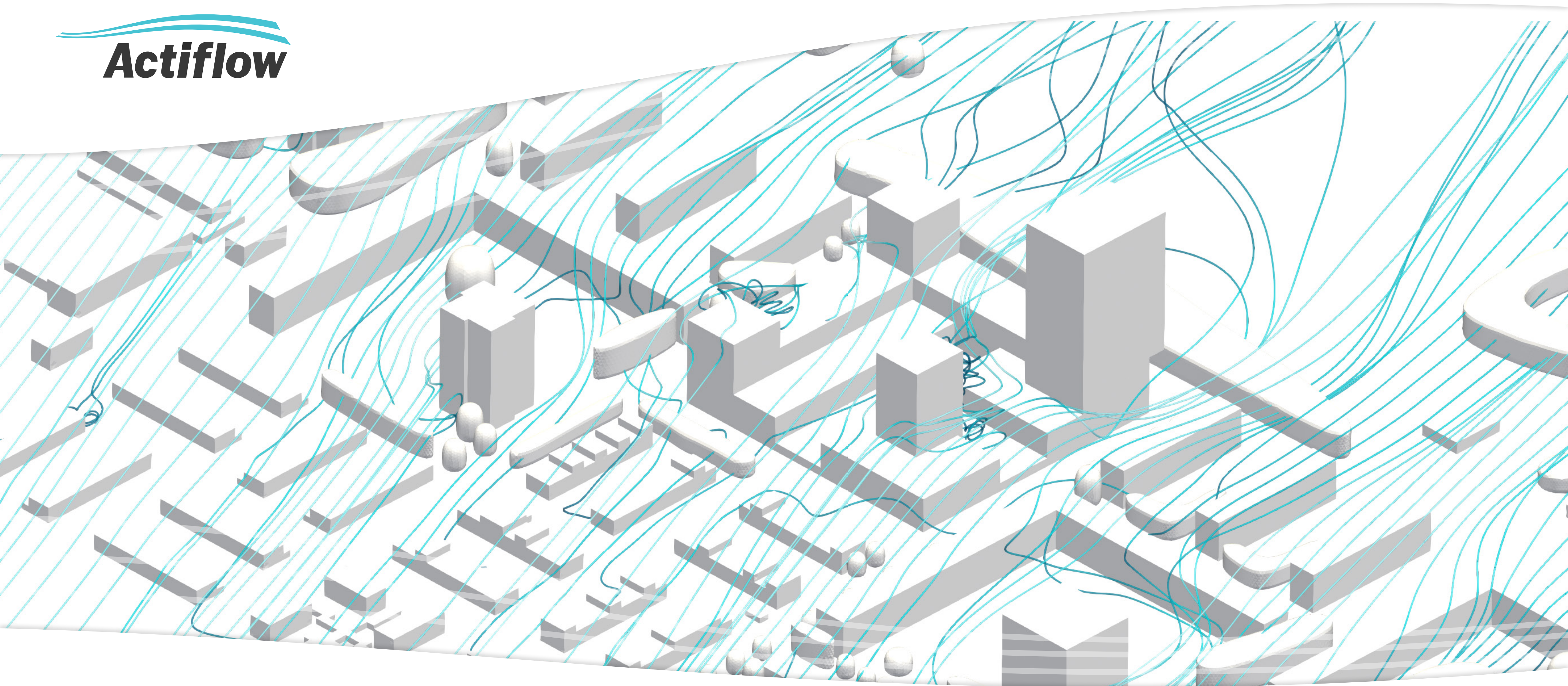




Spaghettiflat aan de Jaspersstraat te Zaandam

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): ing. Dean Pelkmans
Controlleur: ir. Shirin Masoudi
ir. Roland Broers
Datum: 10/03/2022

AFR - 7108
Versie 1.1
©2021 Actiflow BV

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
 - 5.1 Conclusie
 - 5.2 Maatregelen ter verbetering

- A** Inlegvel NEN 8100:2006
- B** Windhinder en windgevaar: situatie met en zonder vegetatie, en jaargemiddeld
- C** Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

1 Introductie

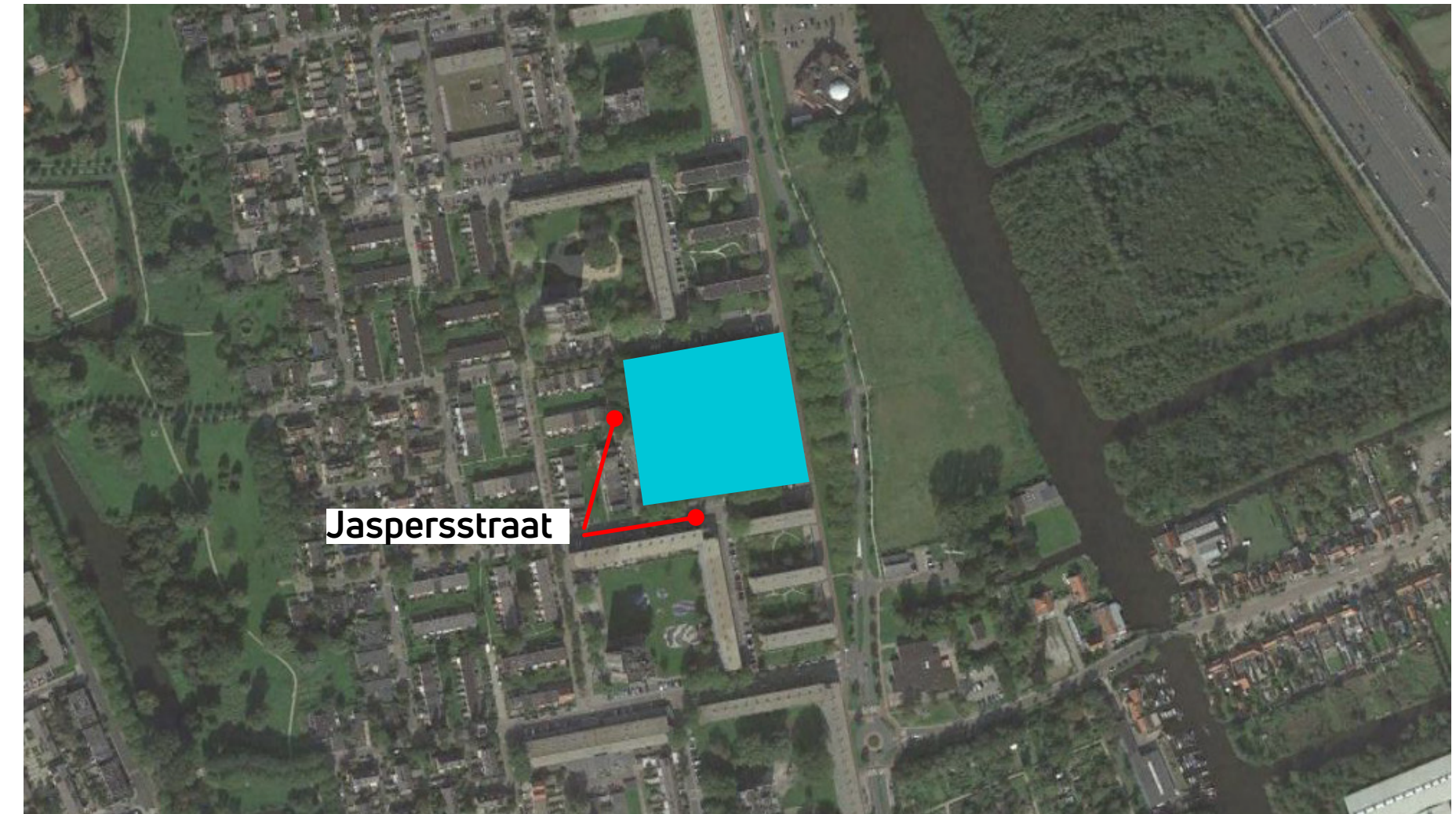
Voorliggende rapportage beschrijft de opzet en resultaten van een windstudie uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van DNS planvorming B.V. Het betreft een windstudie voor de realisatie van de *Spaghettiflat* aan de Jaspersstraat te Zaandam. Deze windstudie maakt het effect van de herontwikkeling inzichtelijk met betrekking tot het windklimaat nabij de nieuwbouw.

Het plangebied is gelegen aan de Jaspersstraat in de wijk Poelenburg in het oosten van Zaandam (zie figuur 1.1). In de huidige situatie kenmerkt de omgeving zich door relatief lage bebouwing en een open terrein gelegen aan de oostzijde van het plangebied. De nieuwbouw zal bestaan uit laagbouw en hoogbouw tot een hoogte van ca. 70 m (zie figuur 1.2).

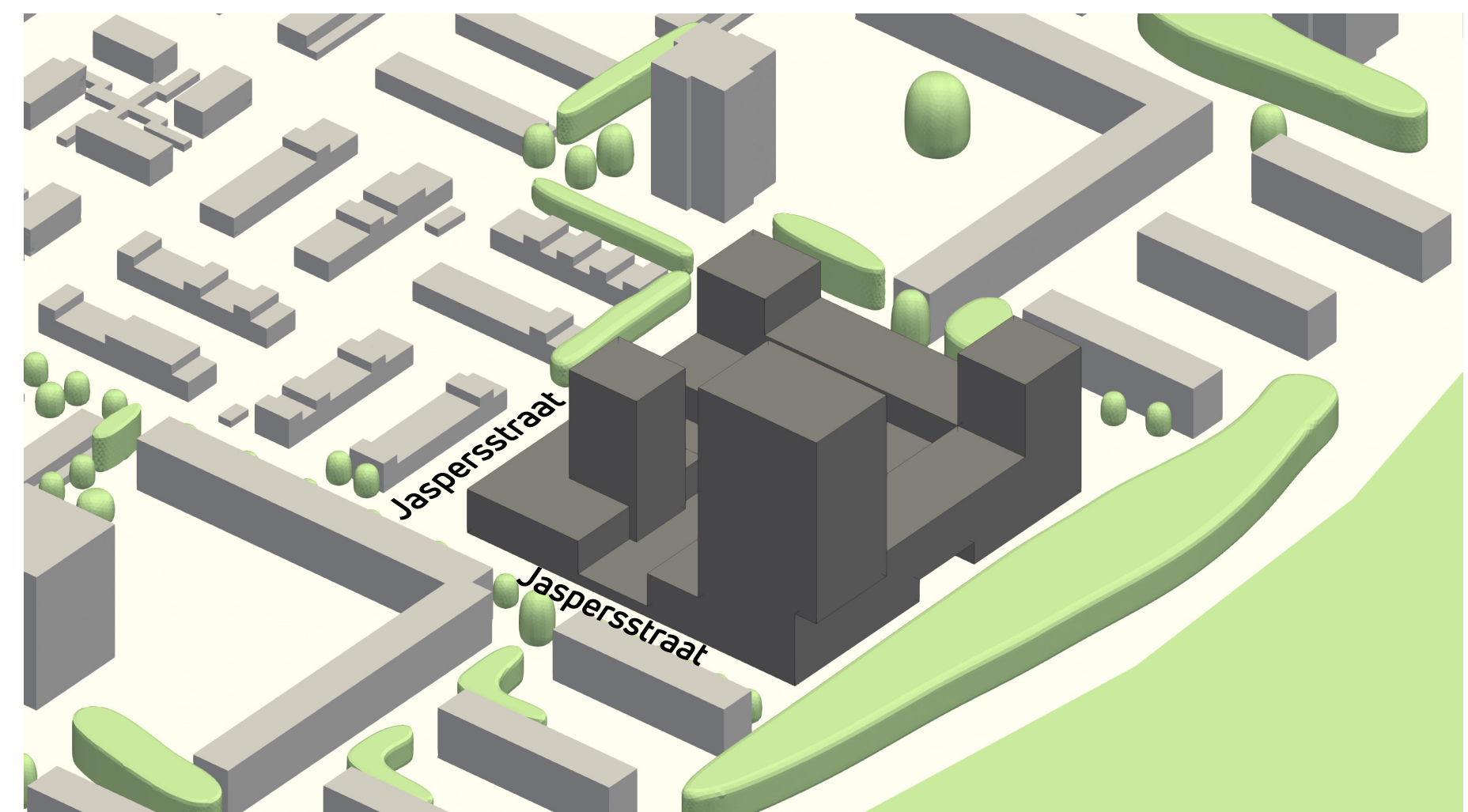
Het wijzigen van de bouwmassa zal een effect hebben op het lokale windklimaat. In relatie tot een goede ruimtelijke ordening is het dan ook noodzakelijk een windstudie uit te voeren. Hierin wordt inzichtelijk gemaakt of het windklimaat in de toekomstige situatie comfortabel is.

De windstudie is uitgevoerd op basis van berekeningen met Computational Fluid Dynamics (CFD). Hierbij worden de uitgangspunten en richtlijnen conform de Nederlandse norm NEN8100:2006 'windhinder en gevaar in de gebouwde omgeving' gebruikt.

Een uitgebreide beschrijving van de richtlijnen wordt gegeven hoofdstuk 2. De geometrie van het gebouw en de omgeving, de numerieke instellingen, het rekenrooster, en randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten worden vervolgens getoond en beschreven in hoofdstuk 4, waarna conclusies en maatregelen ter verbetering volgen in hoofdstuk 5.



Figuur 1.1:
Locatie van het project.



Figuur 1.2:
Impressie van het project.

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

Tabel 2.1: Classificering 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, echter voor horeca terrassen of private buitenruimtes is een zwaardere normstelling nodig om het gewenste comfort te behalen.

Tabel 2.2: Classificering 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 A.

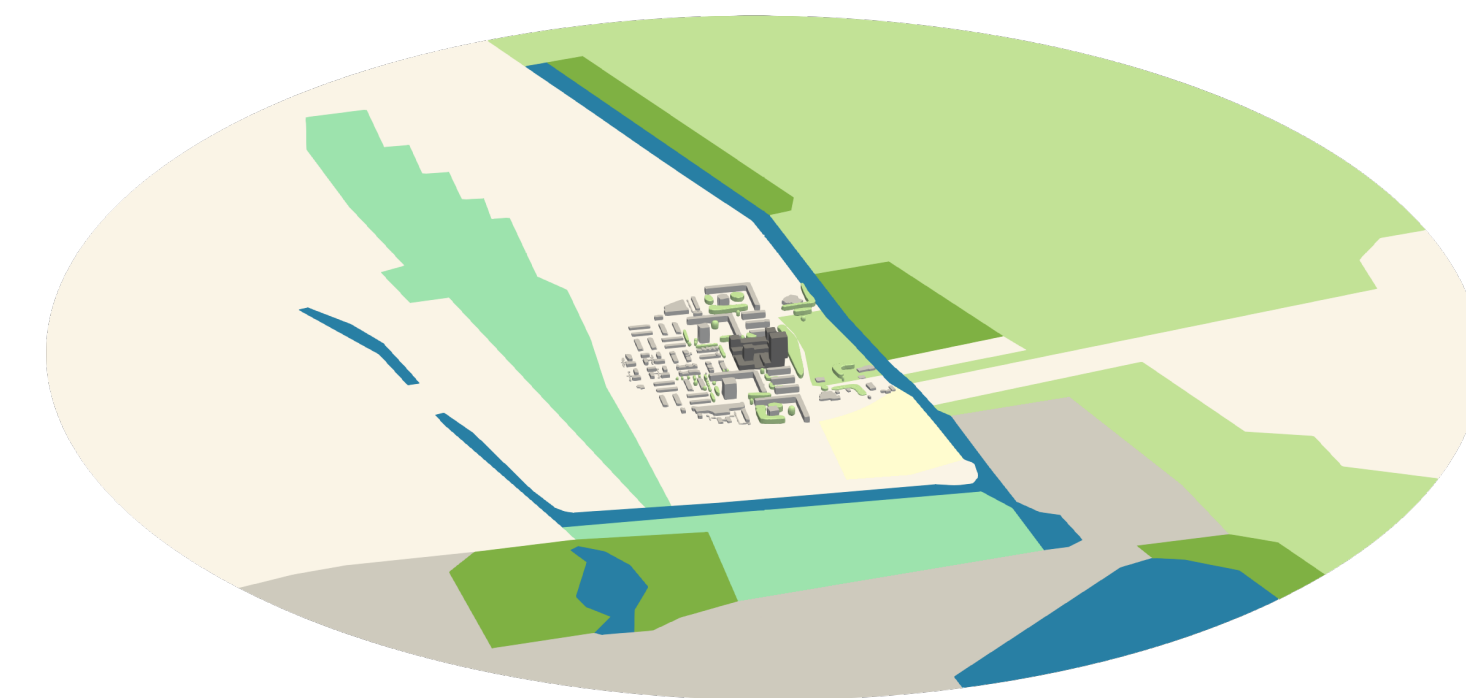
3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2012, een softwarepakket 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 gebruik makend van het $k-\omega$ SST model.

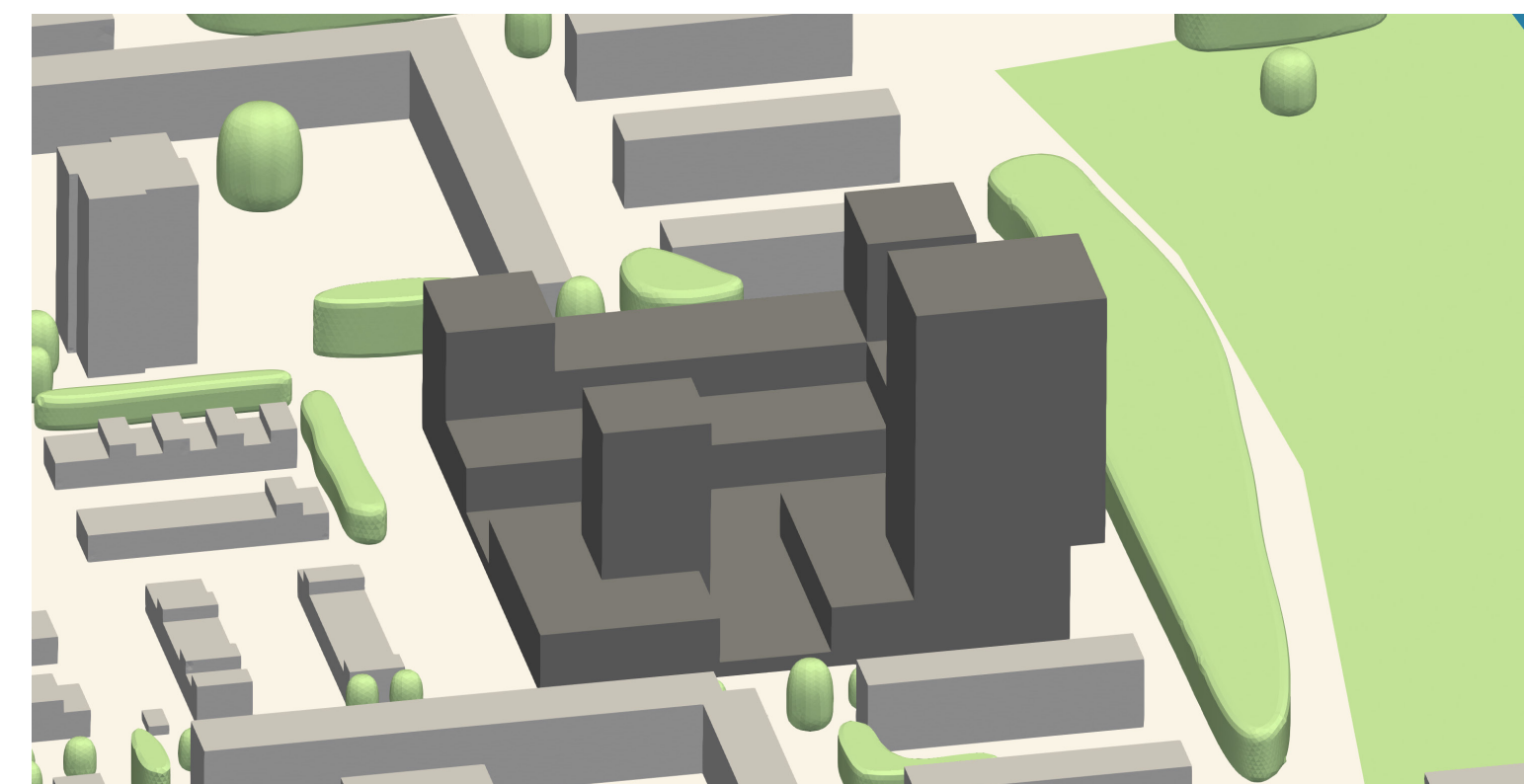
3.2 Geometrie en rekenrooster

De geometrie van het model is gebaseerd op het verkregen 3D-CAD-model van de opdrachtgever en openbare hoogtedata van het betreffende gebied. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 m, zie figuur 3.1. In het model is de bestaande vegetatie opgenomen.

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.



← 3000 m →



Figuur 3.1:
Impressie van het
model

(a)
Overzicht

(b)
Close-up

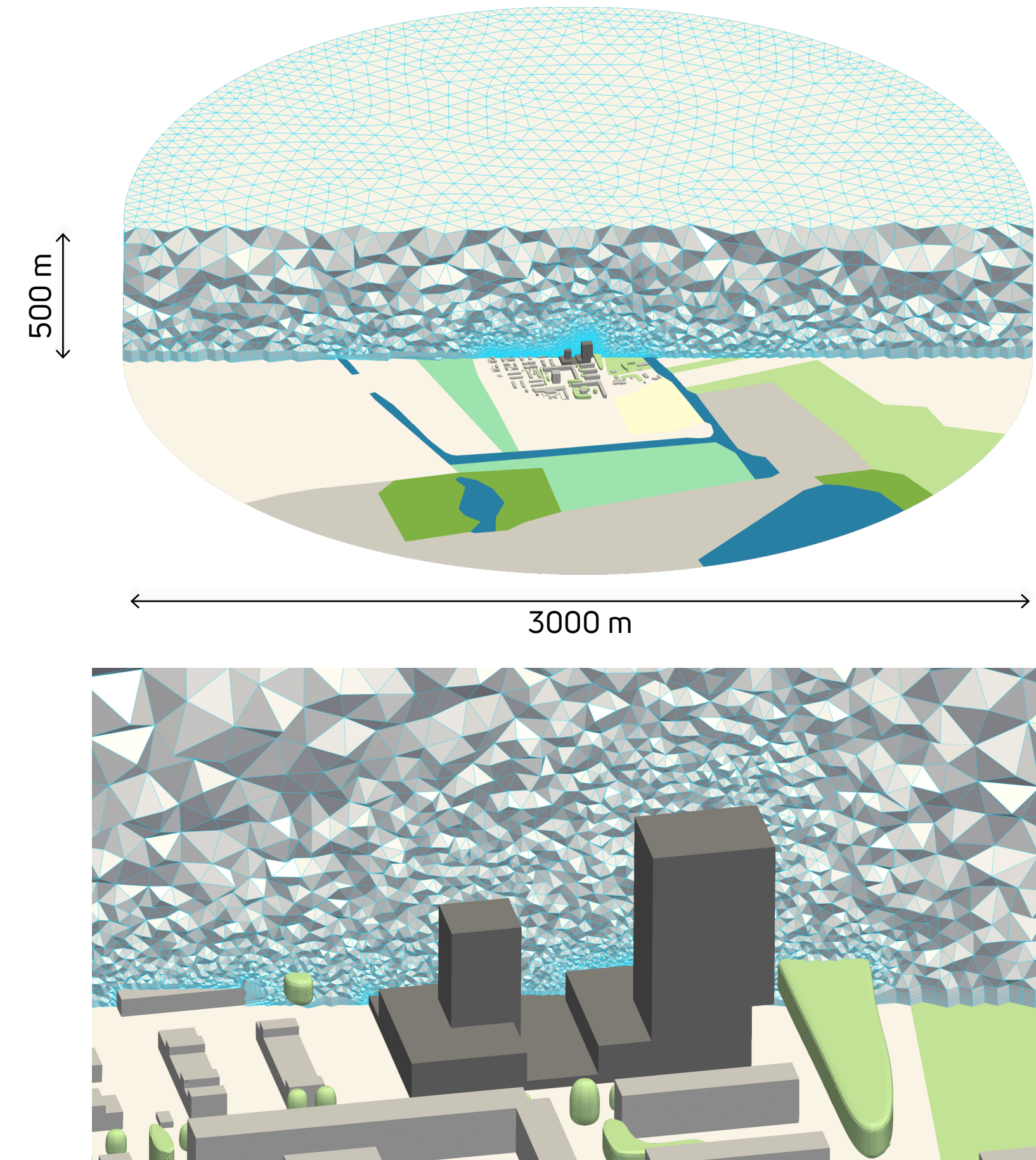
Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster, zie figuur 3.2. Dit rooster bestaat uit 8 923 098 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.

3.3 Aannames en randvoorwaarden

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen met en zonder vegetatie om zo een jaargemiddeld resultaat te verkrijgen per situatie. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2 op de navolgende pagina. 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.

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).

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.



Figuur 3.2:
Impressie rekengrid

(a)
Overzicht

(b)
Close-up

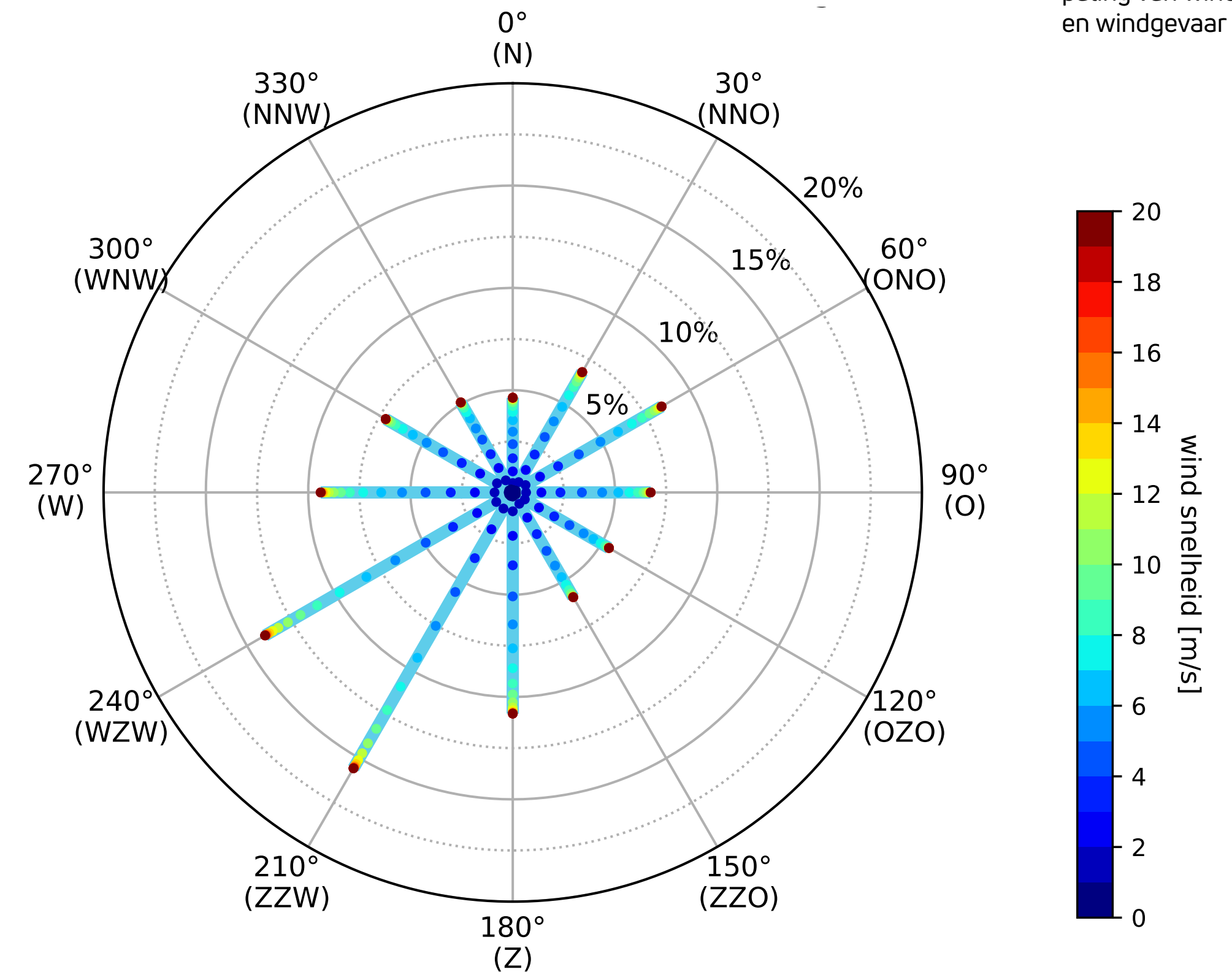
Vervolgens wordt de windstatistiek conform NPR 20697:2006 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse 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 3.3.

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

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

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

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



Figuur 3.3:
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, 4.2 en 4.3 tonen de jaar-gemiddelde resultaten van de openbare buitenruimte.

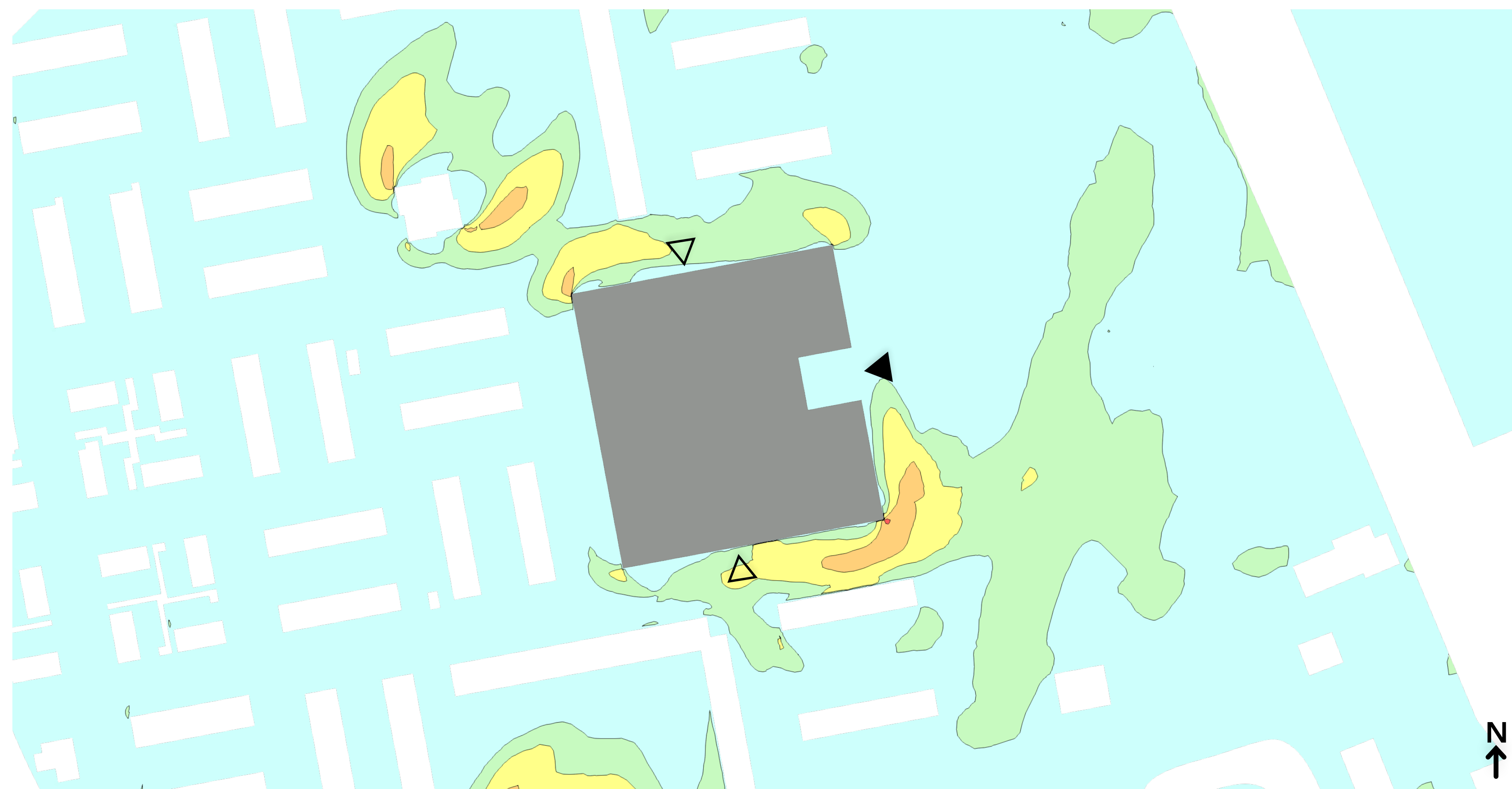
Als richtwaarden voor het windklimaat wordt het volgende aangehouden:

- 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, bijvoorbeeld een winkelstraat of park 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.

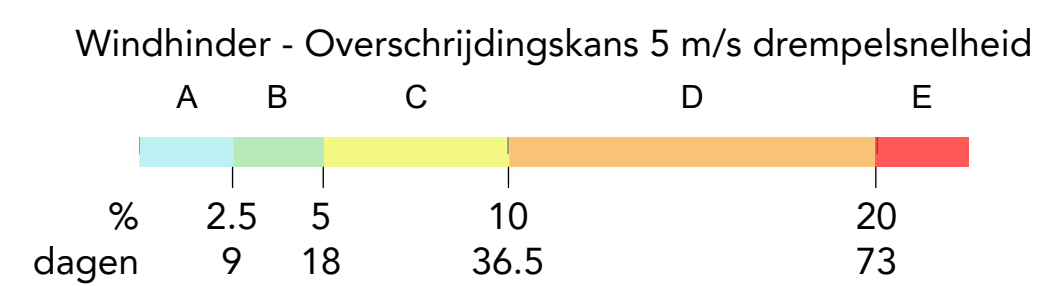
De resultaten geven weer dat in het gebied rondom de nieuwbouw een relatief luw windklimaat heerst, gekenmerkt door windhinderklassen A, B en C. Dit windklimaat leent zich uitstekend voor voetgangers met louter een verkeersfunctie gekenmerkt als doorlopen. De voetgangersentree bevindt zich in een gebied gekenmerkt door windhinderklasse A en voldoet conform de norm. Daarnaast is er geen sprake van risico met betrekking tot windgevaar.

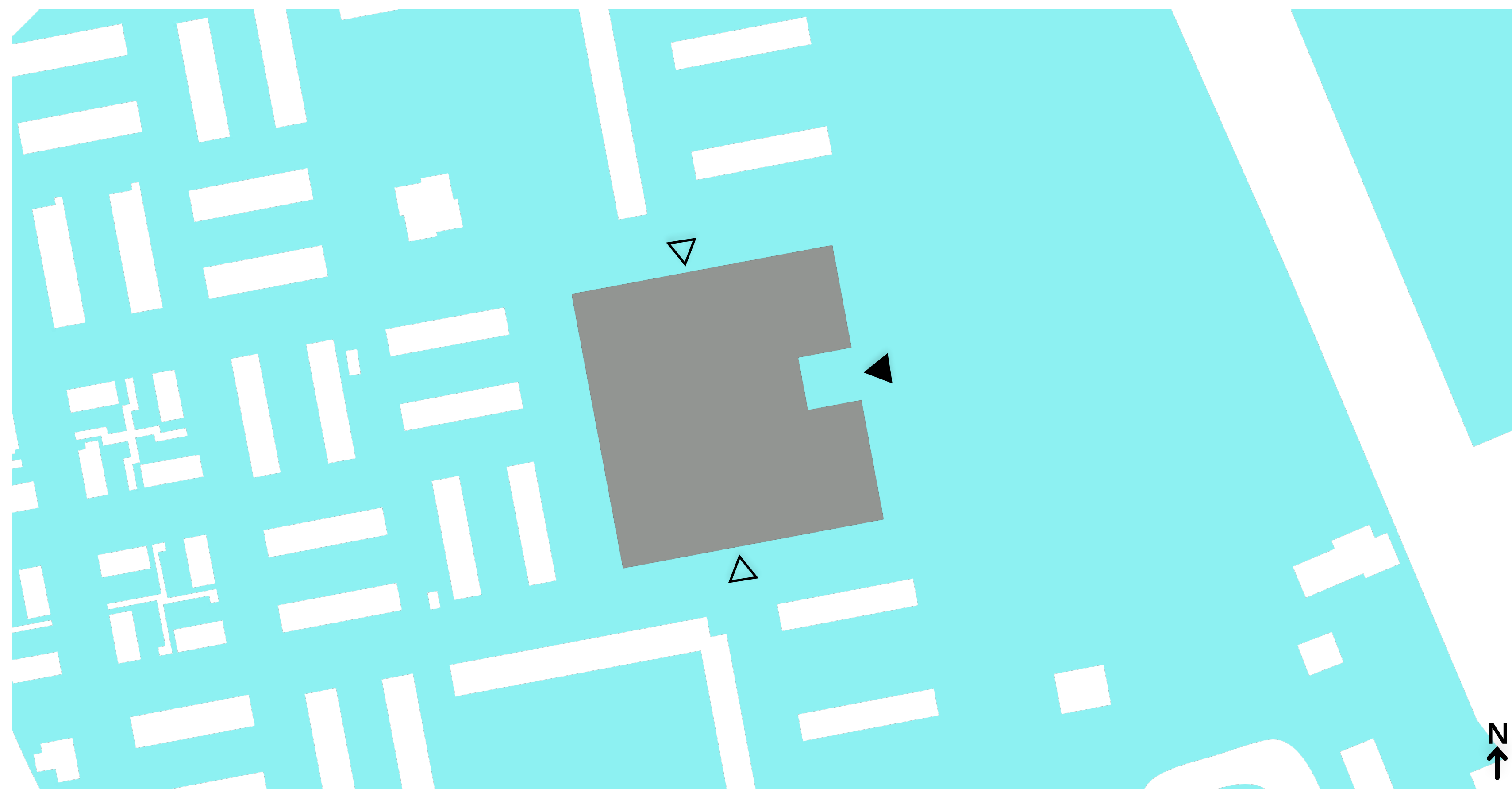
Echter zijn er twee zones binnen het plangebied aanwezig met een matig tot slecht windklimaat. In de zone aan de noordwestelijke zijde bevindt zich een gebied met windhinderklasse D. In de zone aan de zuidoostelijke zijde bevindt zich een groot gebied met windhinderklasse D en ter plaatse van de oostelijke hoek een gebied met windhinderklasse E.

De resultaten van windhinder en windgevaar zijn het resultaat van overschrijdingskansen bij 12 windrichtingen. Door bij een individuele windrichting naar de overschrijdingskans te kijken (zie bijlage C) kan worden afgeleid dat de wind uit de richtingen zuid, zuidzuidwest en westzuidwest een sterke invloed hebben op het windklimaat. Door de stromingen uit deze richtingen verder te analyseren wordt duidelijk hoe de wind langs het gebouw stroomt en hoe dit het windklimaat op grondniveau beïnvloedt. Figuren 4.4a en 4.4b tonen aan hoe de wind uit zuidelijke en westzuidwestelijke richting de relatief vrijstaande hoogbouw op de zuidoostelijke gevel raakt. Door zijn hoogte en oriëntatie op de dominante windrichtingen in het plangebied ontstaat er een valwind langs de gevel die zich richting het grondniveau verplaatst om vervolgens rondom de oostelijke hoek voor een versnelling te zorgen. Figuur 4.4c toont hoe de zuidwestelijke zijde van het gebouw door de wind wordt beïnvloedt en vervolgens rondom de westelijke hoek van het gebouw versnelt.



Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau





Figuur 4.1:
Windgevaar op
voetgangersniveau





(a) Beoordeling jaargemiddelde resultaten voor activiteit doorlopen

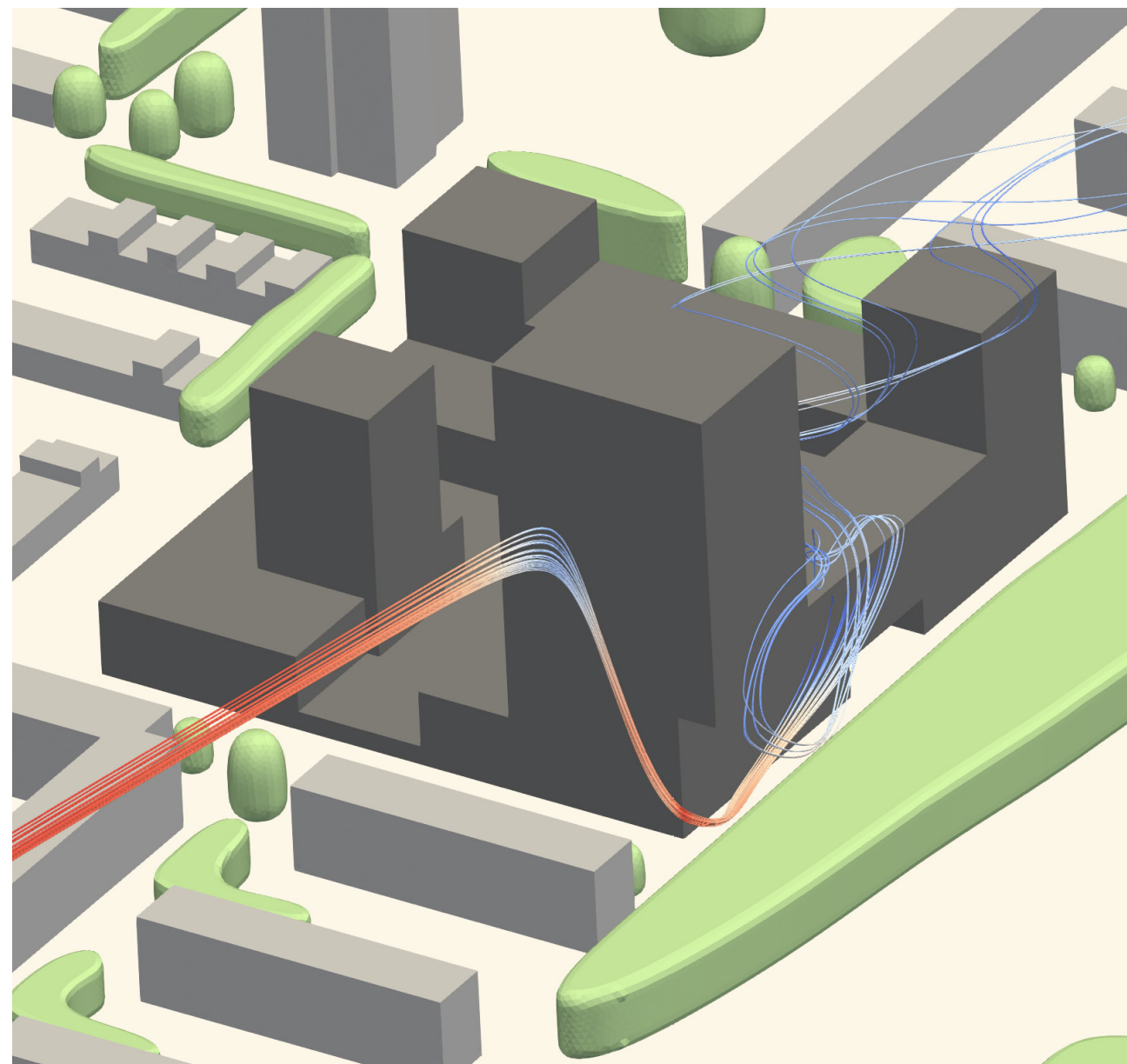
(b) Beoordeling jaargemiddelde resultaten voor activiteit slenteren

(c) Beoordeling jaargemiddelde resultaten voor activiteit langdurig zitten

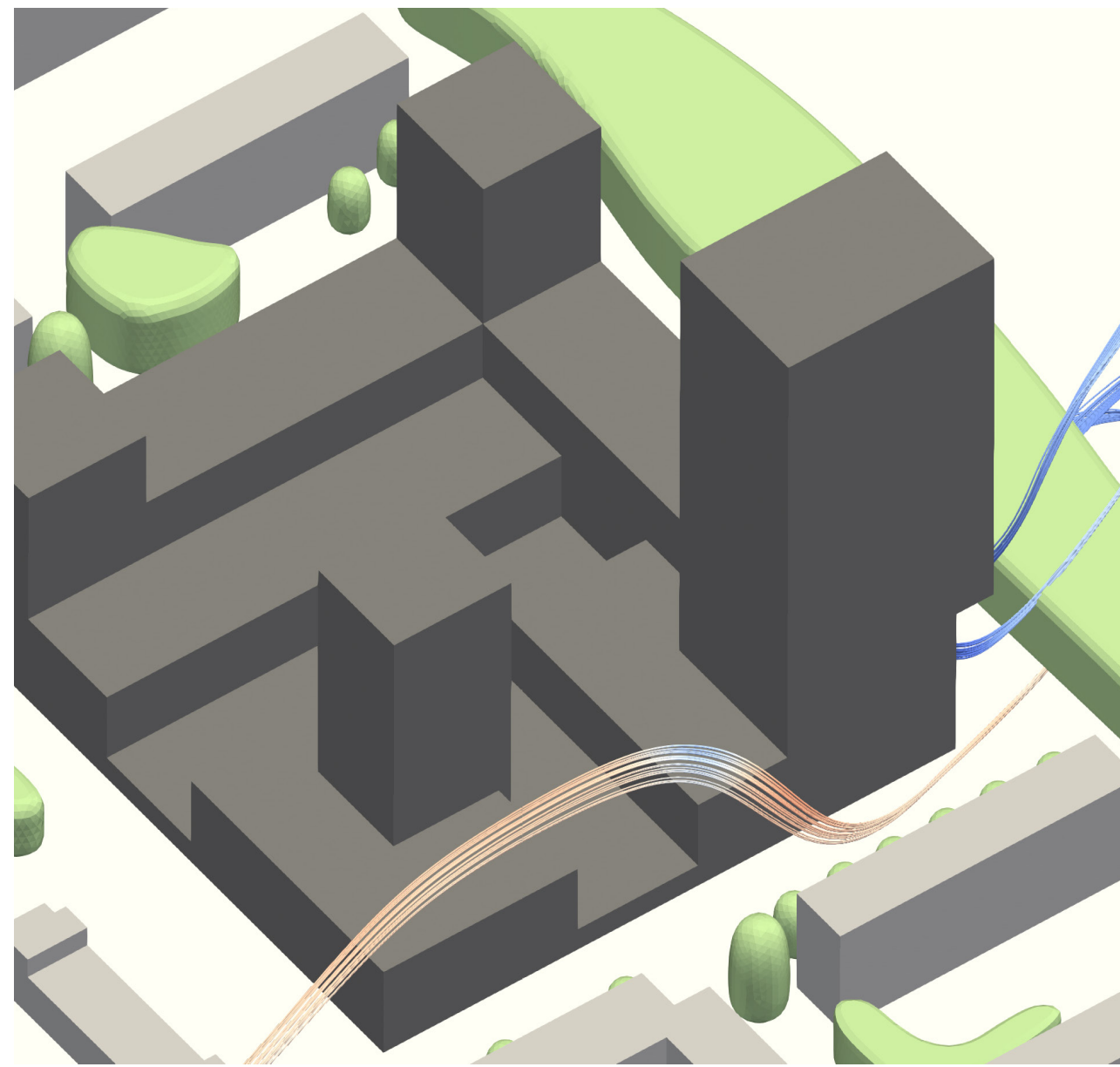
Goed Matig Slecht

■ ■ ■

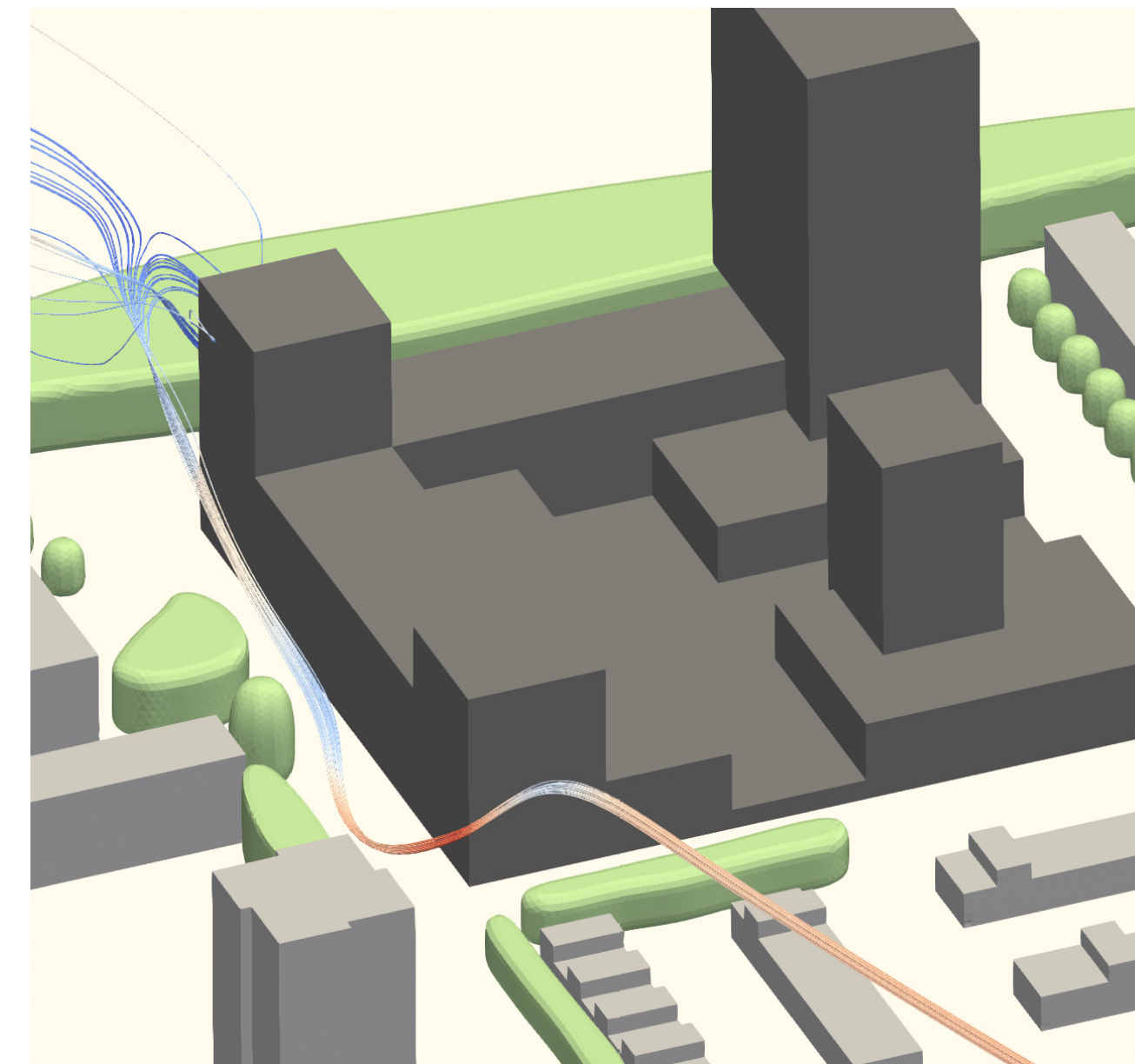
Figuur 4.3:
Windcomfort
beoordeling per
activiteit



(a)
Wind vanuit Z.
Zichtpunt vanuit zuidzuidoost.



(b)
Wind vanuit WZW.
Zichtpunt vanuit zuidzuidwest.



(c)
Wind vanuit WZW.
Zichtpunt vanuit westnoordwest.

Figuur 4.4:
Stroomlijnen rondom
het gebouw bij wind uit
de richting Z en WZW.
Stroomlijnen gekleurd
naar snelheid, waarbij
rood een hoge snelheid
en blauw een lage
snelheid aangeeft.

5 Conclusie en maatregelen ter verbetering

5.1 Conclusie

Onderhavige rapportage omschrijft een windstudie uitgevoerd door [Actiflow](#) waarin het effect van de realisatie van de Spaghettiflat aan de Jaspersstraat te Zaandam inzichtelijk is gemaakt met betrekking tot het windklimaat nabij de nieuwbouw. Deze studie is uitgevoerd conform NEN8100:2006. Conform de norm is getoetst op de jaar-gemiddelde situatie bestaande uit een situatie met vegetatie en zonder vegetatie.

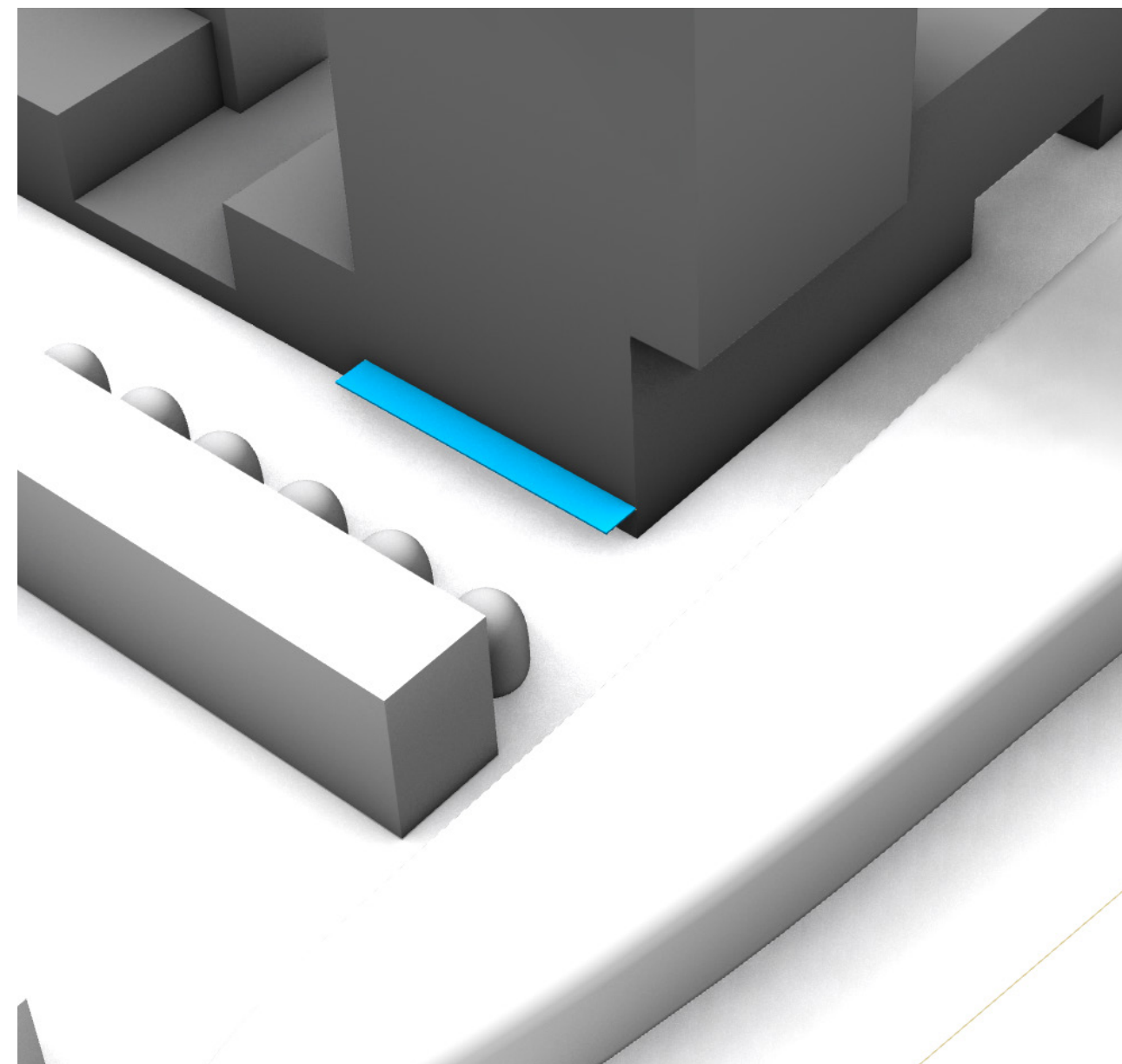
De resultaten hebben het volgende laten zien:

- Het plangebied kent een relatief luw windklimaat met veelal windhinderklassen A, B en C. Dit windklimaat leent zich uitstekend voor voetgangers met louter een verkeersfunctie gekenmerkt als doorlopen;
- De voetgangersentree bevindt zich conform de norm in een gebied gekenmerkt door windhinderklasse A;
- In het beschouwde gebied treedt geen risico tot windgevaar op;
- In het plangebied zijn echter twee zones aanwezig met een gematigd tot slecht windklimaat. Deze zones bevinden zich aan de noordwestelijke en zuidoostelijke zijde van het gebouw.

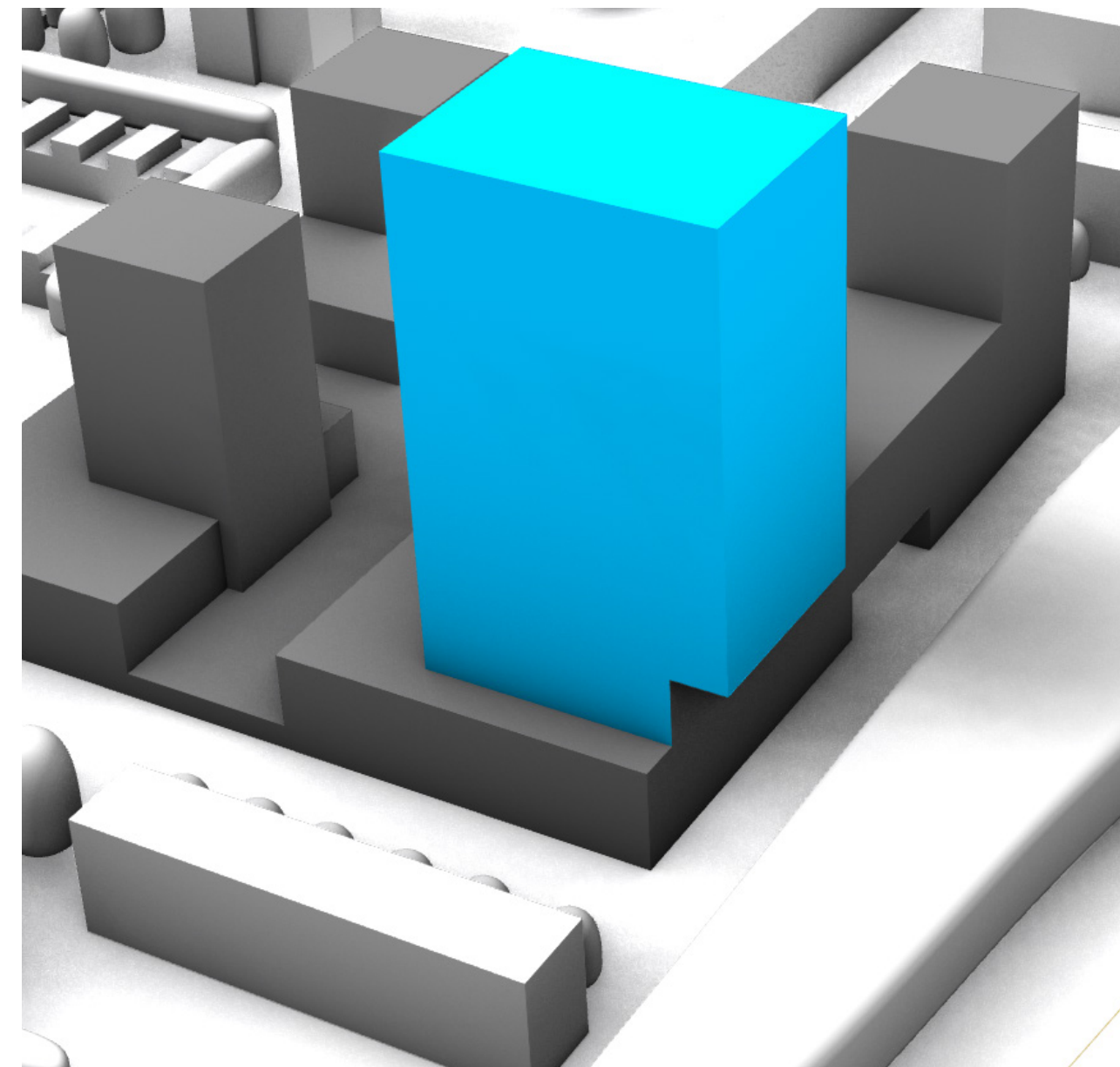
5.2 Maatregelen ter verbetering

De plaatsing van de hoogbouw op de zuidoostelijke zijde creeërt een valwind langs de gevel wat het windklimaat op voetgangersniveau zeer nadeling beïnvloedt. Deze valwind kan echter worden gereduceerd, om zo het windklimaat rond het plangebied te verbeteren, met de volgende maatregelen:

- Het plaatsen van een luifel aan de zuid-oostelijke zijde zal de valwind omleiden boven voetgangersniveau (zie figuur 5.1a);
- Het terugleggen van de hoogbouw ten opzichte van de plint creeërt eenzelfde effect als de luifel waarbij de valwind wordt omgeleid (zie figuur 5.1b).



(a)
Plaatsing luifel.
Zichtpunt vanuit zuidzuidoost.



(b)
Terugleggen volume hoogbouw.
Zichtpunt vanuit zuidzuidoost.

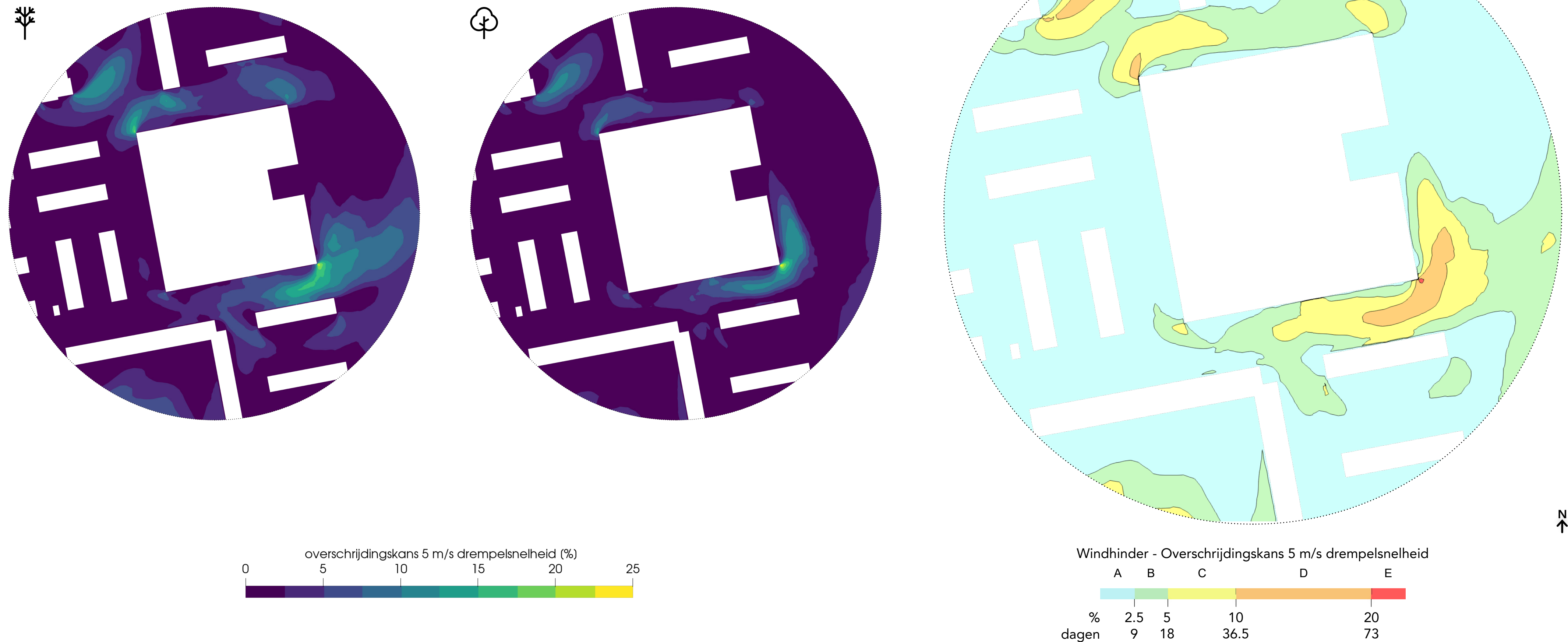
Figuur 5.1:
Maatregelen ter
verbetering van
windklimaat

A Inlegvel NEN 8100:2006

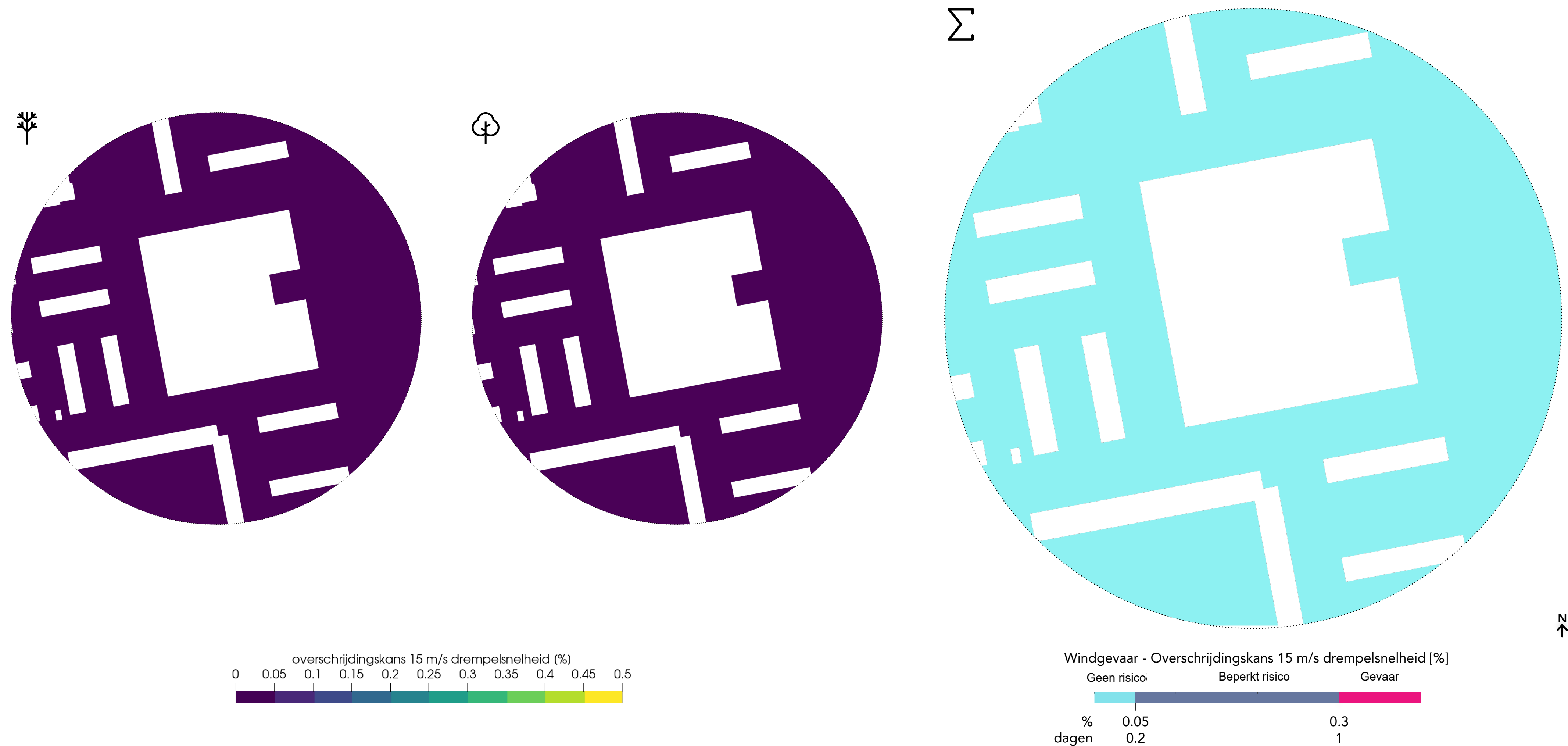
Project	Projectgegevens
Projectnaam	Spaghettiflat Jasperstraat te Zaandam
Opdrachtgever	DNS Planvorming
Projectleider	Ir. Shirin Masoudi, Ing. Dean Pelkmans
Datum	25/06/2021
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw
Kerngebied	Geschematiseerd model met de nieuwe situatie
Omgeving	Omgeving in massa's
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 500 m.
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 per windstudie
Onderzochte configuraties	Windhinder en windgevaar voor de toekomstige situatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: v2012
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag. Cellen: 8 923 098
Turbulentiemodellering	k-omega SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: limitedLinear 1.0 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: 118645		Y: 494412	
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.	$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				

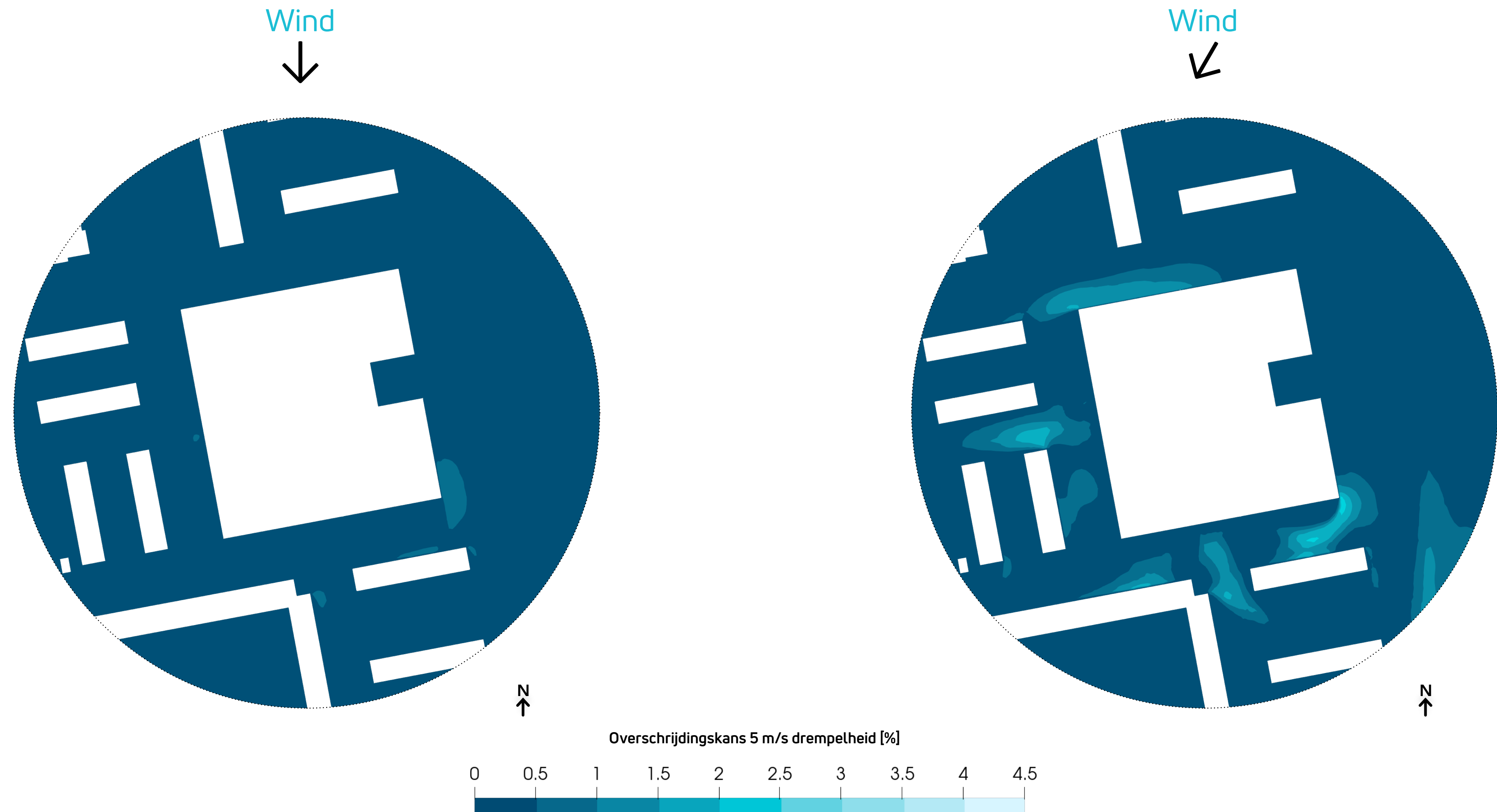
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid: situatie met en zonder vegetatie, en jaargemiddeld



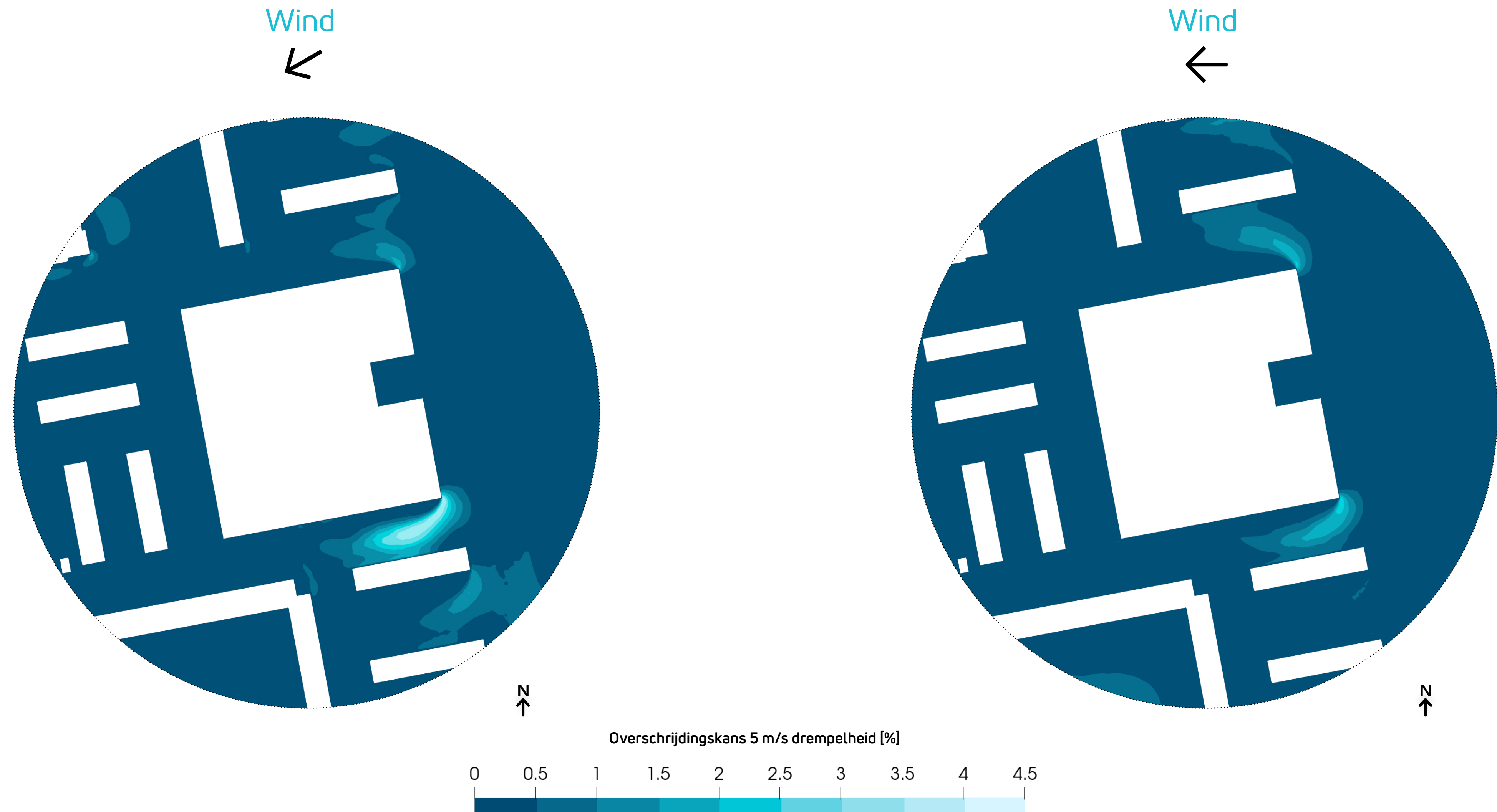
B Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid: situatie met en zonder vegetatie, en jaargemiddeld



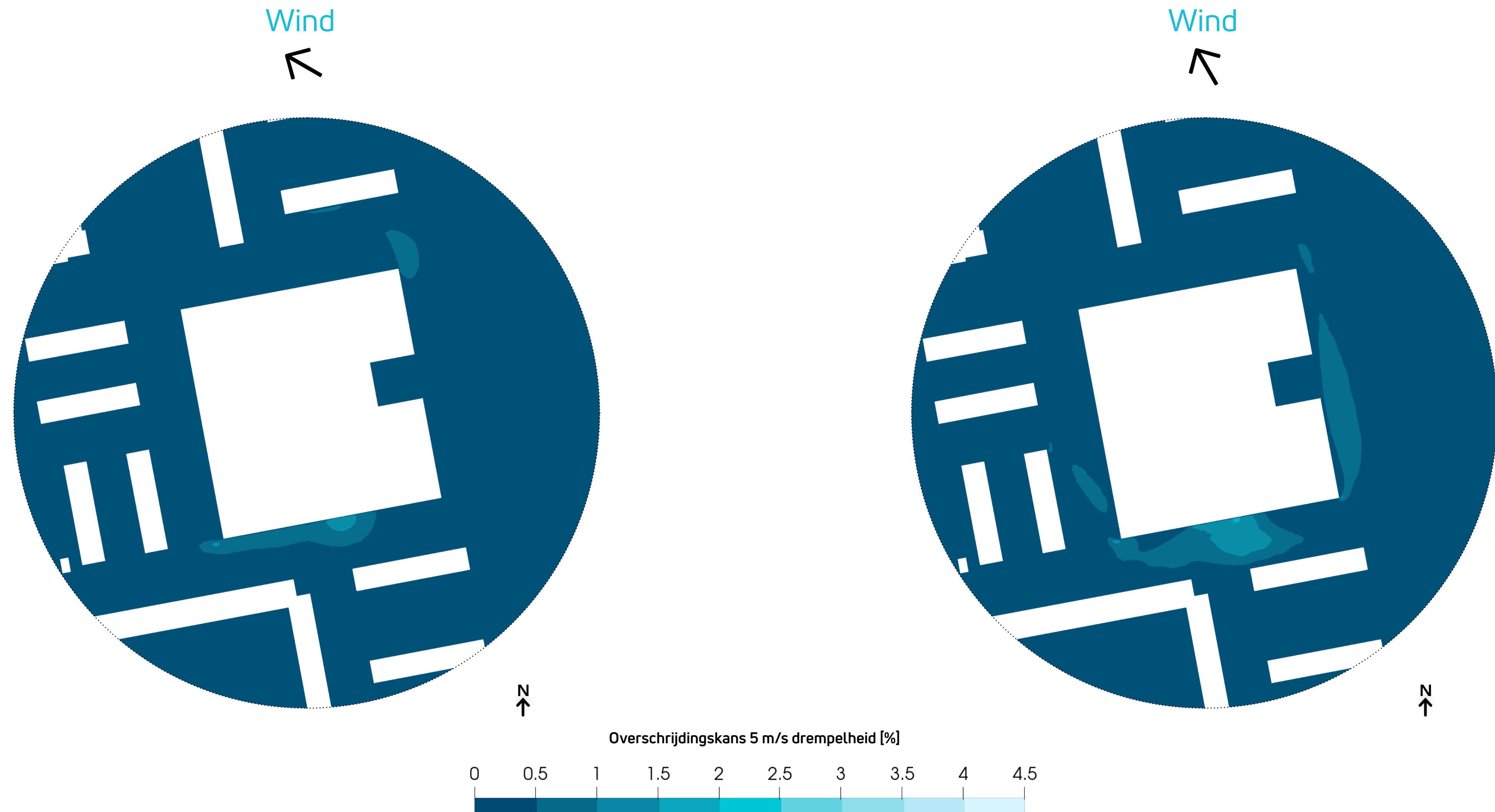
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



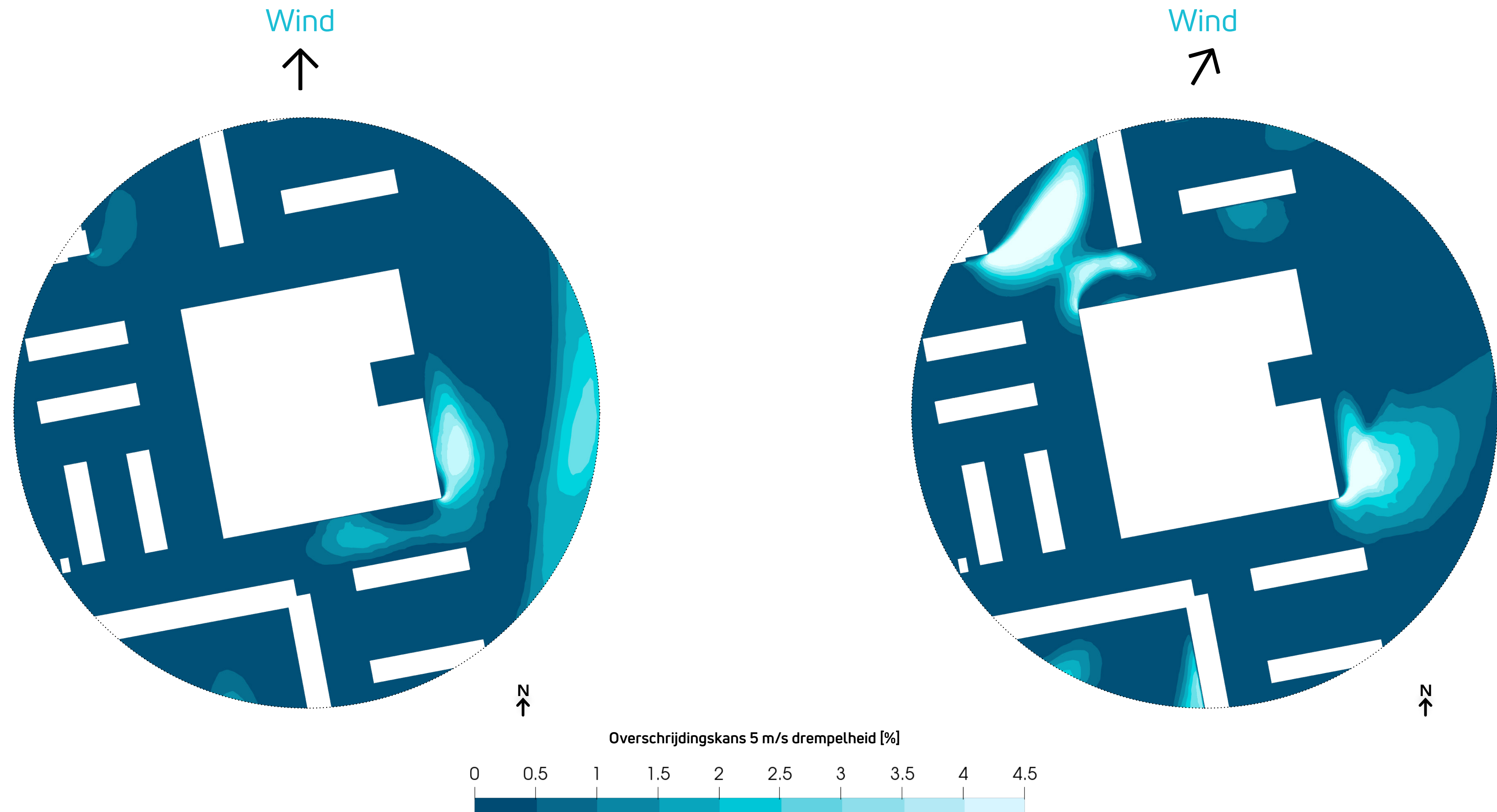
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



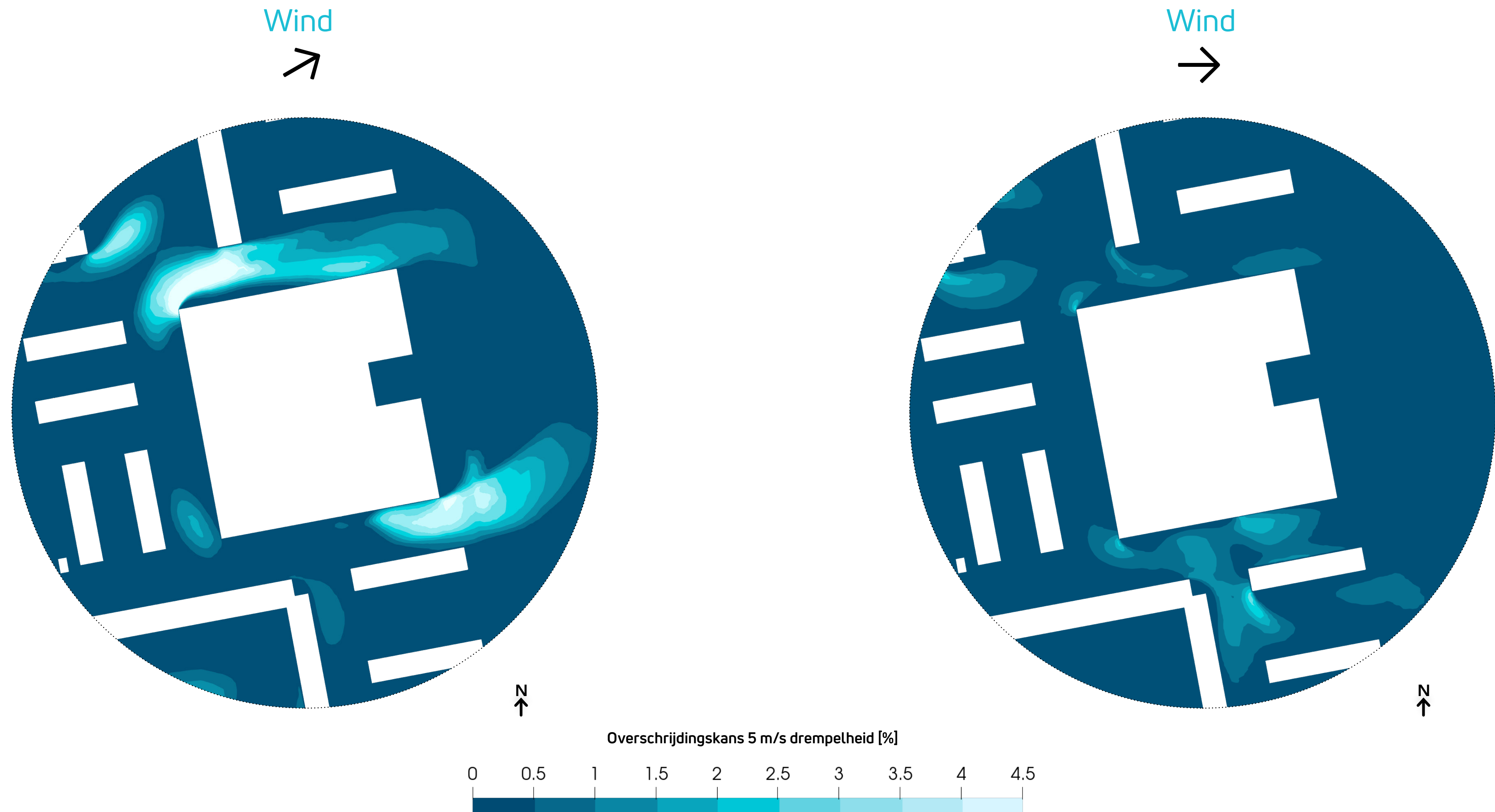
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



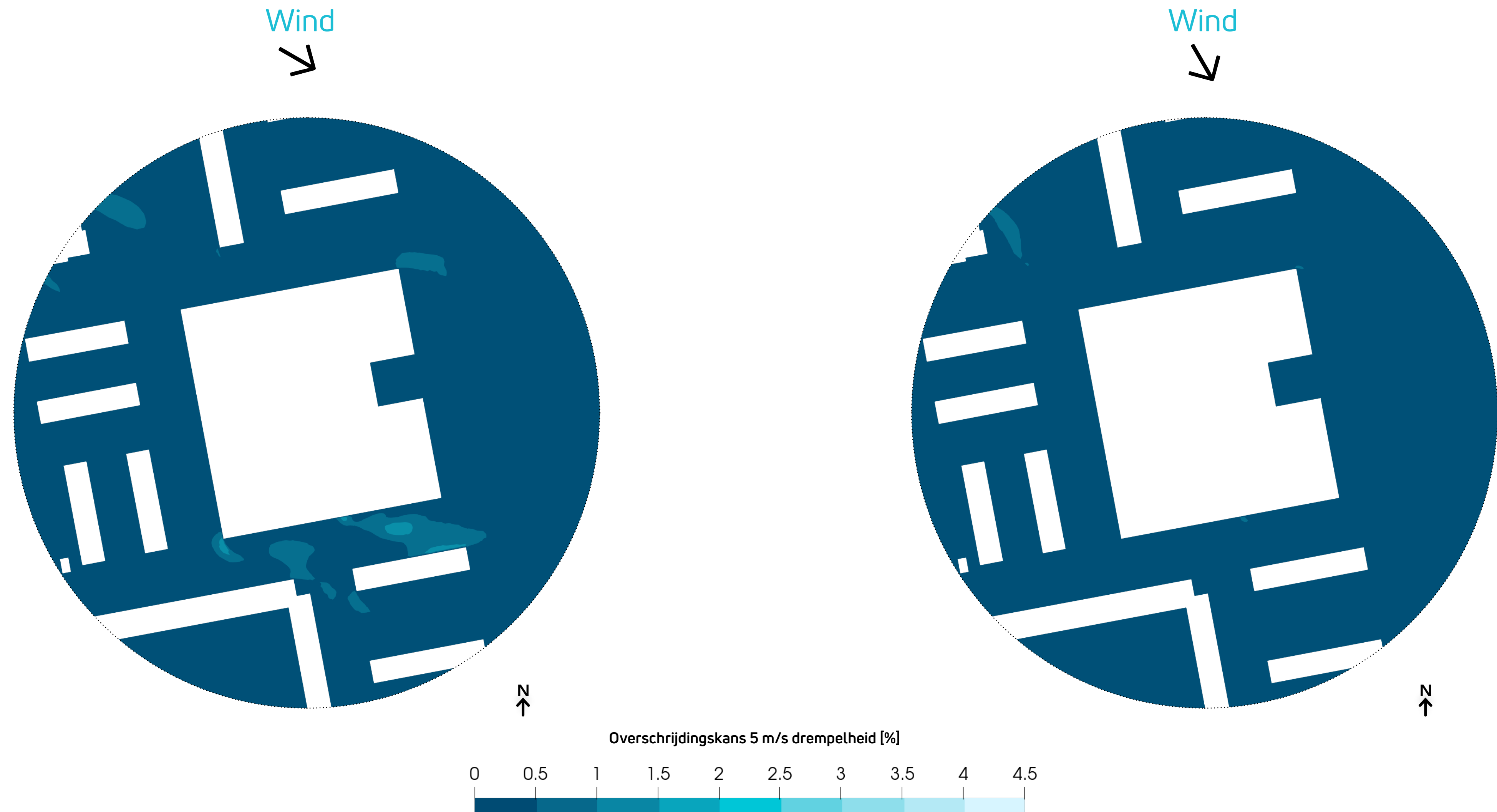
C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



C Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen





Actiflow BV

Tramsingel 1,

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

contact@actiflow.com

www.actiflow.nl