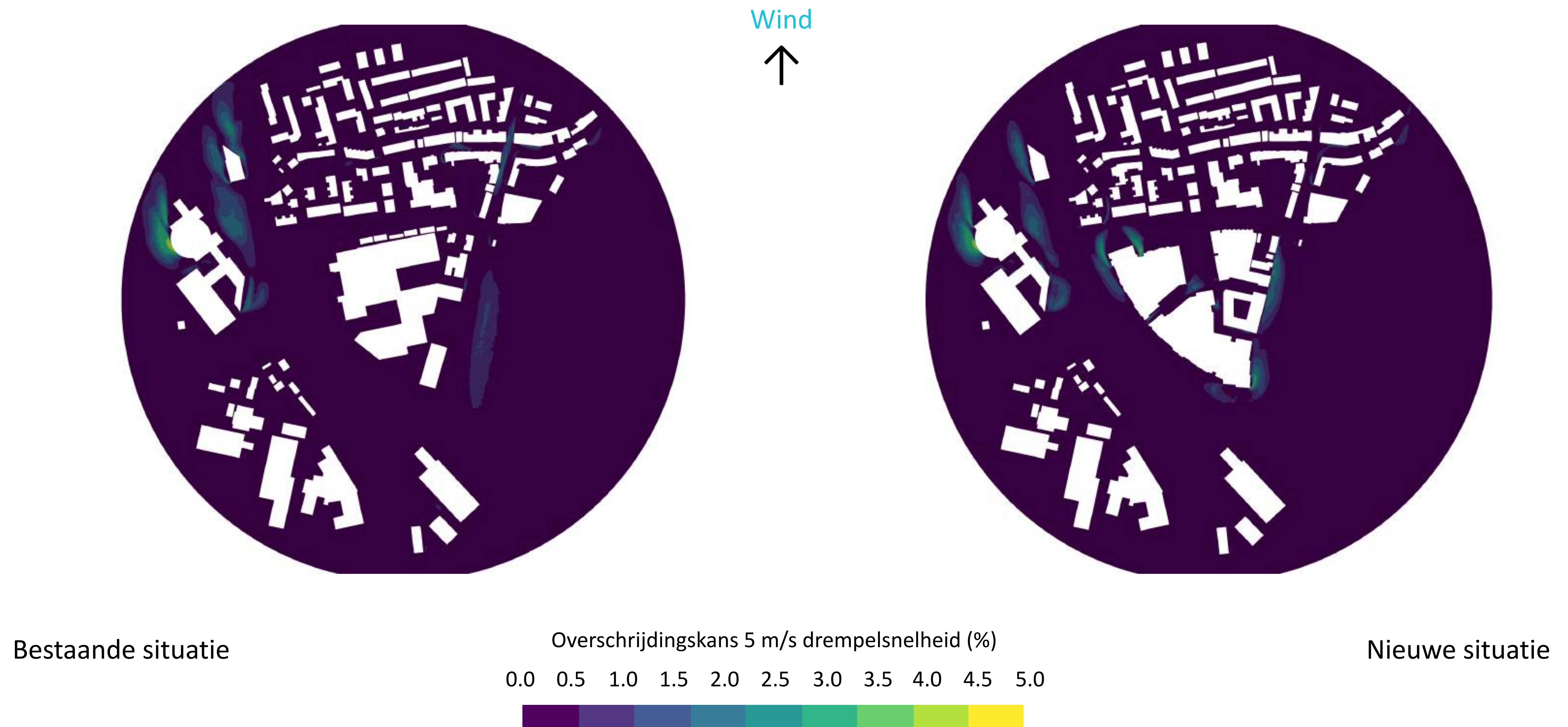
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



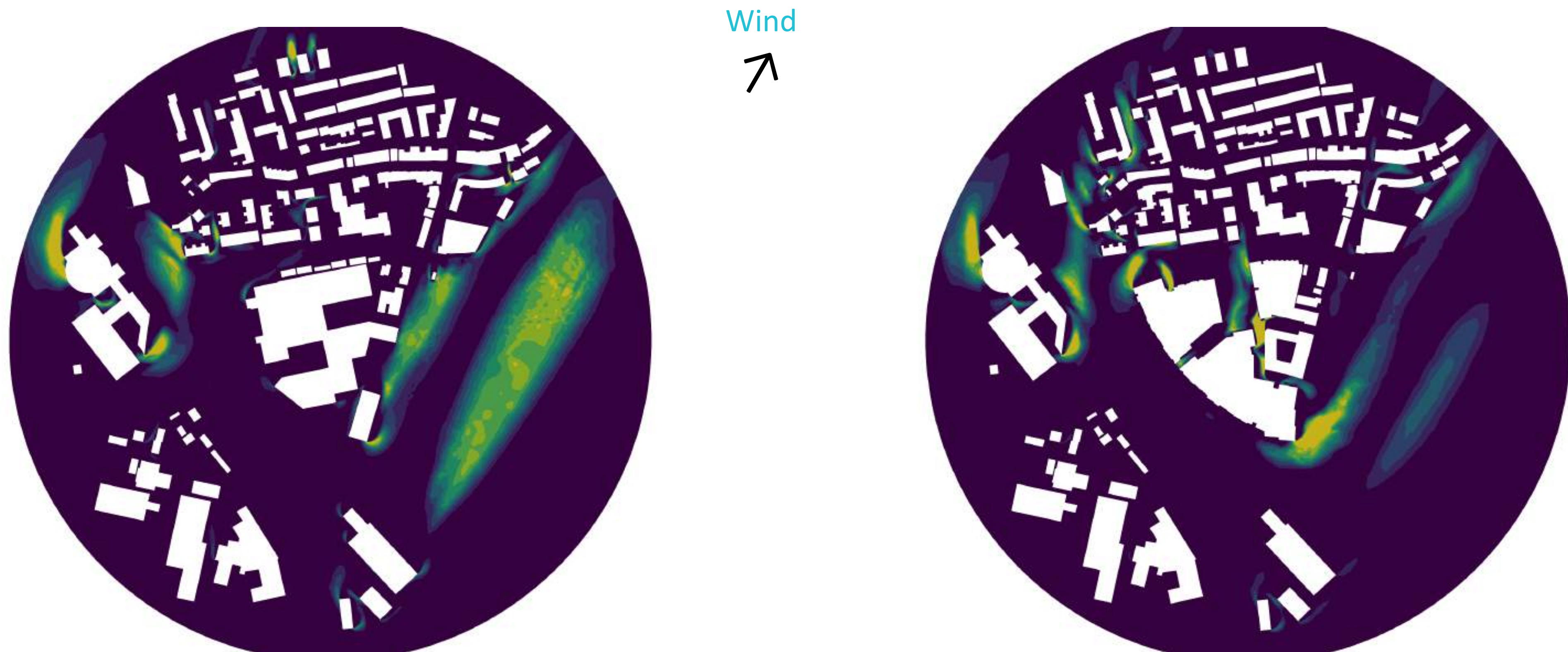
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



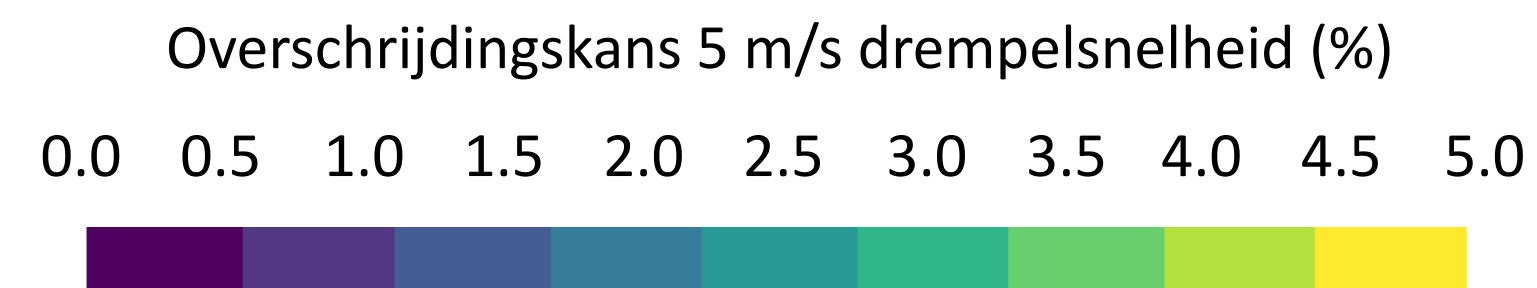
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

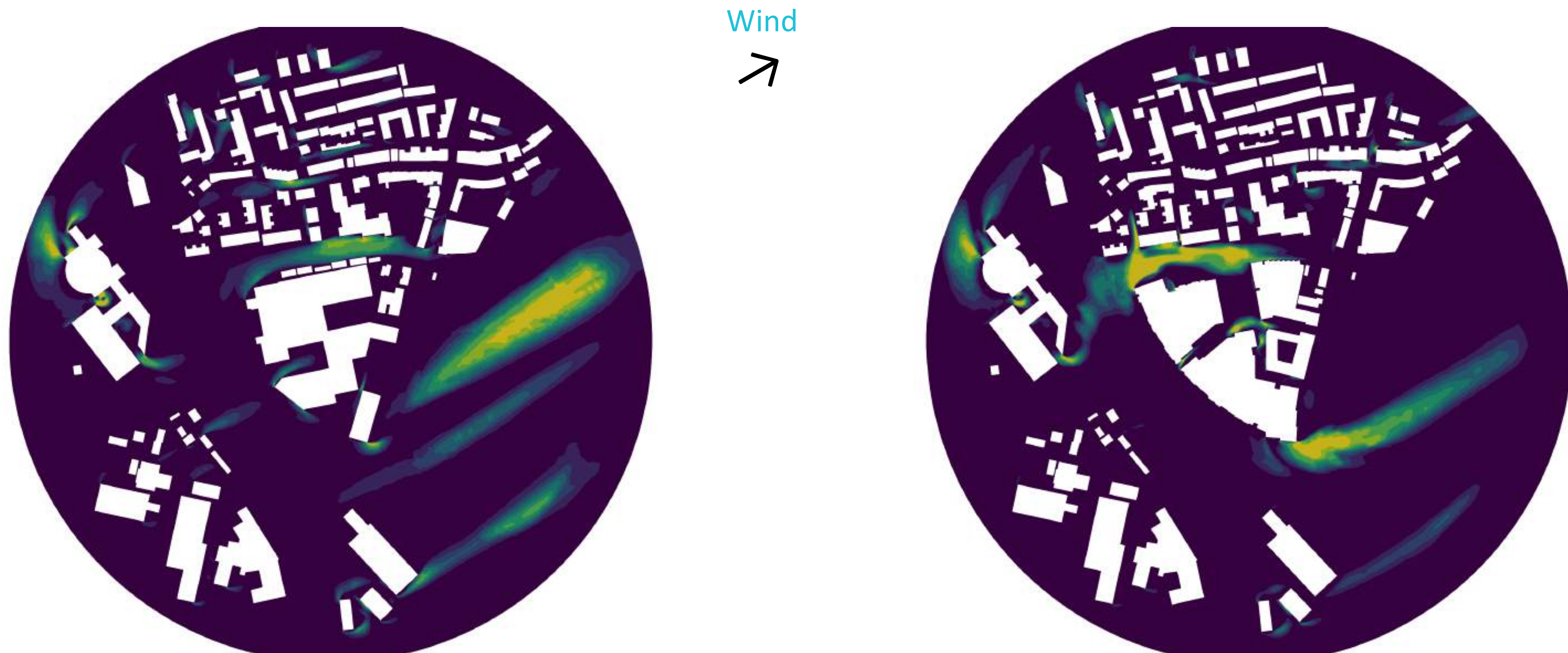


Bestaande situatie

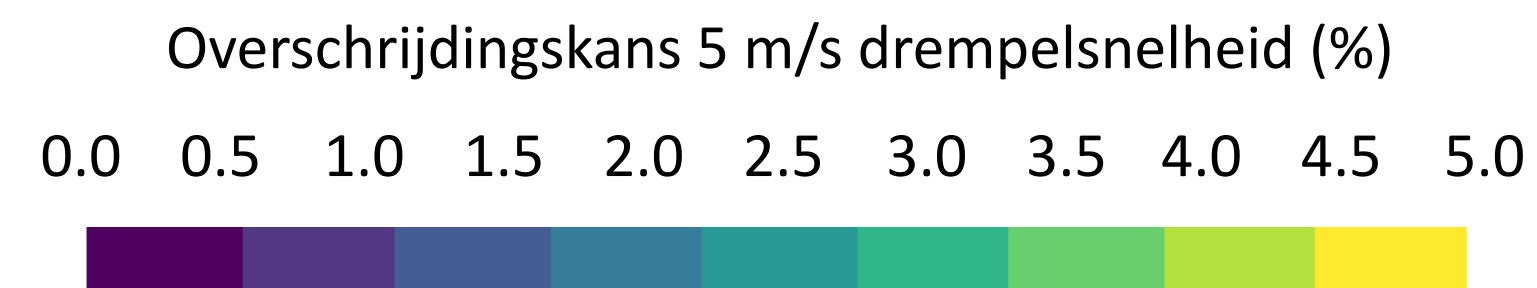


Nieuwe situatie

A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

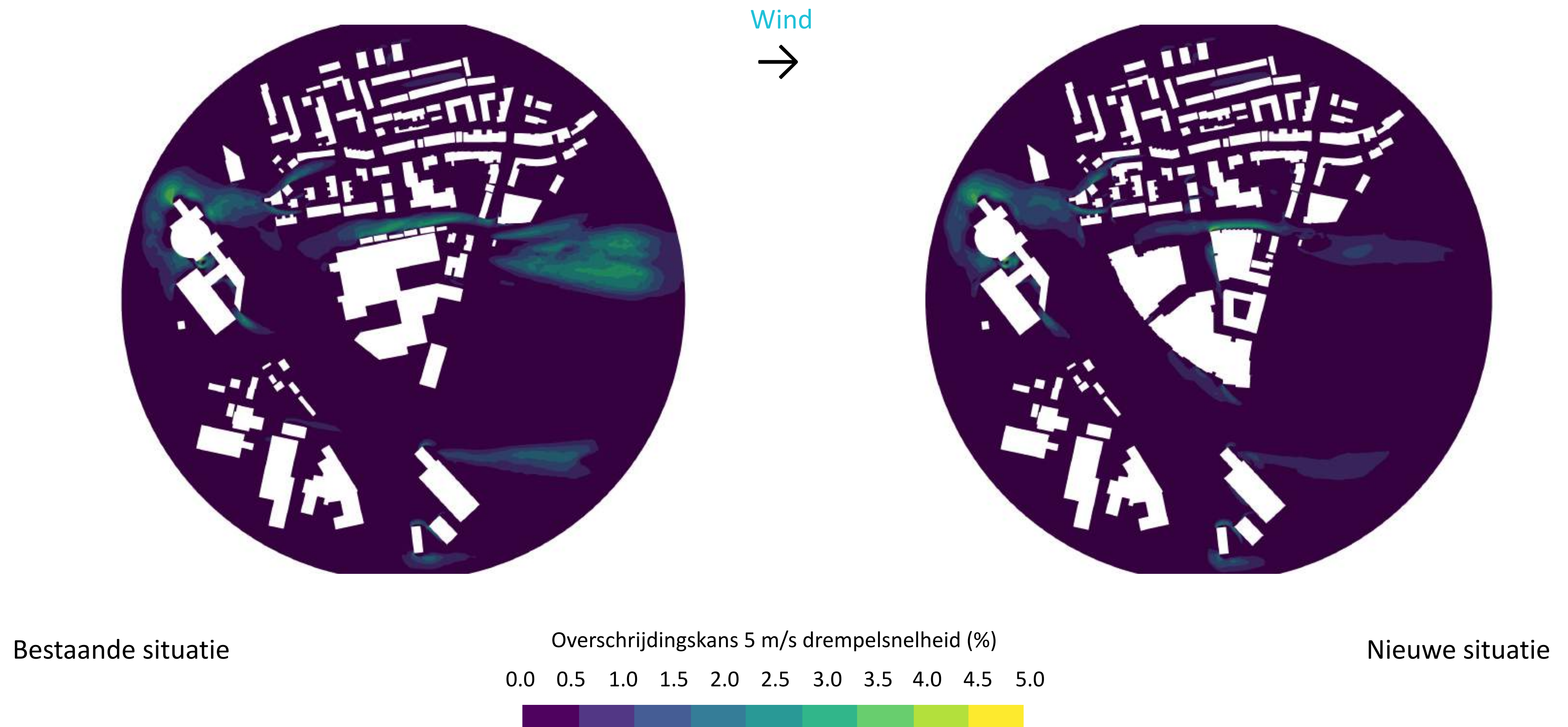


Bestaande situatie

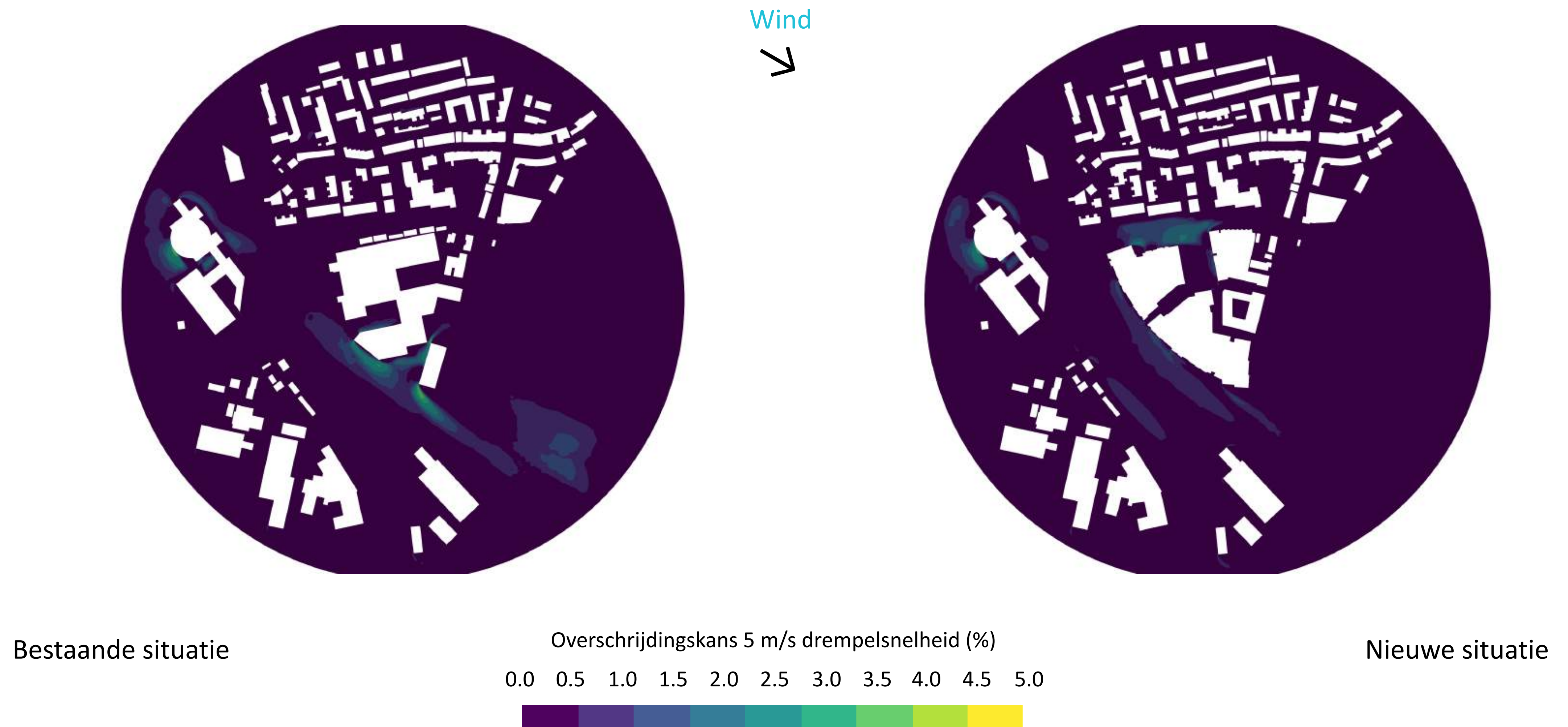


Nieuwe situatie

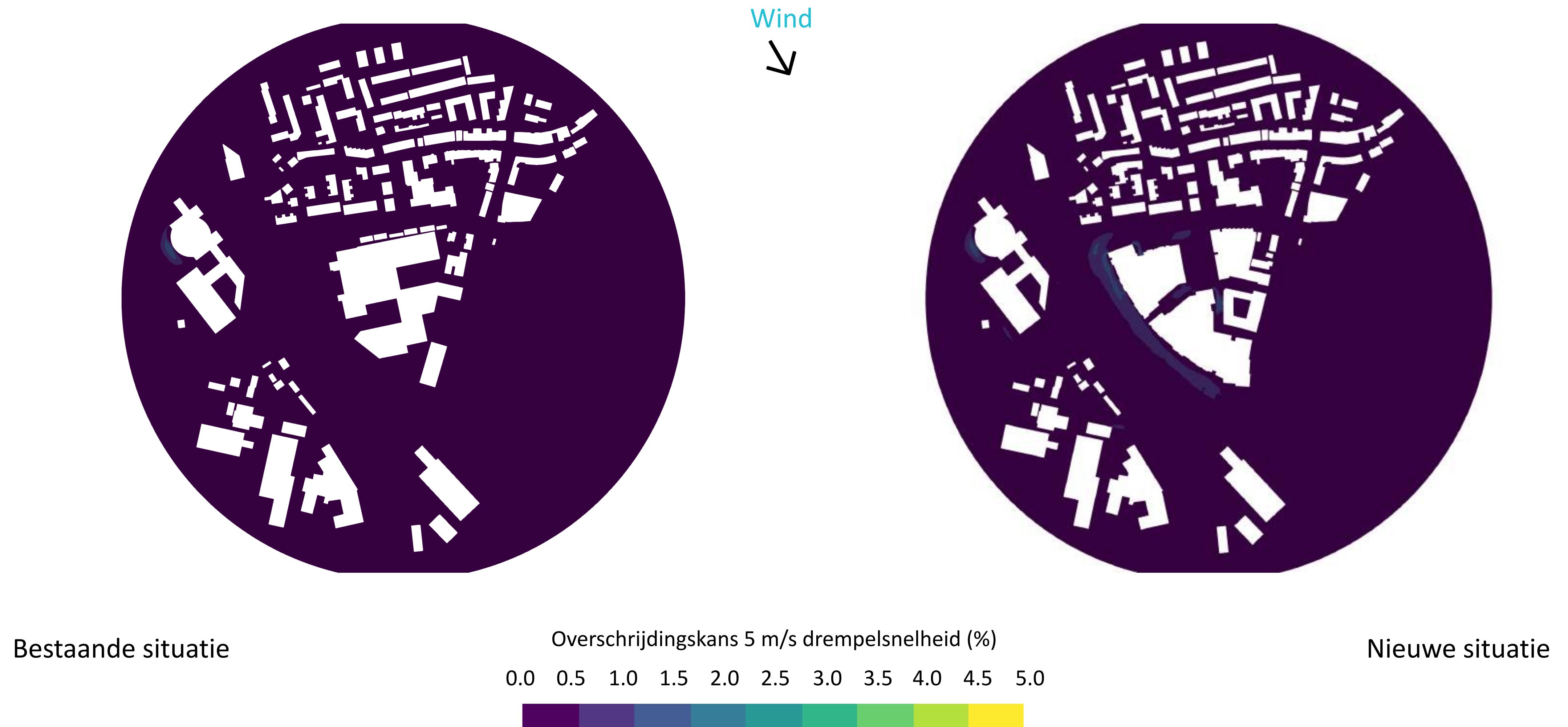
A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



A Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Inlegvel NEN 8100:2006

Project+B6:F30	Projectgegevens
Projectnaam	Houthavenkade te Zaandam
Opdrachtgever	Van AKEN
Projectleider	Ir. Werner Jousma
Datum	18 april 2018
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw
Kerngebied	Een geschematiseerde model met de bestaande en nieuwe situatie
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 2.000 m en hoogte 500 m.
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Bestaande en nieuwe situatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: 5.x-da23476f9d01
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag: bestaande situatie 9 659 077 cellen, nieuwe situatie 12 375 276 cellen
Turbulentiemodellering	k-omega SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: upwind Scalaire variabelen: n.v.t.

Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag: wind stedelijk gebied, z0 = 1.6 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: n.v.t. Y: n.v.t.			
Toegepaste eisen	V _{DR} 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 ≥ 0,3	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				

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

