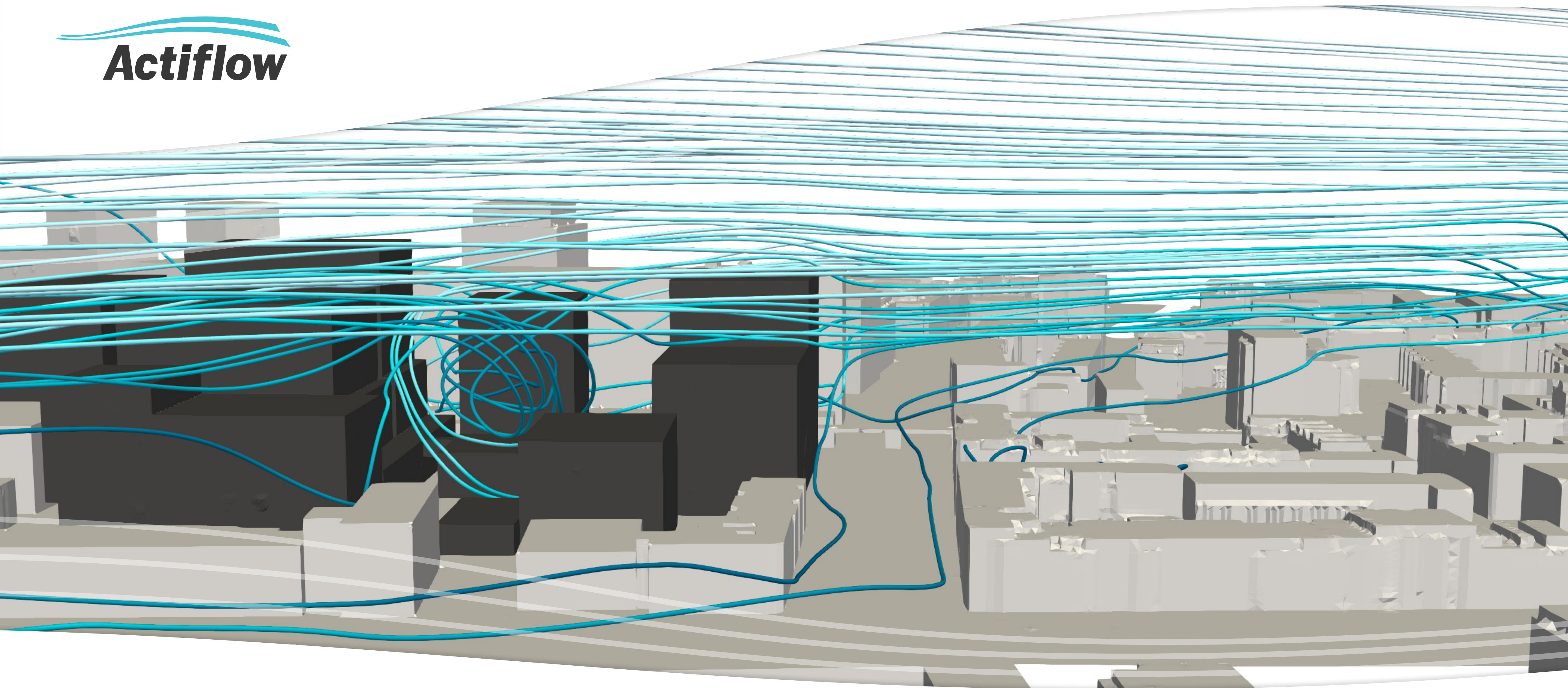




Inhoudsopgave

- 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 Conclusies

- A Windhinder en windgevaar herfst/winter en lente/zomer
- B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen
- C Inlegvel NEN 8100:2006

1 Introductie

Het project Zomerhofkwartier (ZOHO) betreft de realisatie van vervangende nieuwbouw te Rotterdam. De plaatsing van deze nieuwbouw zal het lokale windklimaat veranderen. Om deze reden is [Actiflow](#) gevraagd een windonderzoek uit te voeren om te bepalen of het windklimaat in het toekomstige scenario acceptabel zal zijn. Dientengevolge is er zowel voor de huidige situatie als de toekomstige situatie een windonderzoek uitgevoerd, zodat deze situaties vergeleken kunnen worden.

De nieuwbouw is gelegen tussen de Vijverhofstraat, Tellingestraat, Noordsingel en Zomerhofstraat te Rotterdam, zie ook figuur 1.1. De nieuwe gebouwen omvatten onder andere meerdere woontorens en horeca -en sportfaciliteiten. Het complex vervangt de bebouwing op het bestaande bedrijventerrein uit de jaren '50.

Het windonderzoek dat door [Actiflow](#) is uitgevoerd maakt gebruik van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

In deze rapportage worden de opzet, resultaten en conclusies van het onderzoek getoond. 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.



Figuur 1.1:
Locatie van het project

2 Normstelling

In voorliggend windonderzoek wordt het windklimaat ter plaatse van de openbare buitenruimte in kaart gebracht. De bepaling en classificering 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 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.

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.

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

Tabel 1.1: Classificering 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 buitenruimtes is zwaardere normstelling nodig om het gewenste comfort te behalen.

Tabel 1.2: Classificering 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 die in de berekening gebruikt zijn, wordt verwezen naar het inlegvel uit de NEN 8100:2006, welke is toegevoegd in bijlage C.

3.1 Software

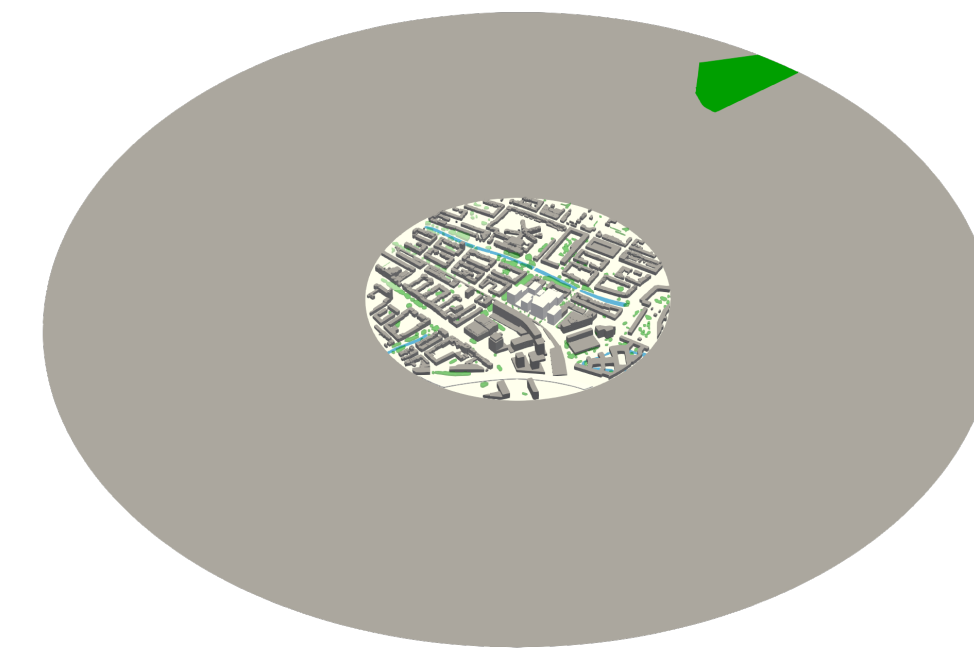
De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2112, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is "simpleFoam" gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen voor incompressibele vloeistoffen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het k- ω SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

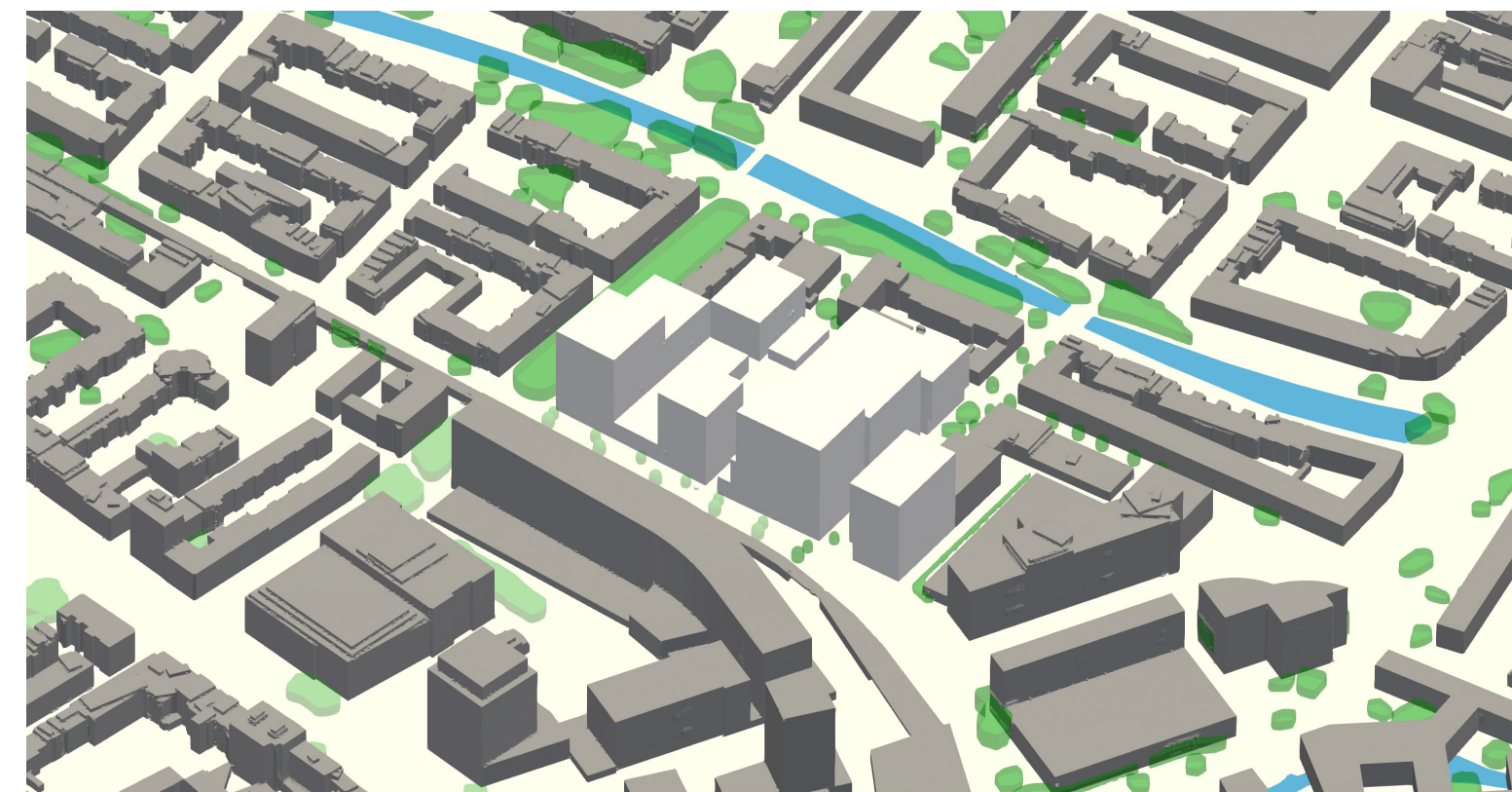
De geometrie van de modellen is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. De modellen omvatten alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter. Dit betreft de bestaande situatie en de situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 3.1.

In het model zijn de bestaande bomen in de omliggende straten opgenomen. Hierbij zijn beide situaties voor zowel de herfst/winter als lente/zomer situatie doorgerekend. De afzonderlijke resultaten zijn weergegeven in bijlage A. In hoofdstuk 4 worden de jaargemiddelde resultaten conform NEN8100:2006 getoond en getoetst.

Figuur 3.1:
Impressie van
het model van de
toekomstige situatie



(a)
Overzicht



(b)
Close-up

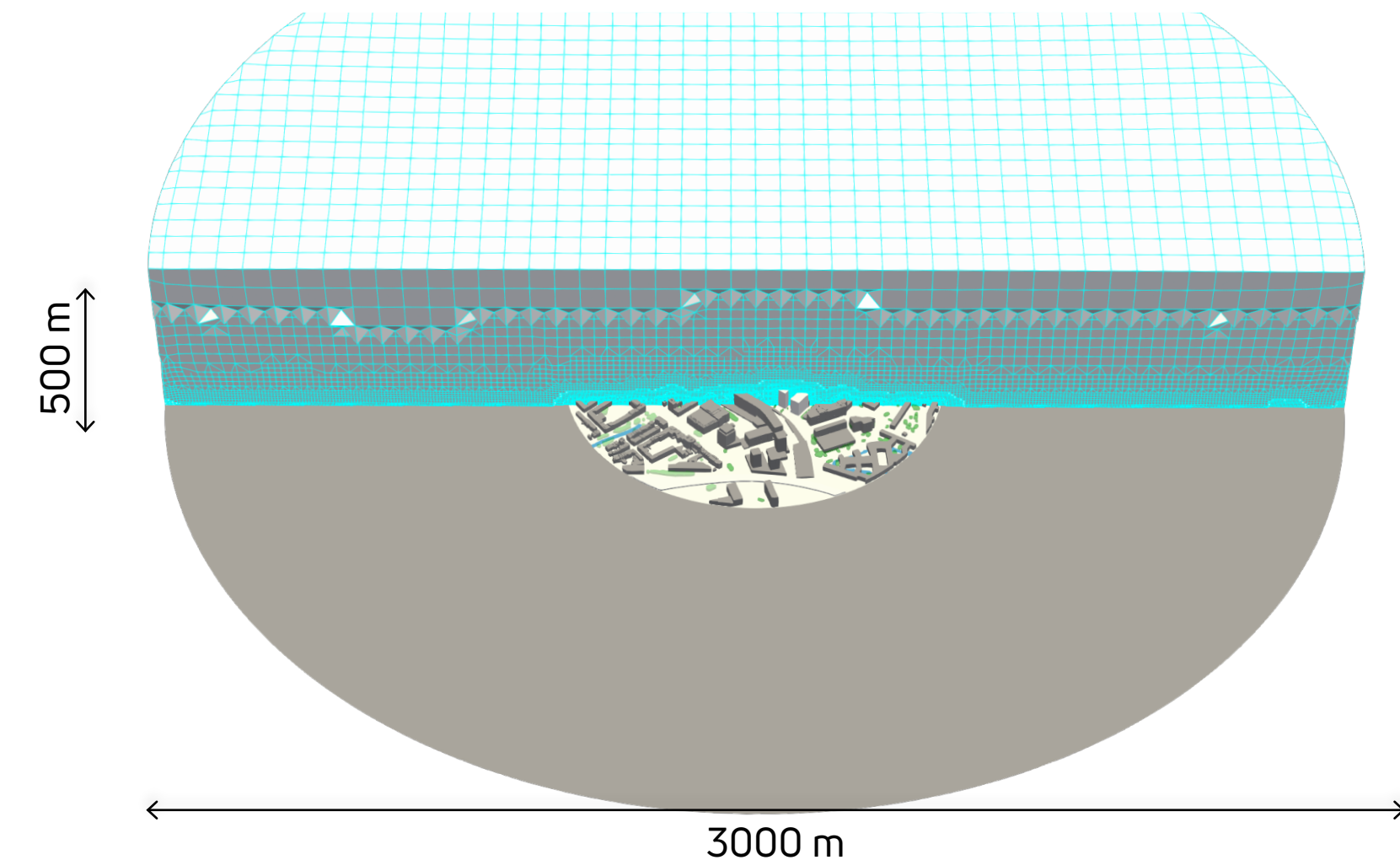
De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3000 m en een hoogte van 500 m. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt. De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie conform NPR 6097:2006.

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 (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 15 095 426 cellen in het model van de bestaande situatie en 16 208 328 cellen in het model van de toekomstige situatie. 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

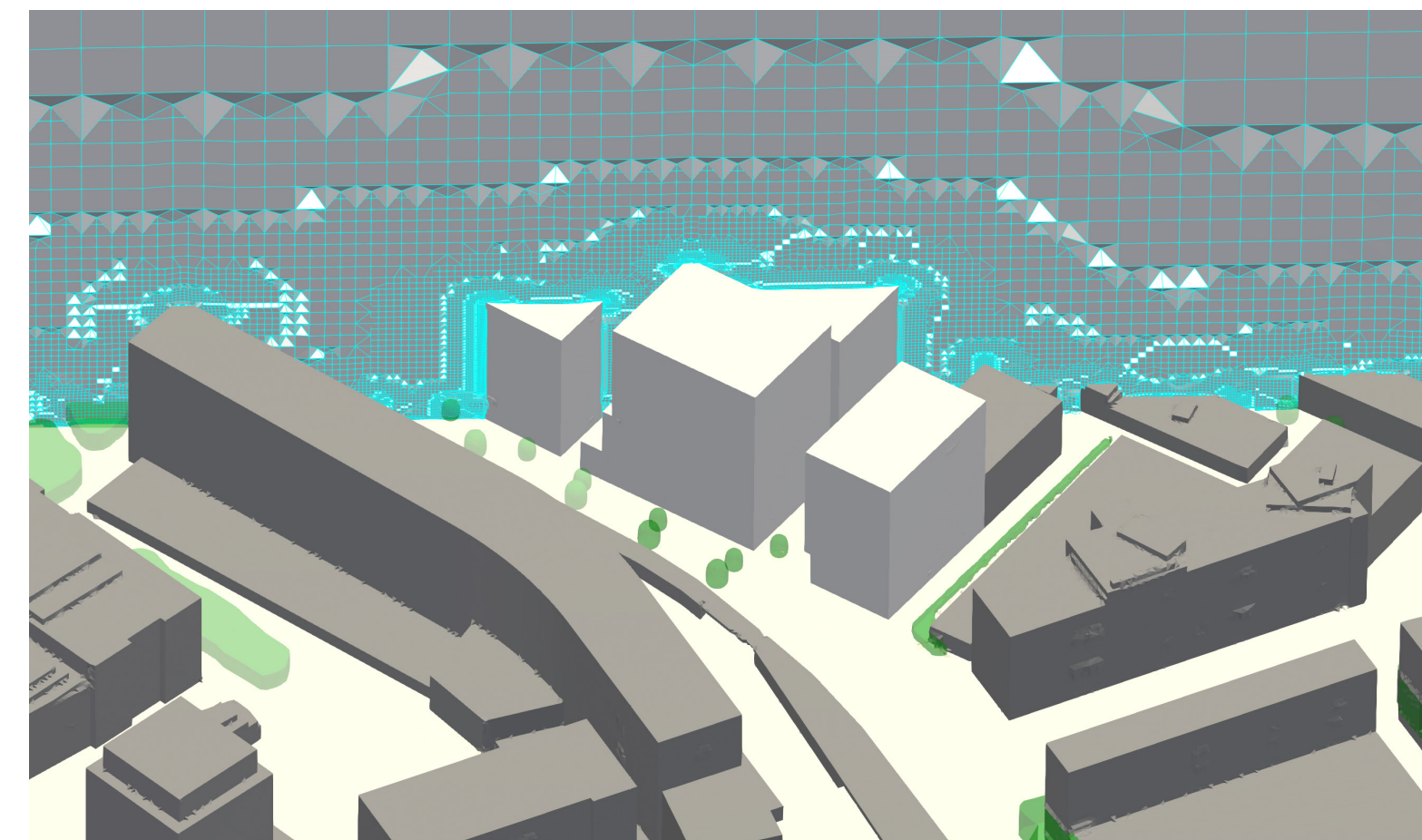
Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2 op de navolgende pagina. Hierin is U_n de horizontale windsnelheid, z de hoogte vanaf het 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 de modellering 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).



Figuur 3.2:
Impressie van het
rekeningruid van de
toekomstige situatie

(a)
Overzicht



(b)
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.

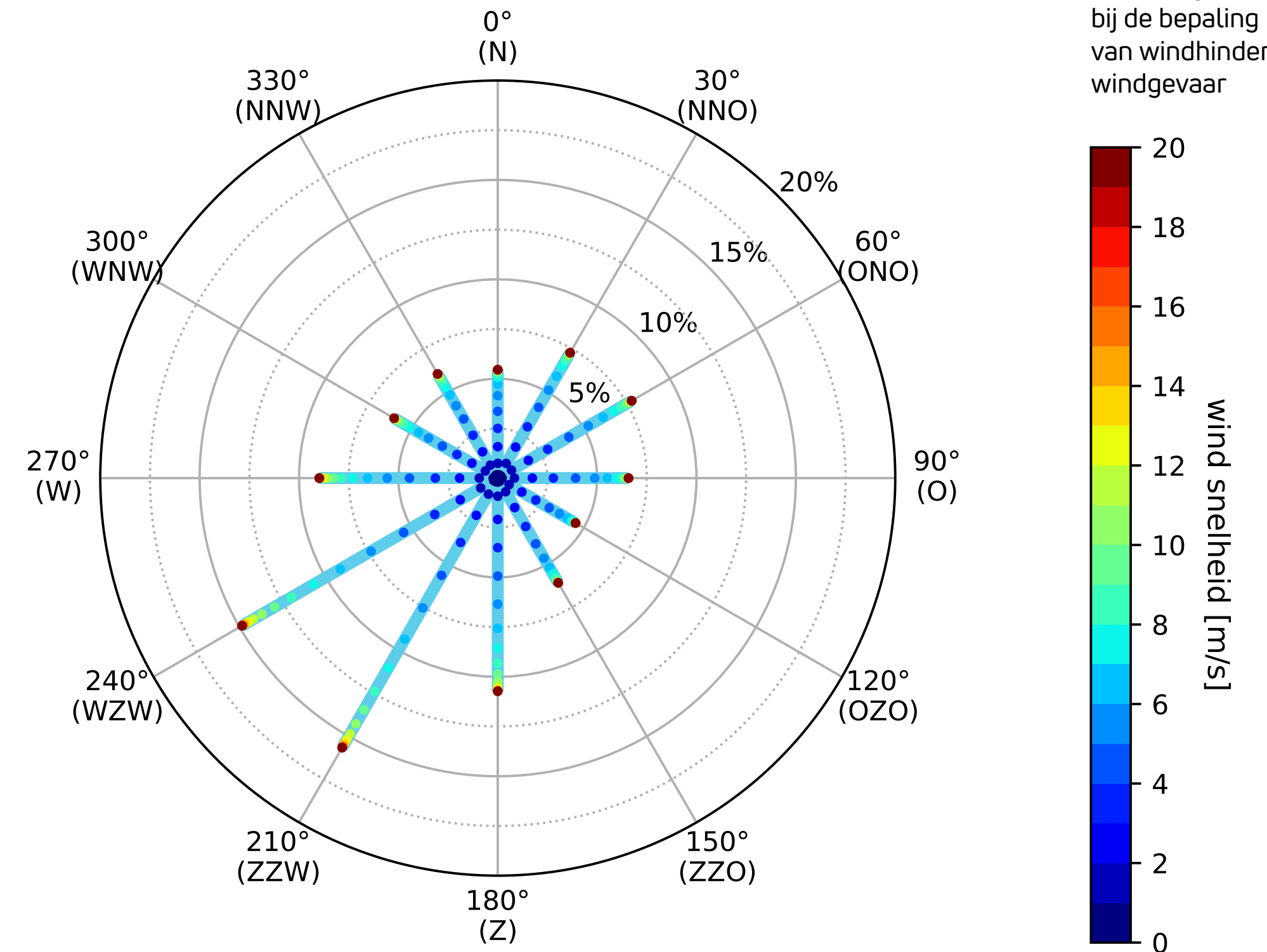
Vervolgens wordt de windstatistiek conform NPR 6097 gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse 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 conform
NPR 6097:2006
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 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.

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.

Het onderzoek is uitgevoerd voor zowel de bestaande als toekomstige situatie. Voor beide situaties zijn simulaties uitgevoerd voor zowel de herfst/winter situatie, waarbij bomen bladloos zijn, en de lente/zomer situatie met bladdragende bomen. De resultaten van deze afzonderlijke perioden zijn weergegeven in bijlage A. De toetsing vindt conform NEN8100:2006 plaats aan de hand van de jaargemiddelde situatie, welke ook is weergegeven in figuur 4.1 en 4.2 op de volgende pagina's.

De resultaten betreffende windhinder in figuur 4.1 laten in de bestaande situatie een relatief windluw klimaat zien in de ruime omgeving. De omgeving kenmerkt zich door een dicht stedelijk weefsel, waardoor wind met name over in plaats van door dit weefsel stroomt. Enkel op plekken waar hogere bebouwing het stedelijk weefsel doorsteekt, ontstaan hogere windhinderklassen op voetgangersniveau. Dit leidt tot een windklimaat dat zich kenmerkt door windhinderklasse A, met beperkt B en C.

In de straten rondom het plangebied kent het windklimaat een gelijkaardig luw windklimaat. De Tellingerstraat en Noordsingel kennen hoofdzakelijk windhinderklasse A. Op de kruising tussen de Vijverhofstraat en Zomerhofstraat komt lokaal windhinderklasse B en C voor.

Figuur 4.2 laat daarbij zien dat in de bestaande situatie de ruime omgeving en het plangebied geen risico op windgevaar kennen.

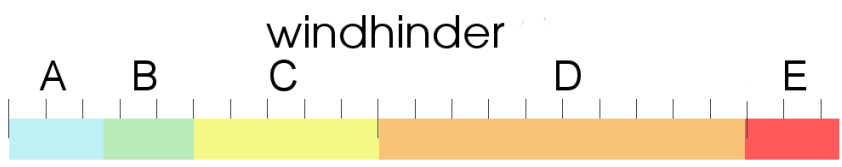
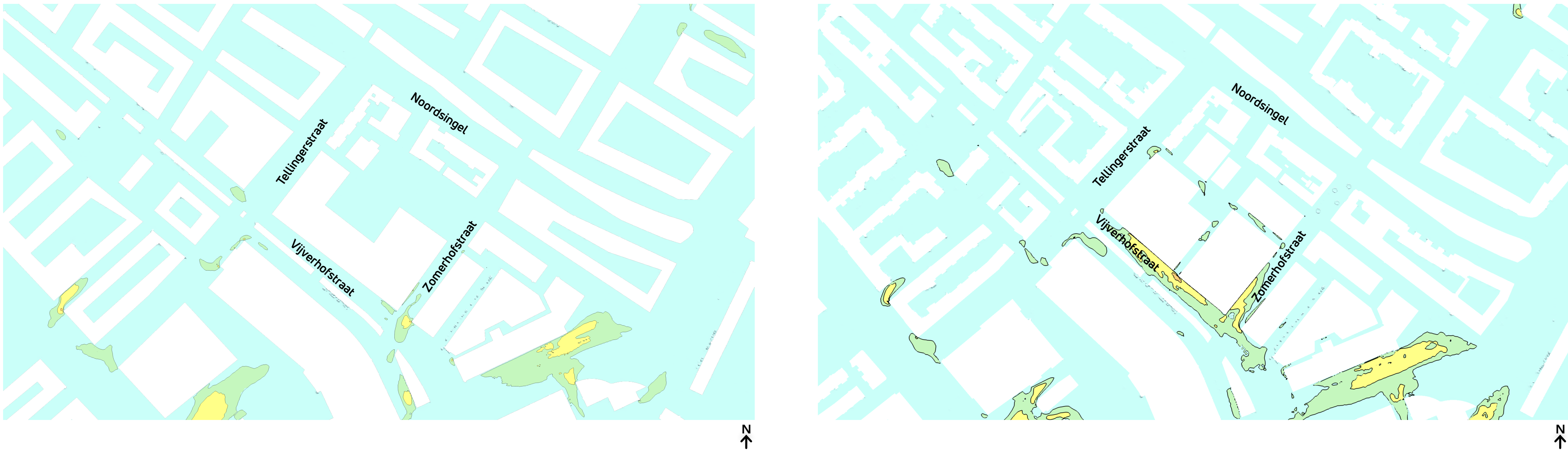
In de toekomstige situatie laat het niveau van windhinder in figuur 4.1 in de ruime omgeving een gelijkaardig beeld zien als de bestaande situatie. De ruime omgeving kent nog steeds een luw windklimaat en dit wordt slechts zeer beperkt beïnvloed door de nieuwbouw.

In de directe nabijheid van de nieuwbouw is het effect van de nieuwbouw groter. De Tellingestraat en Noordsingel kennen een beperkte verandering van het windklimaat. Dit blijft de meest optimale klasse A, met een kleine zone B in de Tellingestraat. De effecten van de nieuwbouw zijn met name te zien in de Vijverhofstraat en de Zomerhofstraat. Deze straten kennen een toename van windhinderklasse tot maximaal D. Daarbij moet gezegd worden dat de zone D, gelegen op het kruispunt van de passage tussen de gebouwen en de Vijverhofstraat verwaarloosbaar klein is. Het overgrote deel van de Vijverhofstraat en de Zomerhofstraat liggen nu in windhinderklasse B en C. Dit is acceptabel voor doorlopen en slenteren, echter wordt aangeraden om hier geen entrees te plaatsen of indien gewenst de entrees in een nis te plaatsen, zodat hier lokaal een luwe zone wordt voorzien. Wanneer er in de Zomerhofstraat of Vijverhofstraat terrassen worden geplaatst, wordt het aanbevolen deze af te schermen met (transparante) schermen of een haag. Zo kan er lokaal een goed windklimaat gecreëerd worden voor het gebruik van de terrassen.

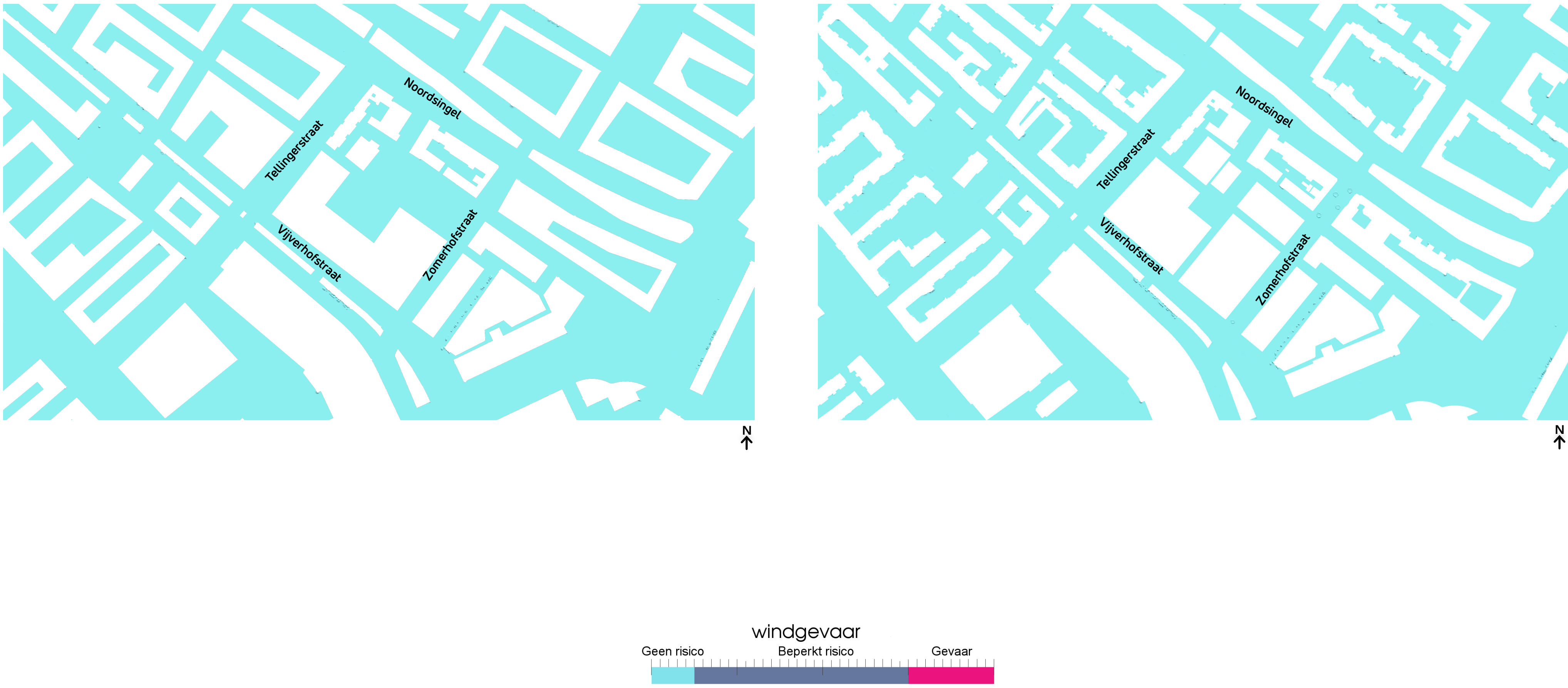
Figuur 4.2 laat zien dat er in de toekomstige situatie geen risico is op windgevaar.

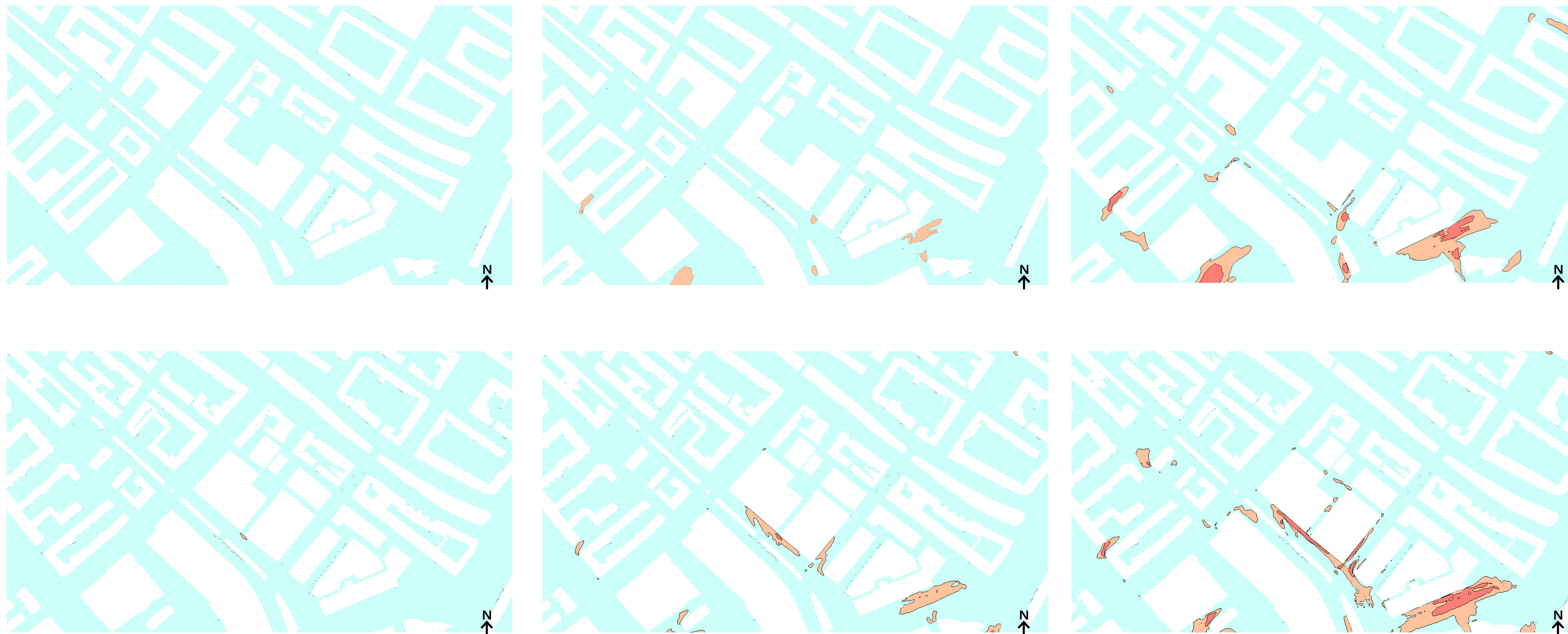
In figuur 4.3 zijn de resultaten aanvullend gevisualiseerd conform de activiteiten uit NEN8100:2006 en de beoordeling die hierbij hoort. Deze resultaten laten uiteraard een gelijkaardig beeld zien als bovenstaand omschreven met een kleine invloed op het windklimaat in de ruime omgeving en een verhoging van

Figuur 4.1:
Windhinder op
voetgangsniveau voor
de bestaande situatie
(links) en de toekomstige
situatie (rechts)



Figuur 4.2:
Windgevaar op
voetgangsniveau voor
de bestaande situatie
(links) en de toekomstige
situatie (rechts)





Figuur 4.3:
Windcomfort
beoordeling per
activiteit voor de
bestaande (boven) en
toekomstige situatie
(beneden)

(a)
Beoordeling activiteit doorlopen (jaargemiddelde situatie)

(b)
Beoordeling activiteit slenteren (jaargemiddelde situatie)

(c)
Beoordeling activiteit lang zitten (zomer situatie)

Goed Matig Slecht

Goed Matig Slecht

5 Conclusies

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project Zomerhofkwartier te Rotterdam. In dit onderzoek zijn de resultaten van het windklimaat in de bestaande en toekomstige situaties bestudeerd en onderling vergeleken opdat inzichtelijk wordt gemaakt hoe het project het lokale windklimaat beïnvloed en of er in de nieuwe situatie een acceptabel windklimaat ontstaat.

Voor de analyse is de Nederlandse norm 'NEN 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving' gebruikt. Hierbij is een geometrisch model van het gebouw en zijn omgeving opgesteld. Een rekengrid met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties van de windstroming.

De conclusies kunnen met behulp van de volgende punten worden samengevat:

- Het windklimaat in de bestaande situatie is als luw te omschrijven. De ruime omgeving kent veelal windhinderklasse A. Beperkt komen windhinderklassen B en C voor.
- Het windklimaat nabij het plangebied is in de bestaande situatie eveneens als luw te omschrijven met wederom overwegend windhinderklasse A en beperkt B en C.
- De toevoeging van de nieuwbouw heeft een zeer beperkt effect op het windklimaat in de ruime omgeving.
- In de directe nabijheid van het plangebied zorgt de toevoeging van de nieuwbouw voor een verhoging van windhinderklassen.
- In de Tellingestraat en Noordsingel blijft overwegend windhinderklasse A aanwezig, met een beperkte zone windhinderklasse B. Dit heeft geen merkbaar

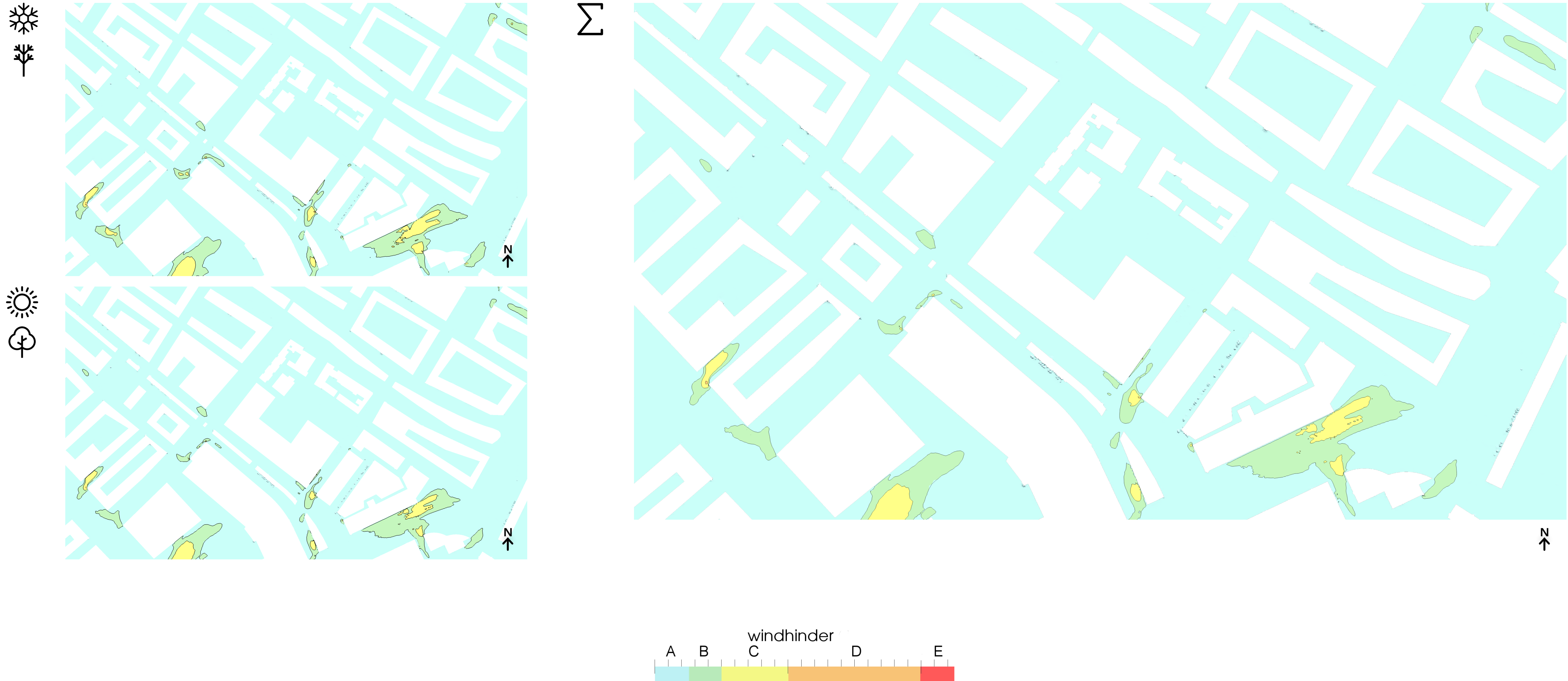
effect op het comfort van de voetgangers.

- In de Vijverhofstraat en Zomerhofstraat komen nu overwegend windhinderklassen B en C voor. Dit is acceptabel mits hier niet langdurig wordt verbleven (terrassen) of er entrees in deze zone geplaatst zijn. Indien dit laatste het geval is dan wordt aanbevolen de entrees in een nis te plaatsen om zo een luwe zone te voorzien. Wanneer er terrassen worden geplaatst in deze straten zijn aanvullende maatregelen nodig om het windklimaat lokaal te verbeteren. Dit kan door (transparante) schermen te plaatsen of het terras af te schermen met een haag.

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat de vervangende nieuwbouw van Zomerhofkwartier een zeer beperkt effect heeft op het windklimaat in de ruime omgeving. In de nabijheid van de nieuwbouw is er een merkbare verandering in de Vijverhofstraat en Zomerhofstraat, maar wordt een acceptabel niveau bereikt voor locaties met louter een verkeersfunctie voor voetgangers. Gebouwentrees kunnen in deze straten het beste in een nis worden geplaatst. Hiermee wordt voldaan aan de voorwaarden voor een goede ruimtelijke onderbouwing op het gebied van het windklimaat voor voetgangers.

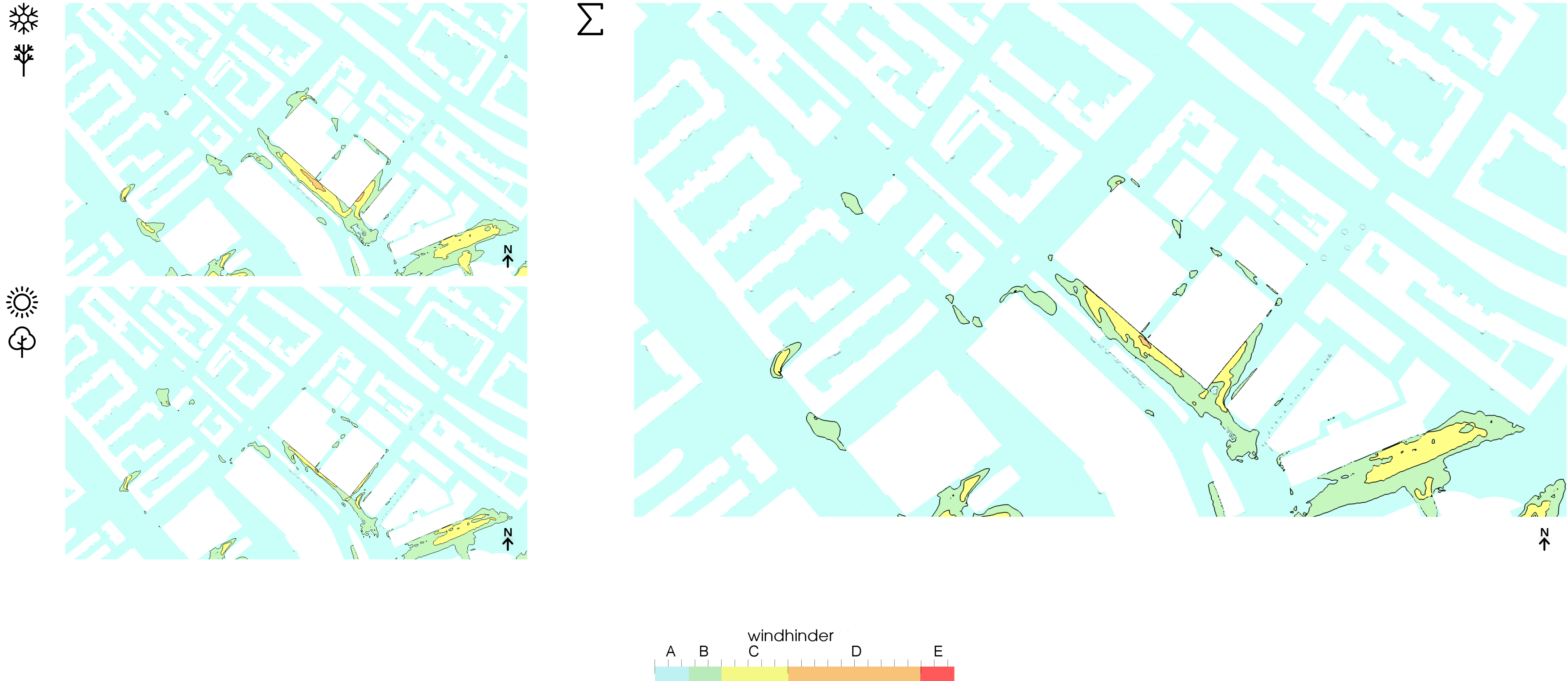
A Windhinder en windgevaar herfst/winter en lente/zomer

- De bestaande situatie



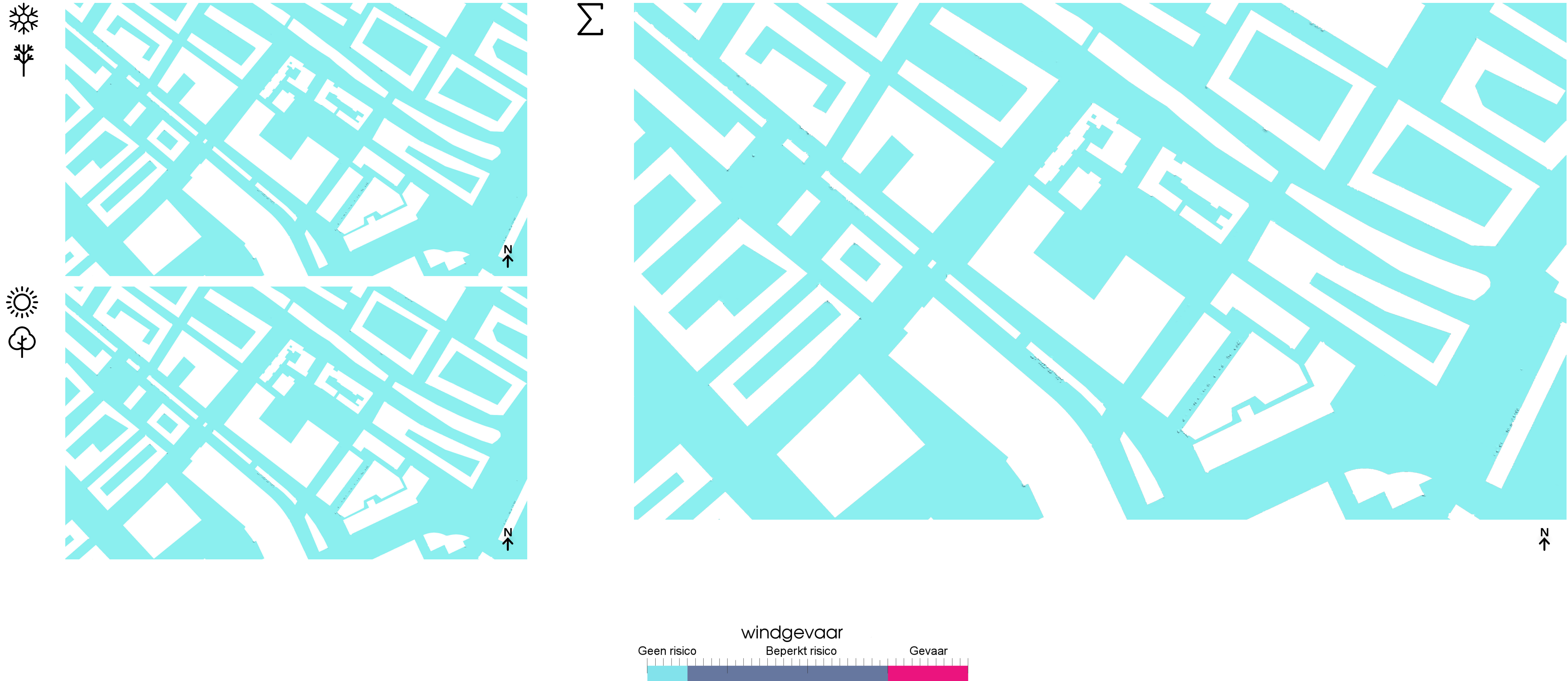
A Windhinder en windgevaar herfst/winter en lente/zomer

- De toekomstige situatie



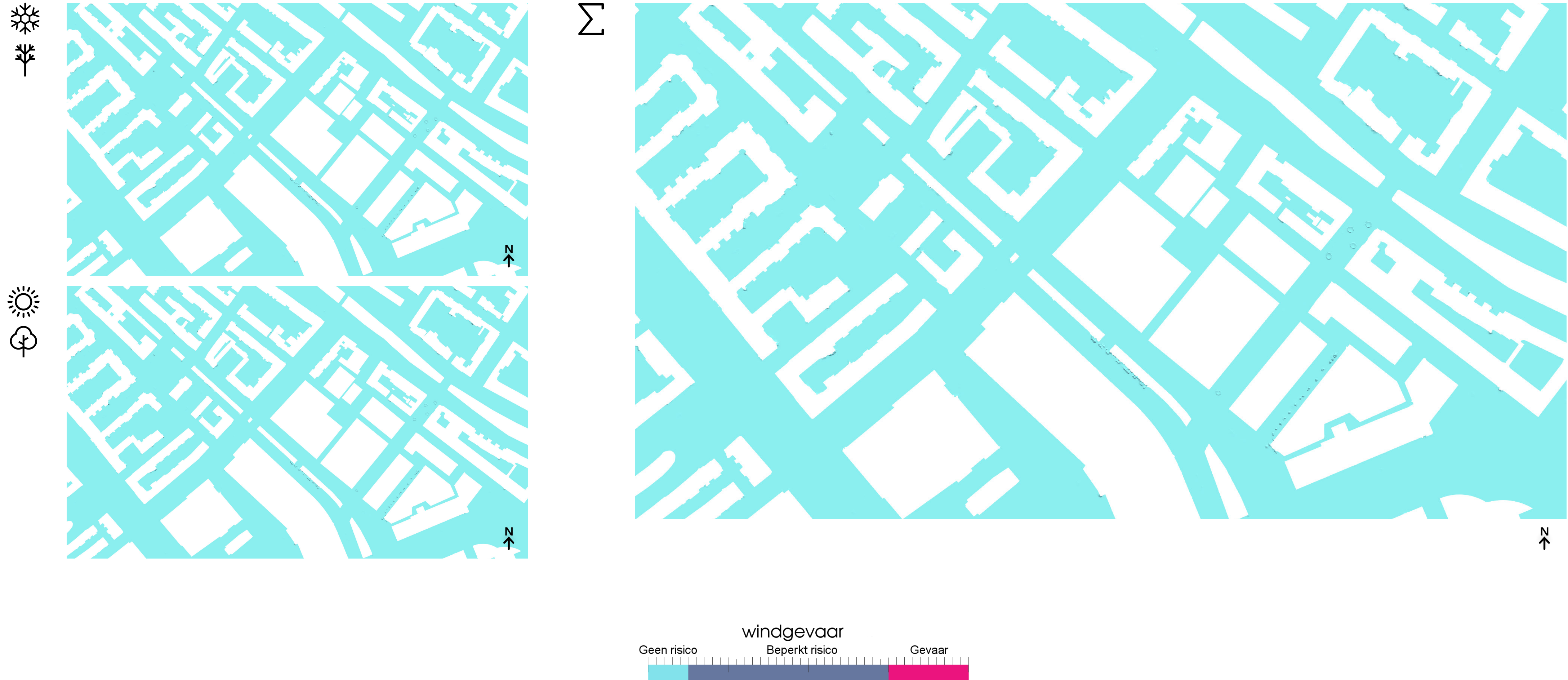
A Windhinder en windgevaar herfst/winter en lente/zomer

- De bestaande situatie

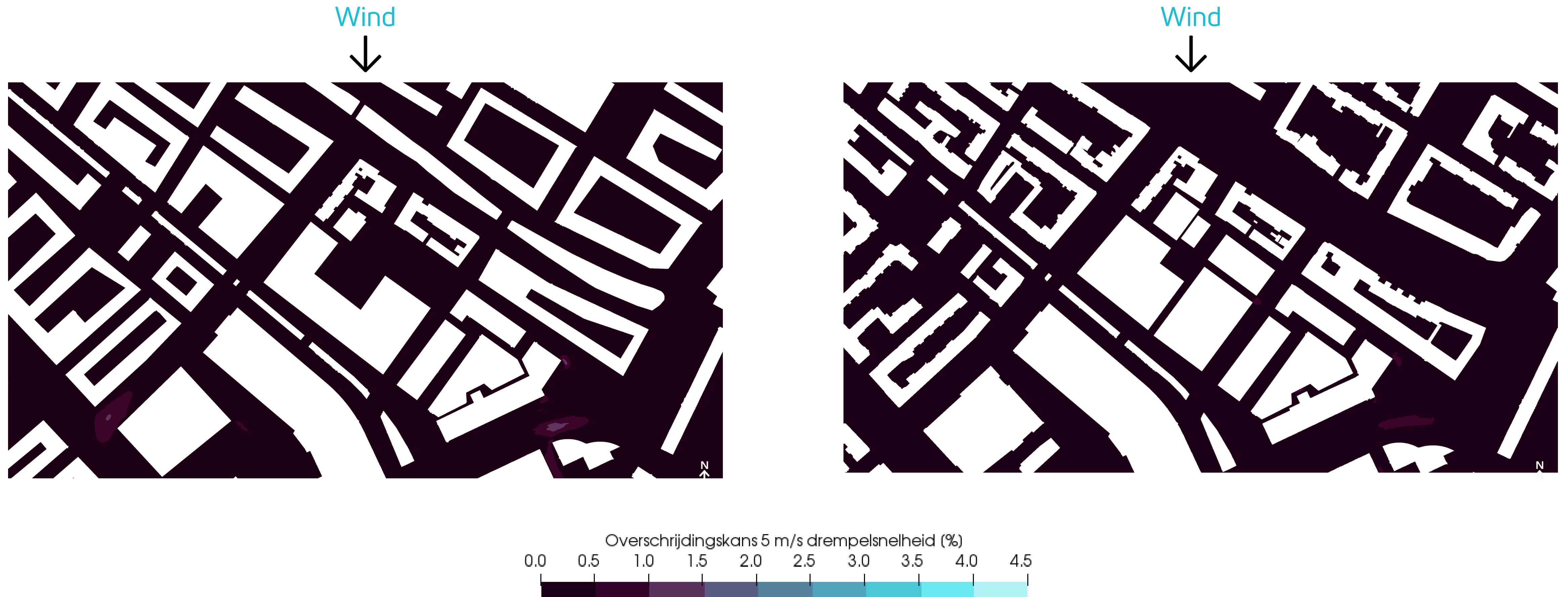


A Windhinder en windgevaar herfst/winter en lente/zomer

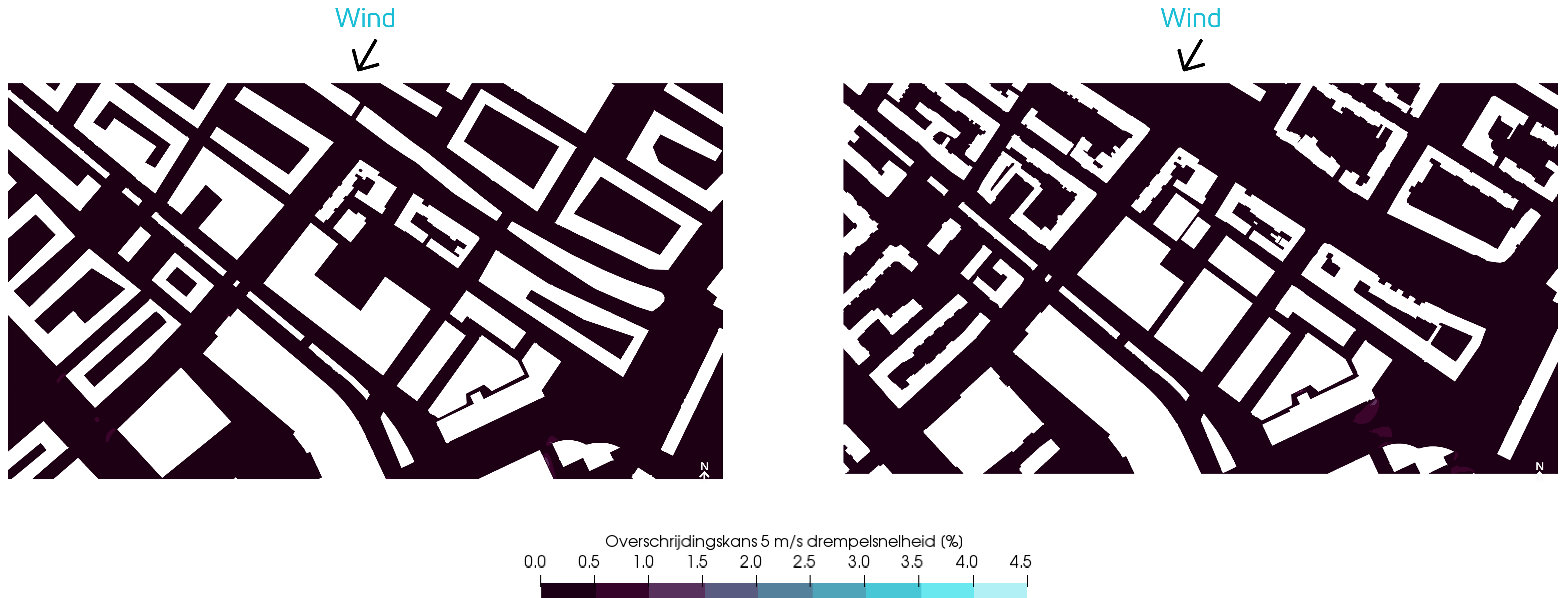
- De toekomstige situatie



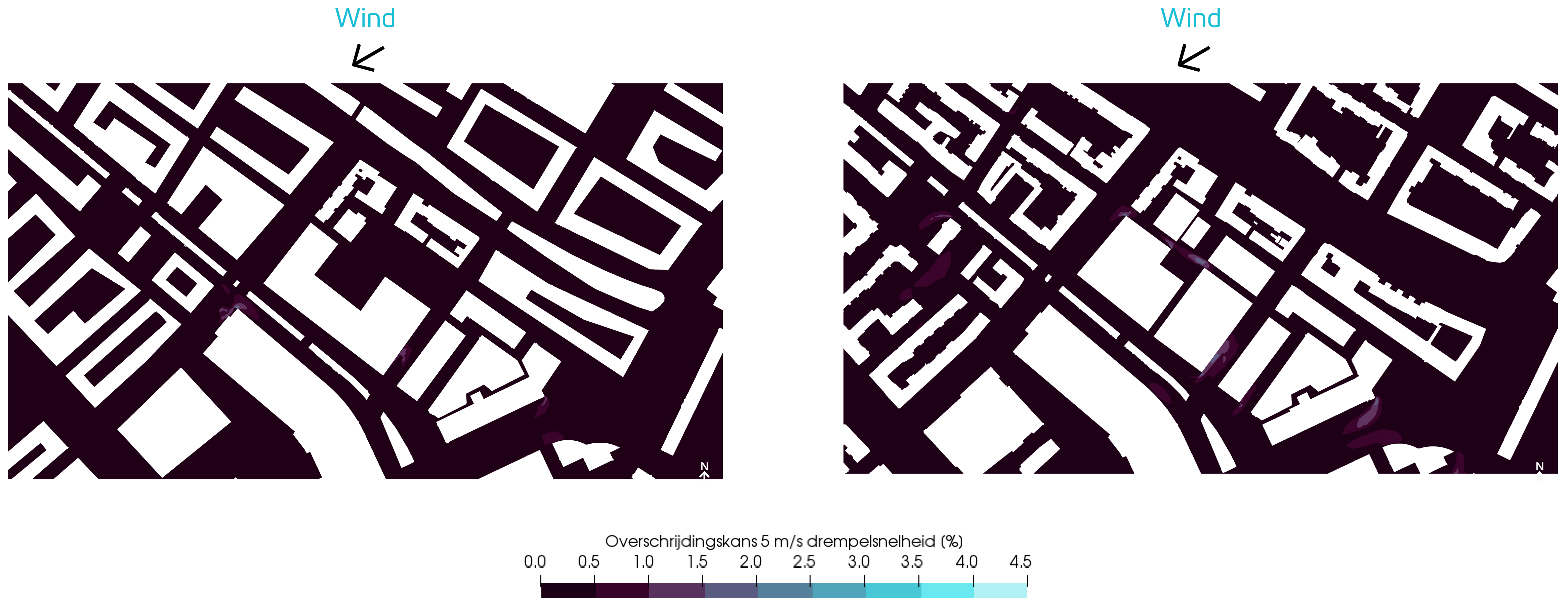
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



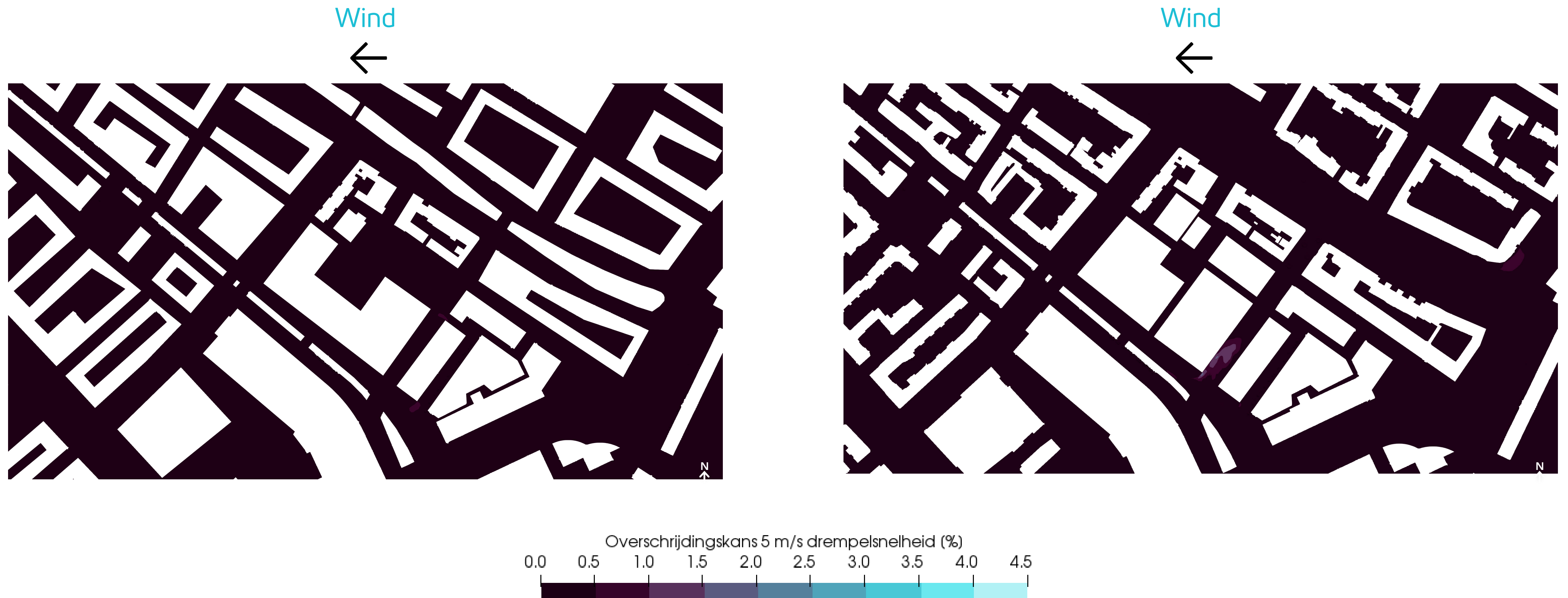
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



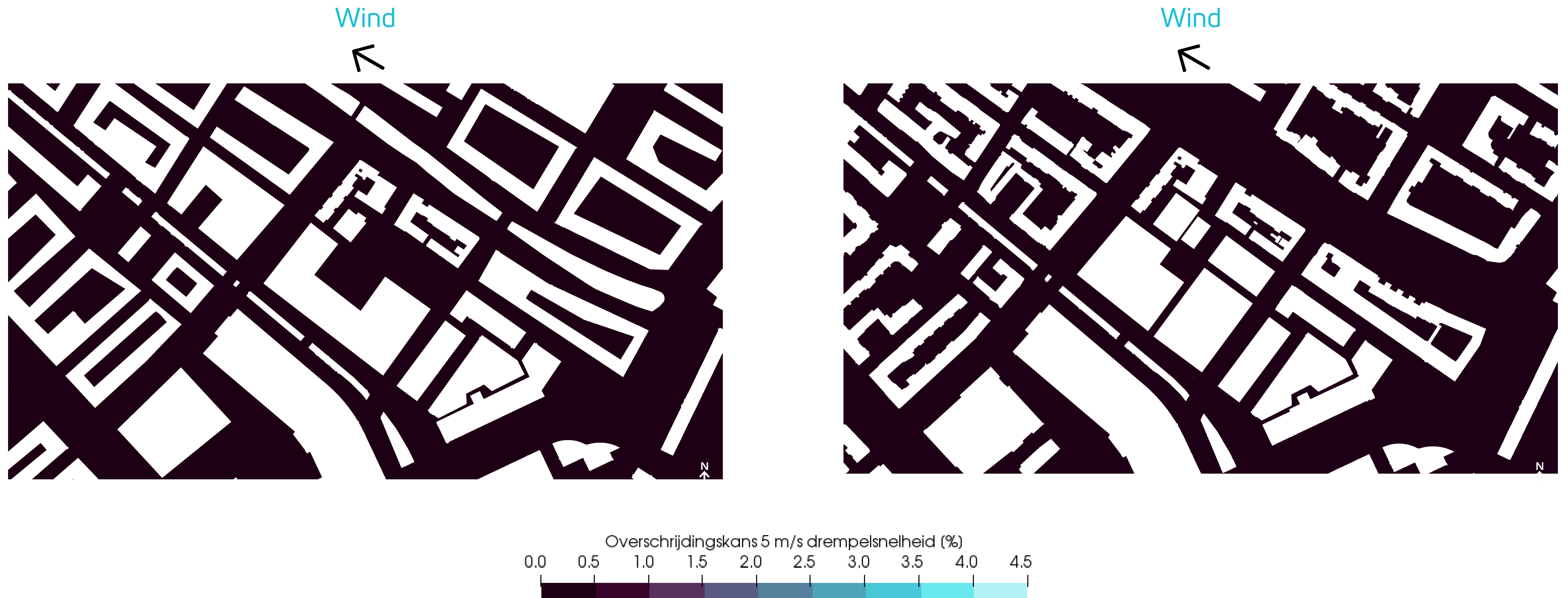
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



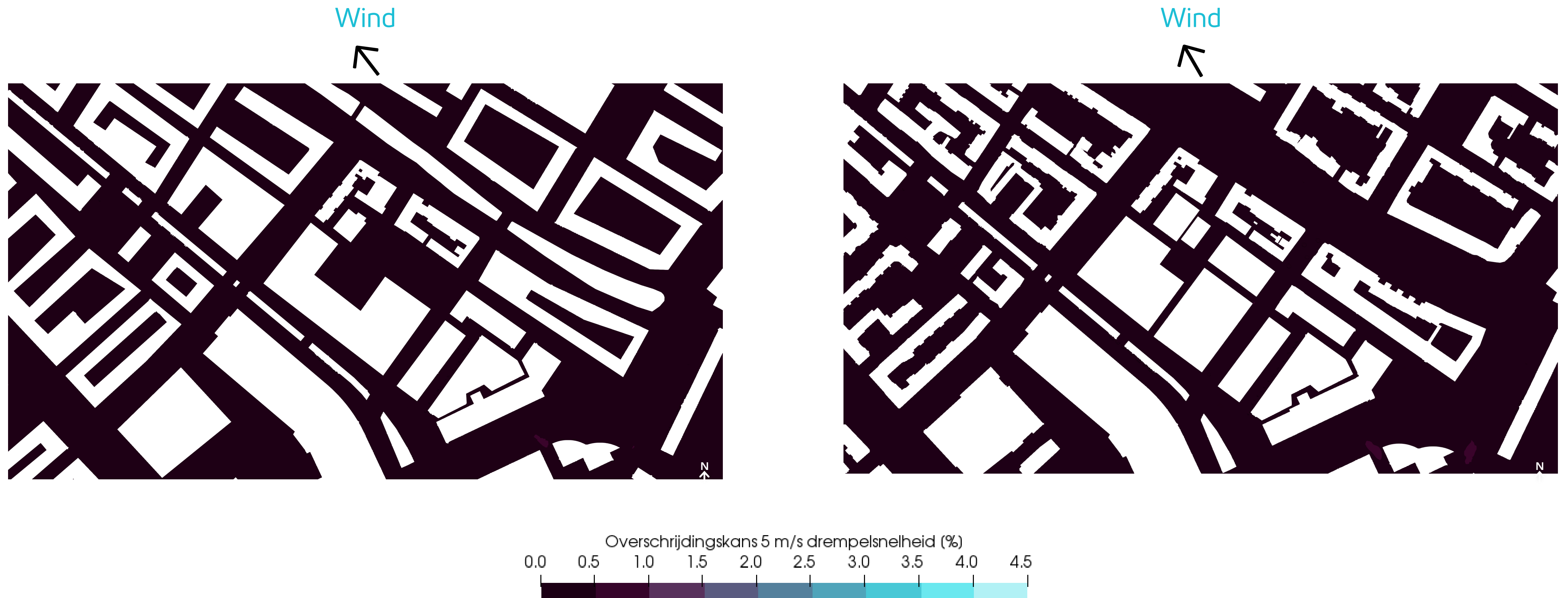
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



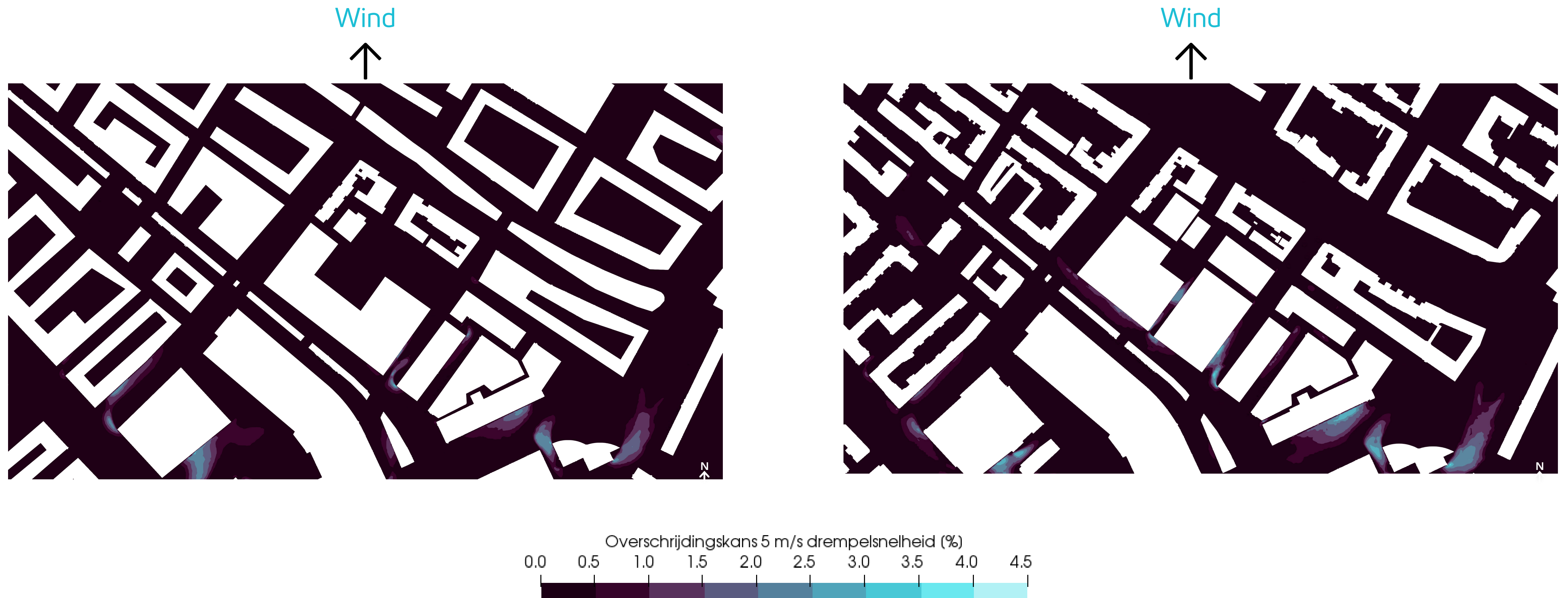
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



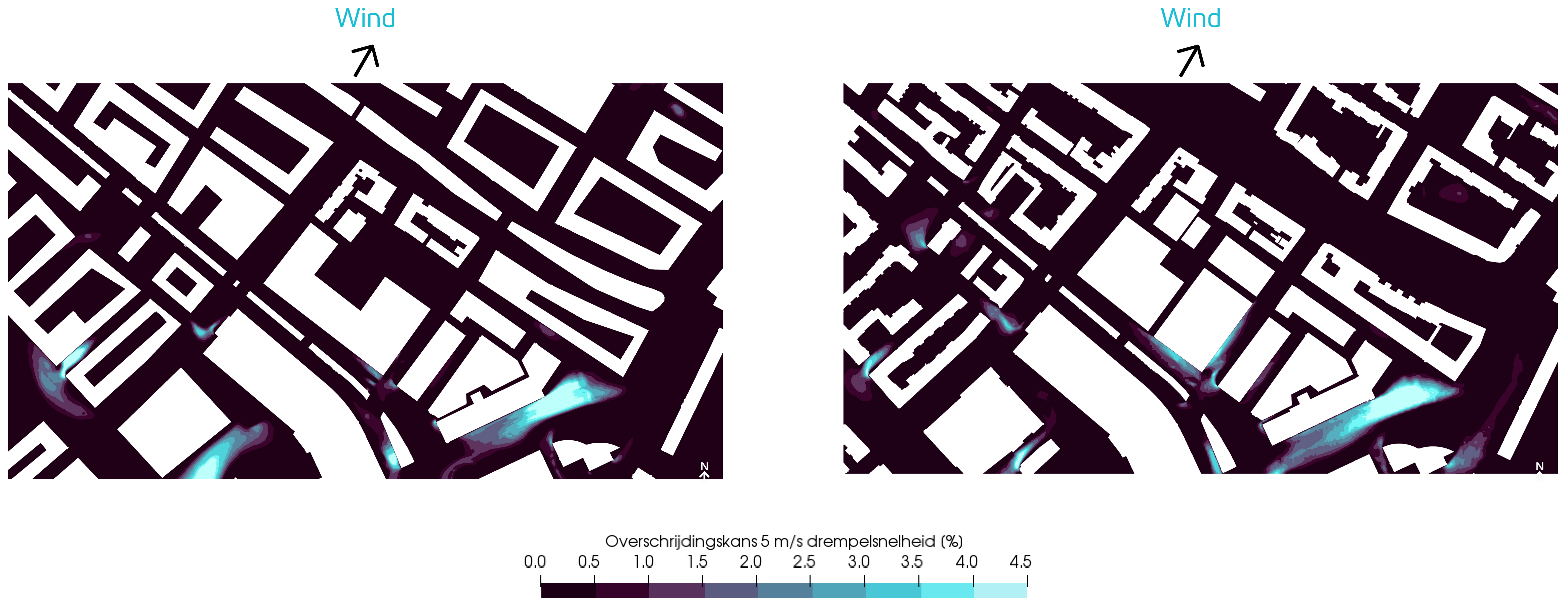
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



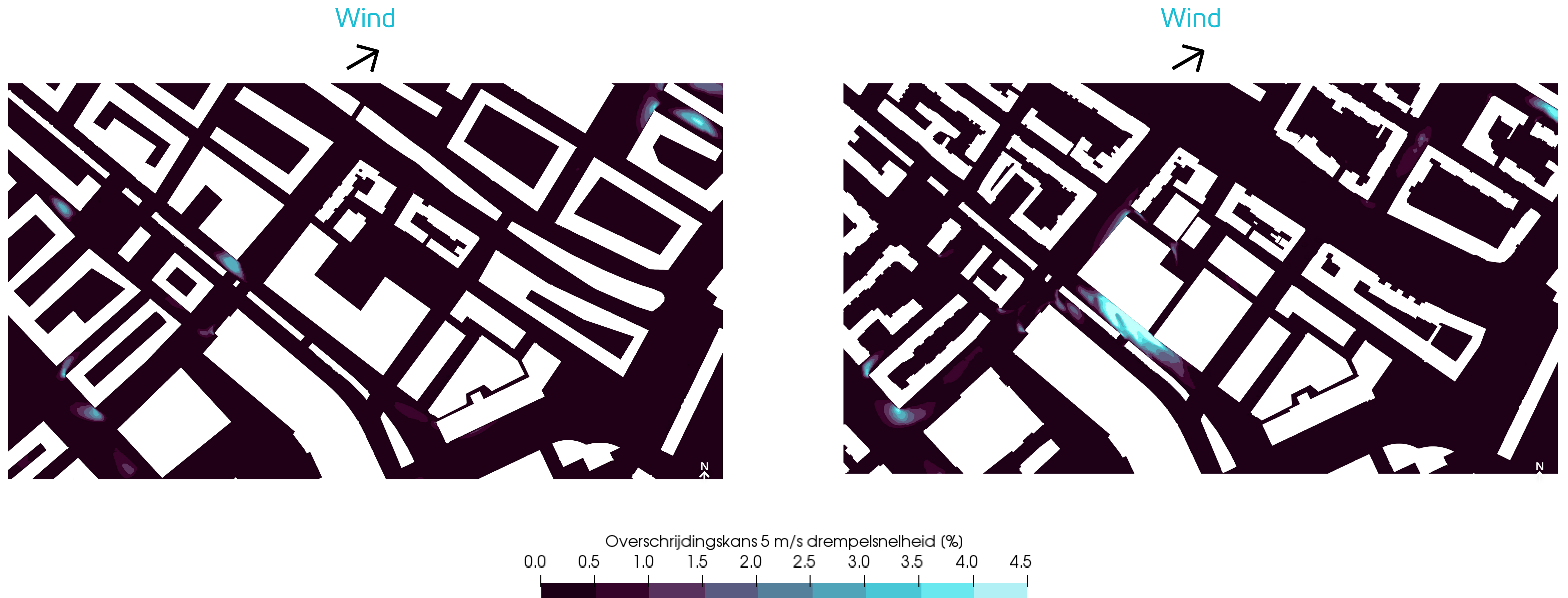
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



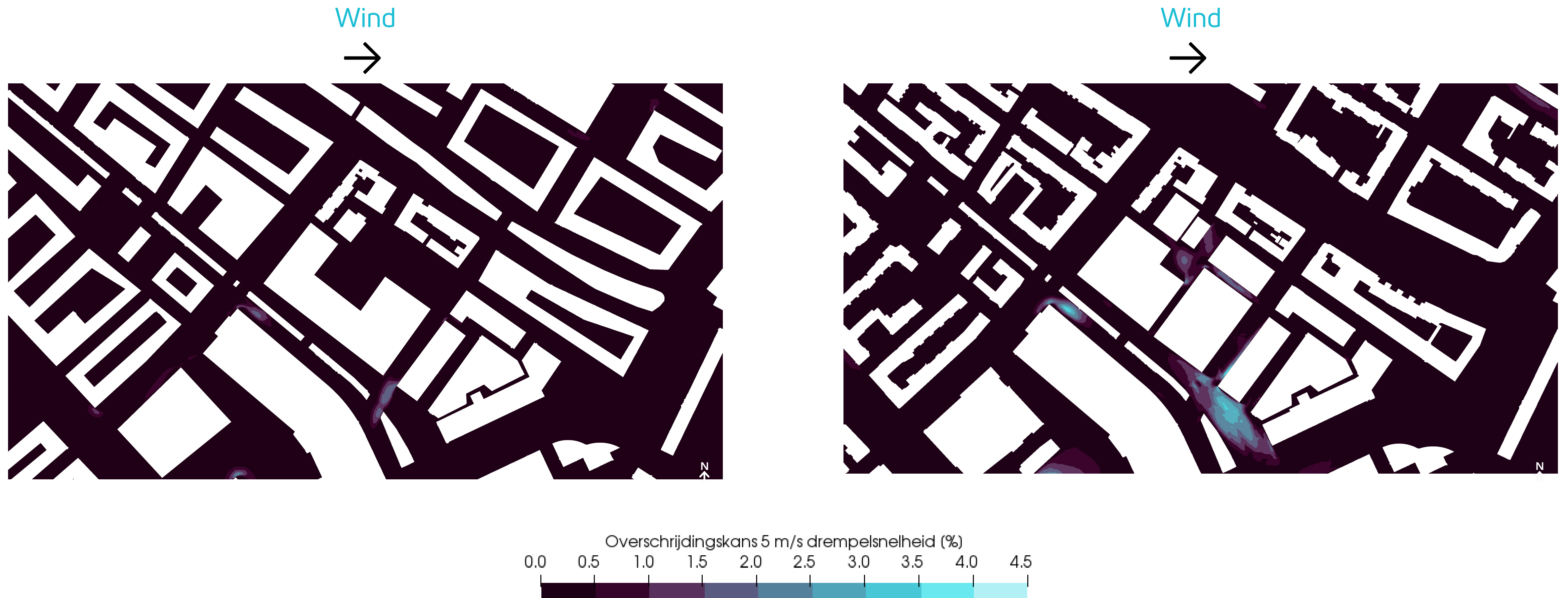
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



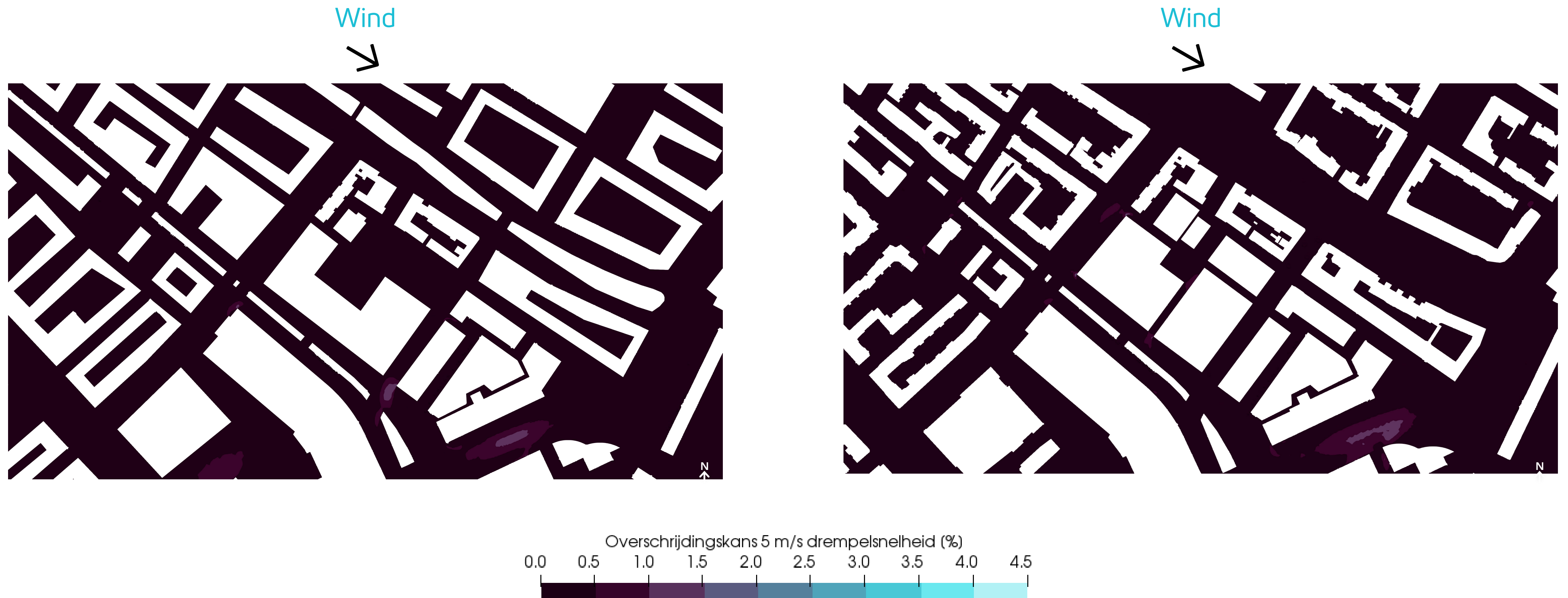
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



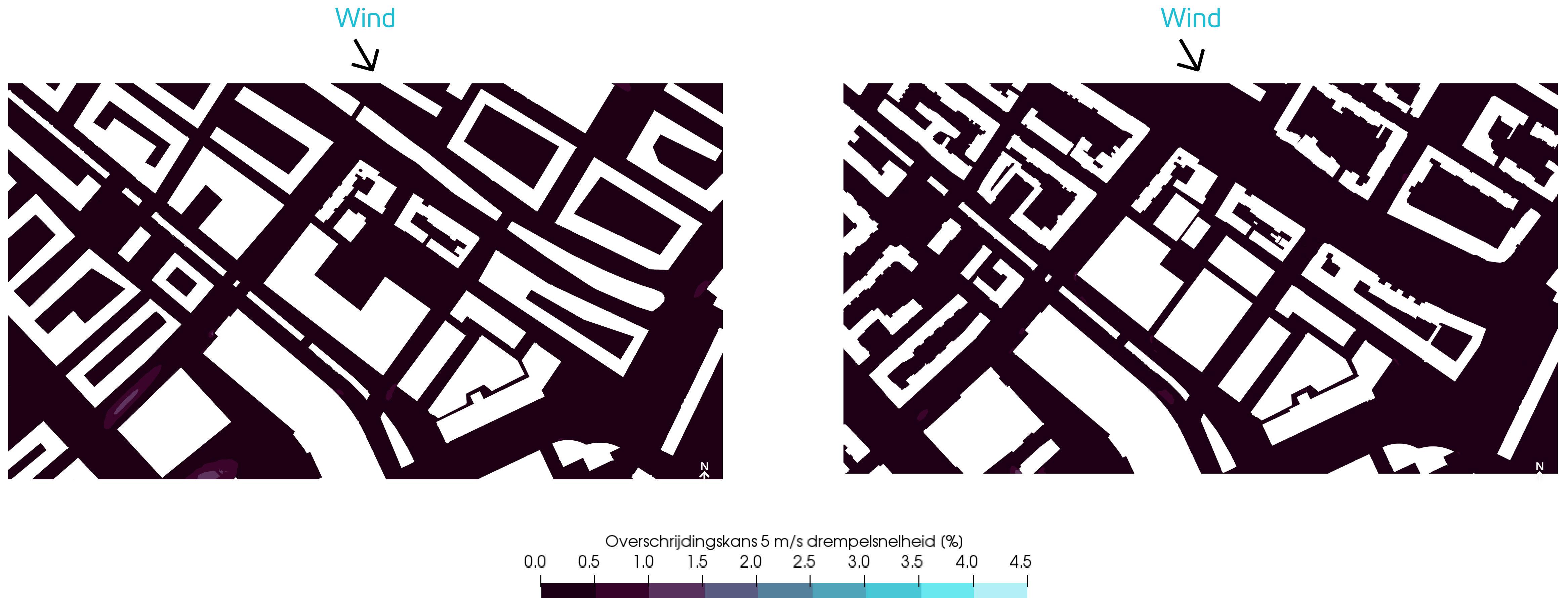
B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen



Project	Projectgegevens
Projectnaam	Het Zomerhofkwartier (ZOHO) te Rotterdam
Opdrachtgever	Hans van Lubeck - Leyten Bouwplanontwikkeling BV
Projectleider	ing. Marc koops, ir. Tjerry Hut
Datum	28-02-2023
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen 300m rondom projectgebouw
Kerngebied	Nieuwbouw en de directe omgeving
Omgeving	Gemodelleerd als eenvoudige volumes
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 500 m
Blokkeringsgraad	Maximaal 3 %
Gemodelleerd groen	Bomen en struiken: poreuze zone
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12 (rondom in stappen van 30 graden
Onderzochte configuraties	windhinder en gevaar voor nieuwbouw en huidige situatie
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: of2012 / of2112
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: hexcore mesh met prismalaag Nieuwbouw: 16.208.328 cellen Huidige: 15.095.426 cellen.
Turbulentiemodellering	SST k- ω
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1 Turbulente grootheden: limitedLinear 1 Scalaire variabelen: n.v.t.
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag, $z_0 = 1,6m$
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slipwanden
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand
Overige	No-slip, ruwe wand/gladde wand

Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 092529		Y: 438148	
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans % $p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	Beoordeling
Voor comfort				
Doorlopen	5,0	A,B,C	$p < 10$	Goed
Slenteren	5,0	A,B	$p < 5$	Goed
Zitten	5,0	A	$p < 2,5$	Goed
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	Windhinder contouren en klassenindeling, windgevaar gevulde contour			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	Geen			



Actiflow BV
Tramsingel 1
4814 AB Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl