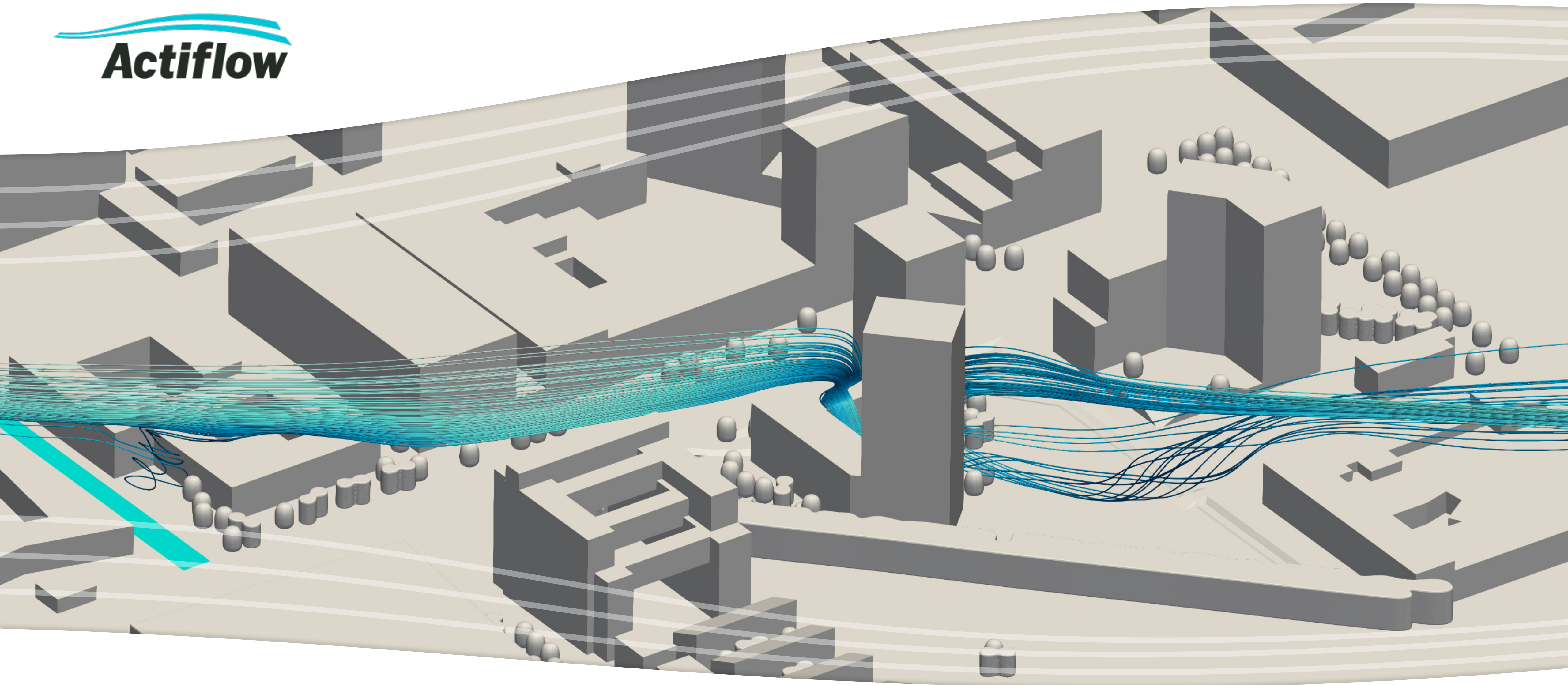




High Five te Utrecht

CFD-studie windhinder en windgevaar

Auteur(s): [REDACTED]

Controleur(s): [REDACTED]

Datum: 28/10/2020

AFR - 7948

Versie 1.2

©2020 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

 4.1 Windhinder - openbare buitenruimten

 4.2 Windgevaar - openbare buitenruimten

 4.3 Windklimaat - daken

5 Conclusies

A Inlegvel NEN 8100:2006

B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele wind-
 richtingen

1 Introductie

Het project 'High Five', betreft de ontwikkeling van nieuwbouw te Utrecht. Voorliggende rapportage omschrijft een windstudie, uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van Jebber BV in relatie tot de ontwikkeling van deze nieuwbouw.

De nieuwbouw is gelegen op het Utrecht Science Park (USP) aan de Cambridgegelaan te Utrecht. In de huidige situatie ligt het perceel braak (figuur 1.1). In de nieuwe situatie is een U-vormig gebouw met circa 900 huurwoningen en bijbehorende voorzieningen voorzien. Het gebouw heeft een gezamenlijke U-vormige plint met hierop twee hoogte-accenten van 70 m.

De toevoeging van dit gebouw heeft onmiskenbaar een invloed op het lokale windklimaat. Hierbij is het de vraag of het windklimaat na realisatie van de nieuwbouw acceptabel is. In onderliggende rapportage wordt een studie getoond die op deze vraag antwoord geeft.

De studie beschouwd drie situaties, namelijk (i) de bestaande situatie, (ii) de nieuwe situatie en (iii) de geoptimaliseerde situatie. In de nieuwe situatie is de nieuwbouw toegevoegd zonder aanvullende maatregelen, zoals vegetatie. In de geoptimaliseerde situatie zijn maatregelen zoals vegetatie en schermen opgenomen die specifiek bedoeld zijn om het windklimaat te verbeteren.

De vegetatie heeft met name een positief effect in de lente en zomer wanneer de bomen bladdragend zijn. Om dit effect correct mee te nemen is zowel de herfst/winter als de lente/zomer situatie beschouwd. Vervolgens is het gemiddelde bepaald om zo een correct beeld van het gehele jaar te verkrijgen.

[Actiflow](#) is gevraagd om voor de ontwikkeling van de nieuwbouw 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'.

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:
Impressie van de
de bestaande situatie
(bron: GoogleMaps)

2 Normstelling

De normstelling betreffende het windklimaat in de openbare ruimte vindt haar oorsprong in 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 '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 vindt plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak.

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 buitenruimtes is zwaardere normstelling nodig 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

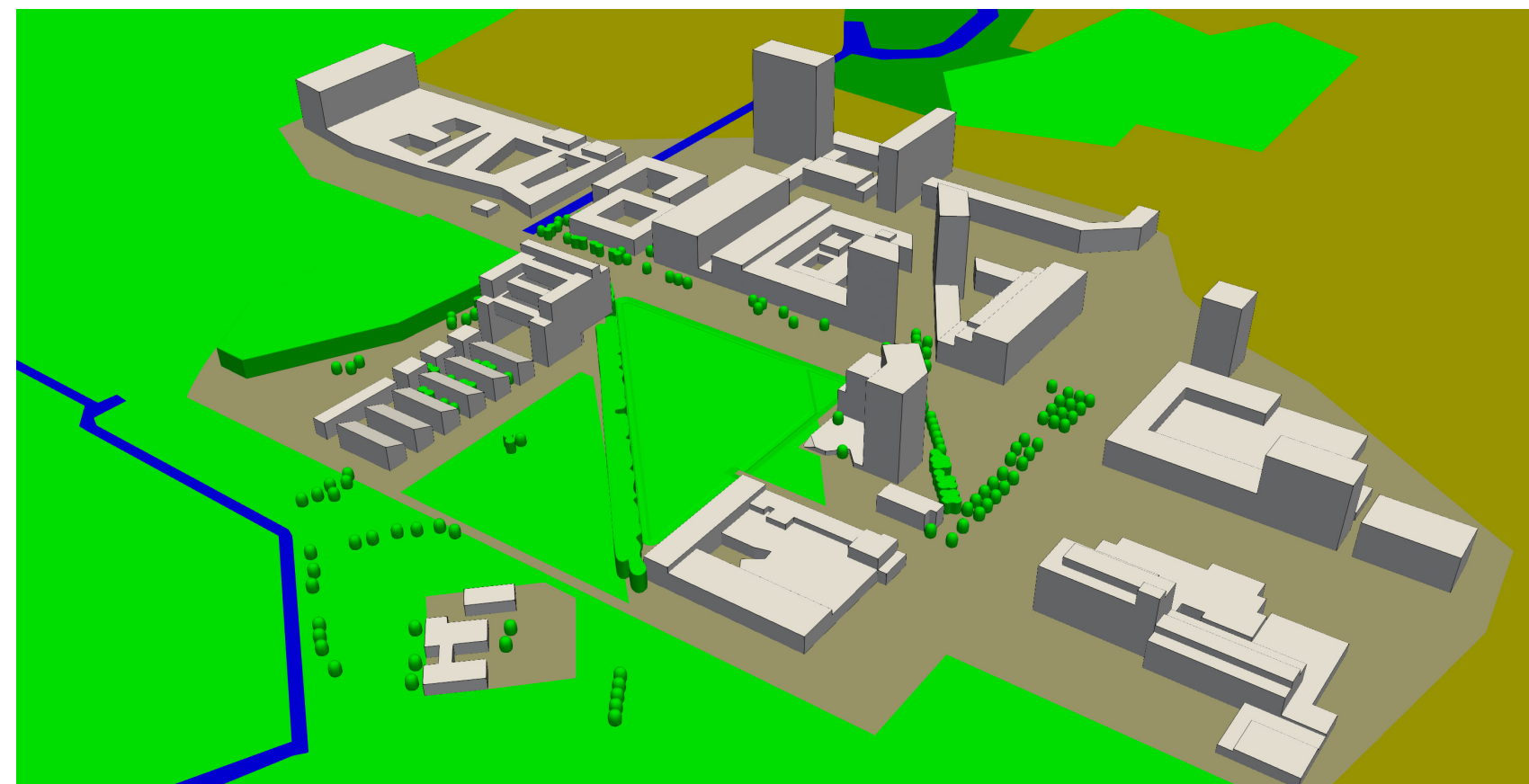
Voor een overzicht van de instellingen bij de berekening wordt verwezen naar het inlegvel uit de NEN 8100:2006, welke is toegevoegd in bijlage A.

3.1 Software

De berekening is uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v1912, 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 gebruik makend van het $k-\omega$ SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever. Het 3D-model is weergegeven in figuren 3.1 en 3.2. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 meter.



Figuur 3.1:
Impressie van het model

(a)
De bestaande situatie



(b)
De nieuwe situatie



(c)
De geoptimaliseerde situatie

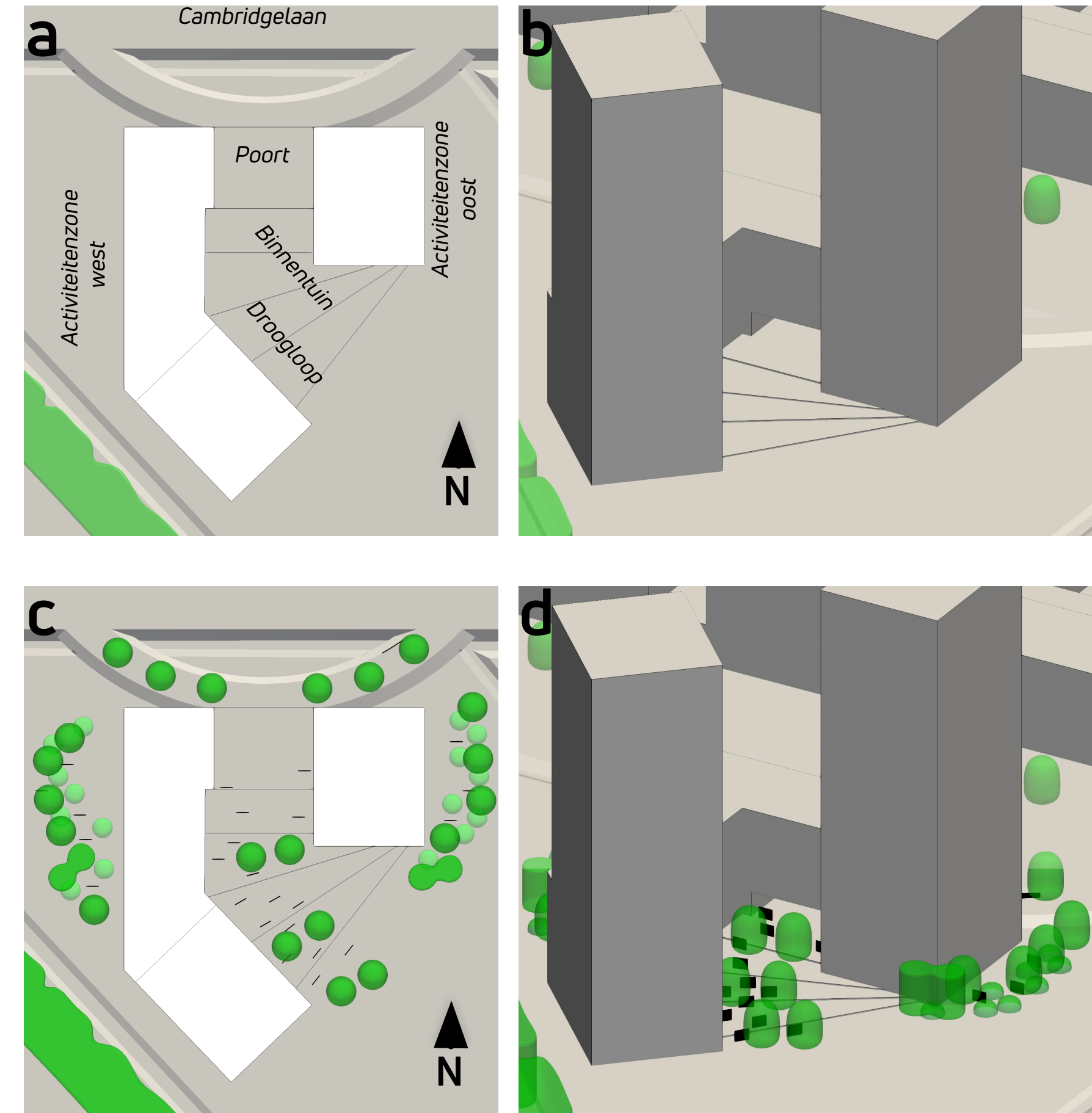
De geoptimaliseerde situatie kent de toevoeging van enkele elementen ten-einde het windklimaat te mitigeren tot een acceptabel niveau. Dit omvat de toevoeging van:

1. Struiken aan de activiteitszone west en oost;
2. Bomen aan de activiteitszone west en oost, de droogloop, de binnentuin en nabij de hoofdingang aan de Cambridgelaan;
3. Schermen aan de activiteitszone west en oost, de droogloop, de binnentuin en de Poort.

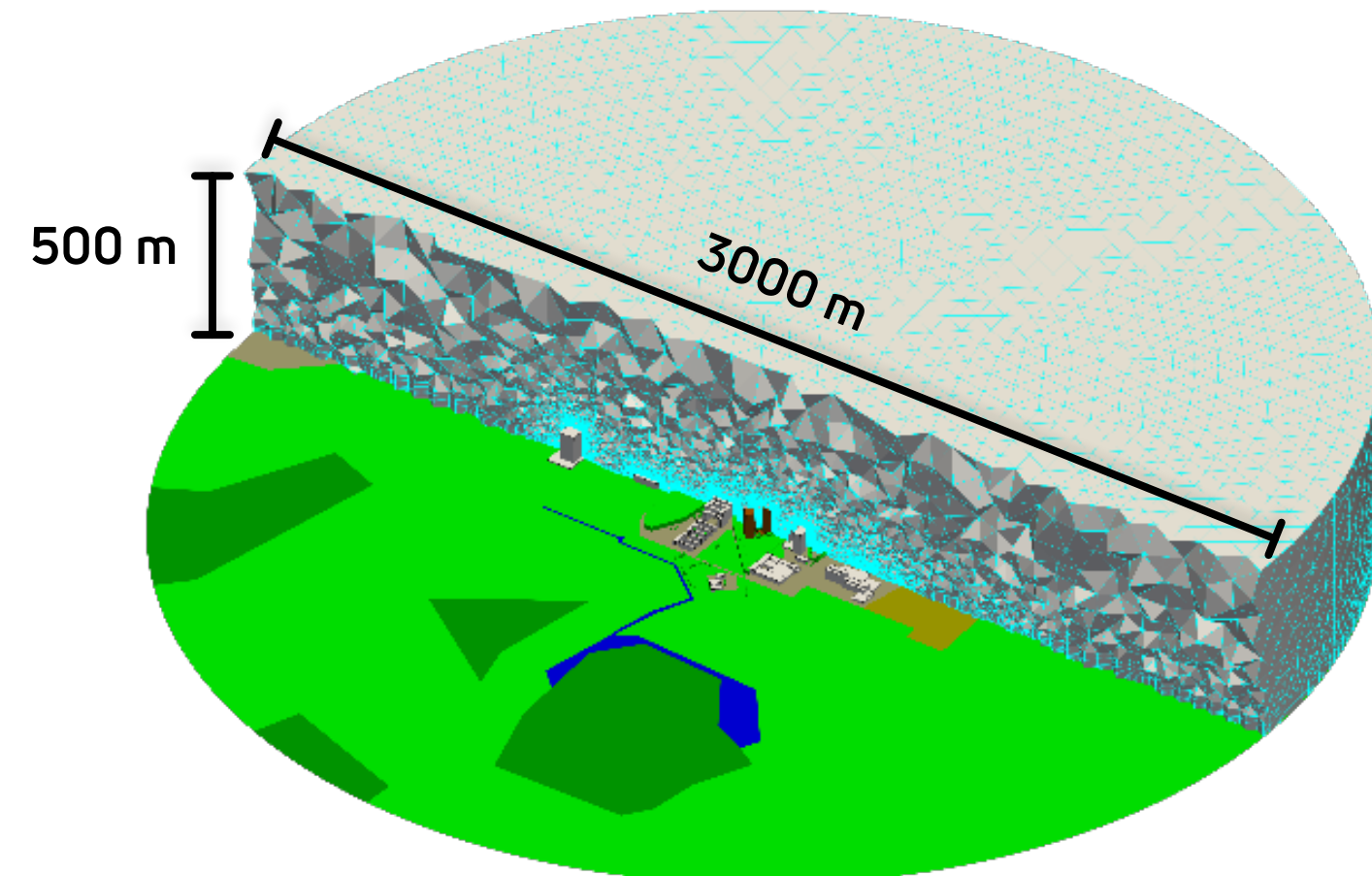
Figuur 3.2 geeft een gedetailleerd beeld van deze maatregelen.

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. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor de te bestuderen situatie. Dit rooster bestaat uit 23 826 876 voor de bestaande situatie, uit 26 945 953 cellen voor de nieuwe situatie en uit 29 182 677 cellen voor de geoptimaliseerde situatie. In figuur 3.3 is een weergave van dit rekenrooster te zien (geoptimaliseerde 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.

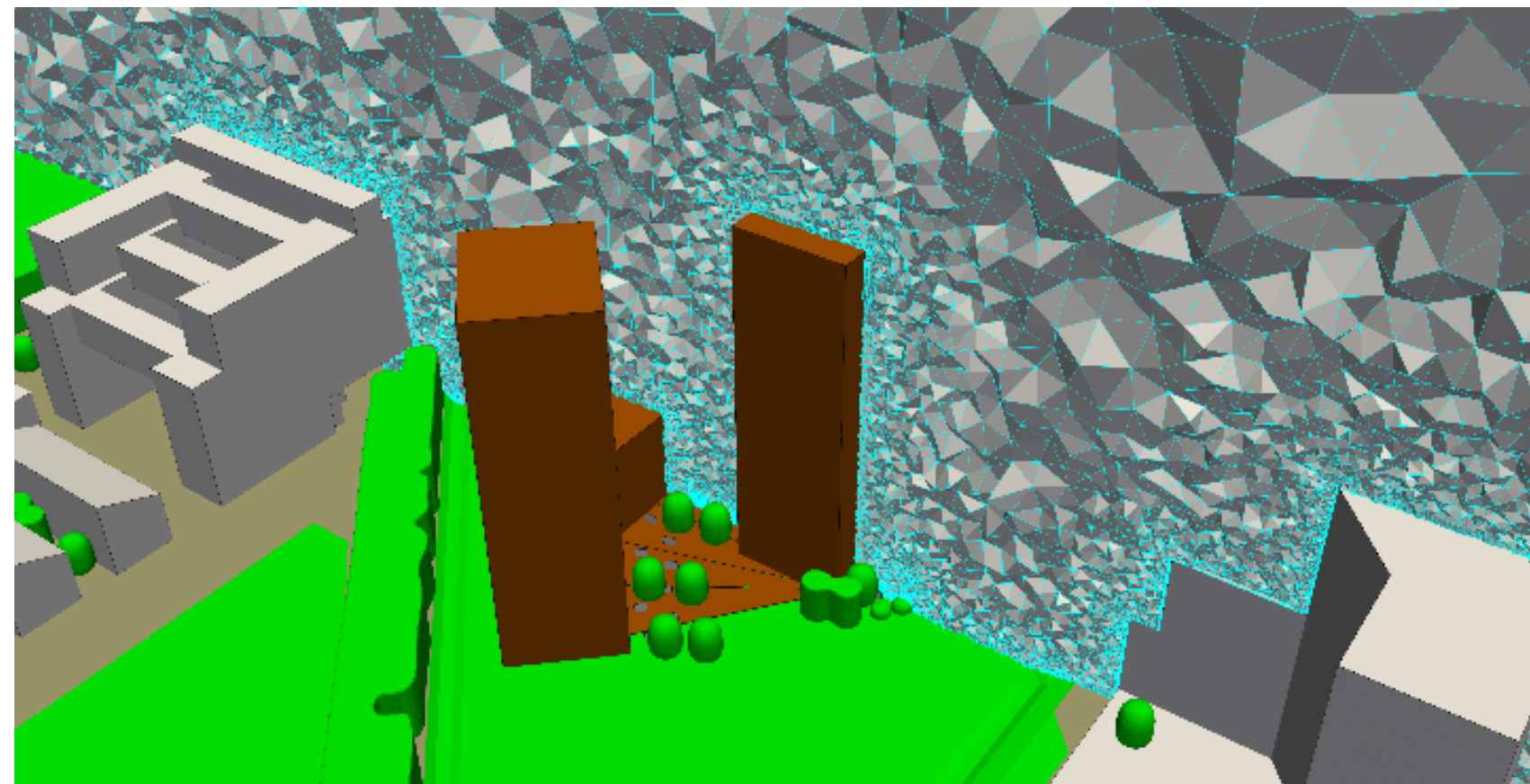


Figuur 3.2:
Gedetailleerde weergave van (a,b) de nieuwe situatie en (c,d) de geoptimaliseerde situatie



Figuur 3.3:
Impressie rekengrid
De geoptimaliseerde
situatie

(a)
Doorsnede van het
rekengrid



(b)
Doorsnede over het
rekengrid (close-up)

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 (z_{ground}), en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat $\kappa = 0,41$.

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).

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

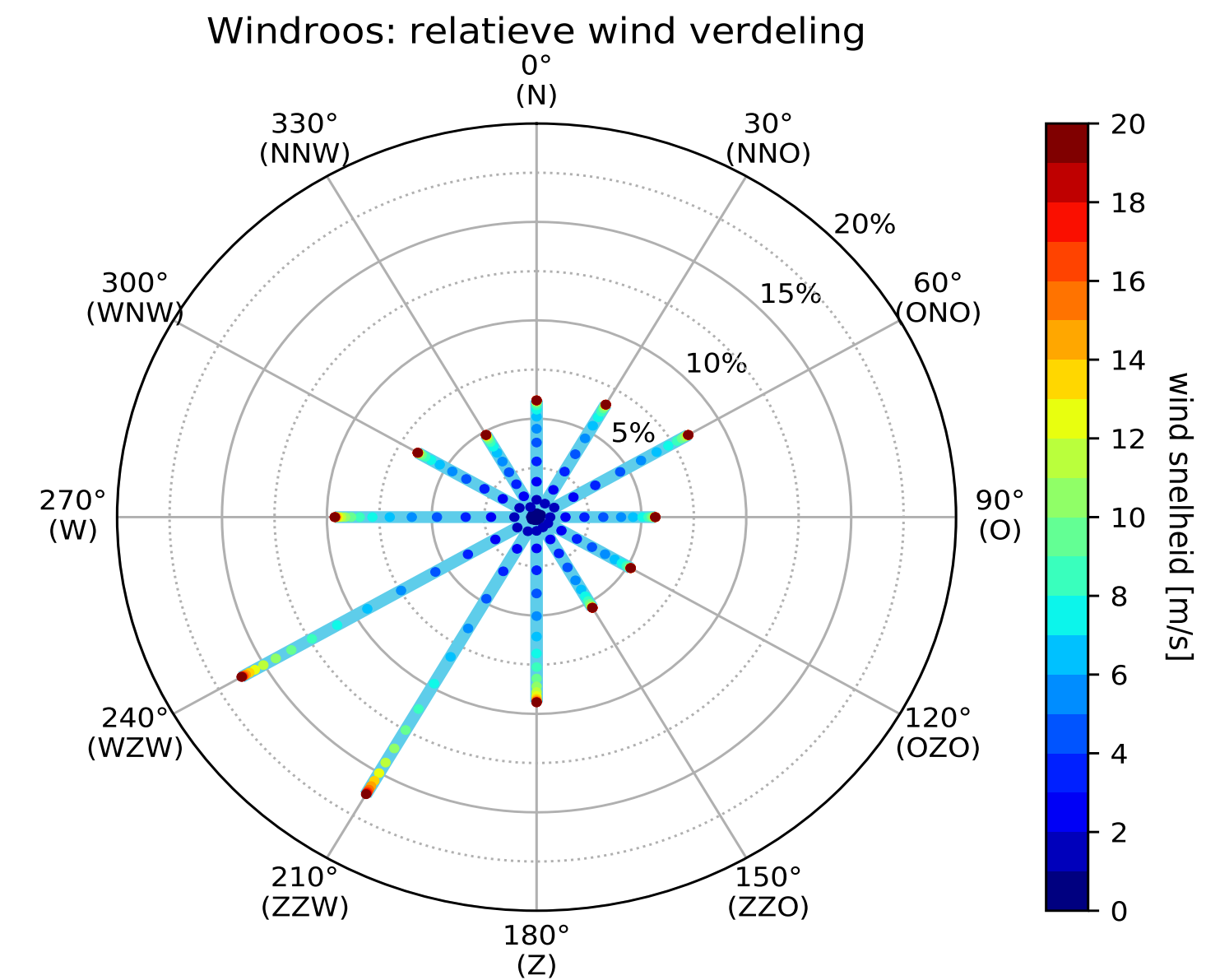
$$U^*(z_0, U_{ref}, z_{ref}) = \frac{\kappa \cdot U_{ref}}{\ln\left(\frac{z_{ref} - z_{ground} + z_0}{z_0}\right)} \quad (3.2)$$

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

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

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 3.4.



Figuur 3.4: 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 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 van de openbare buitenruimte. Onderstaand wordt dit windklimaat nader beschreven.

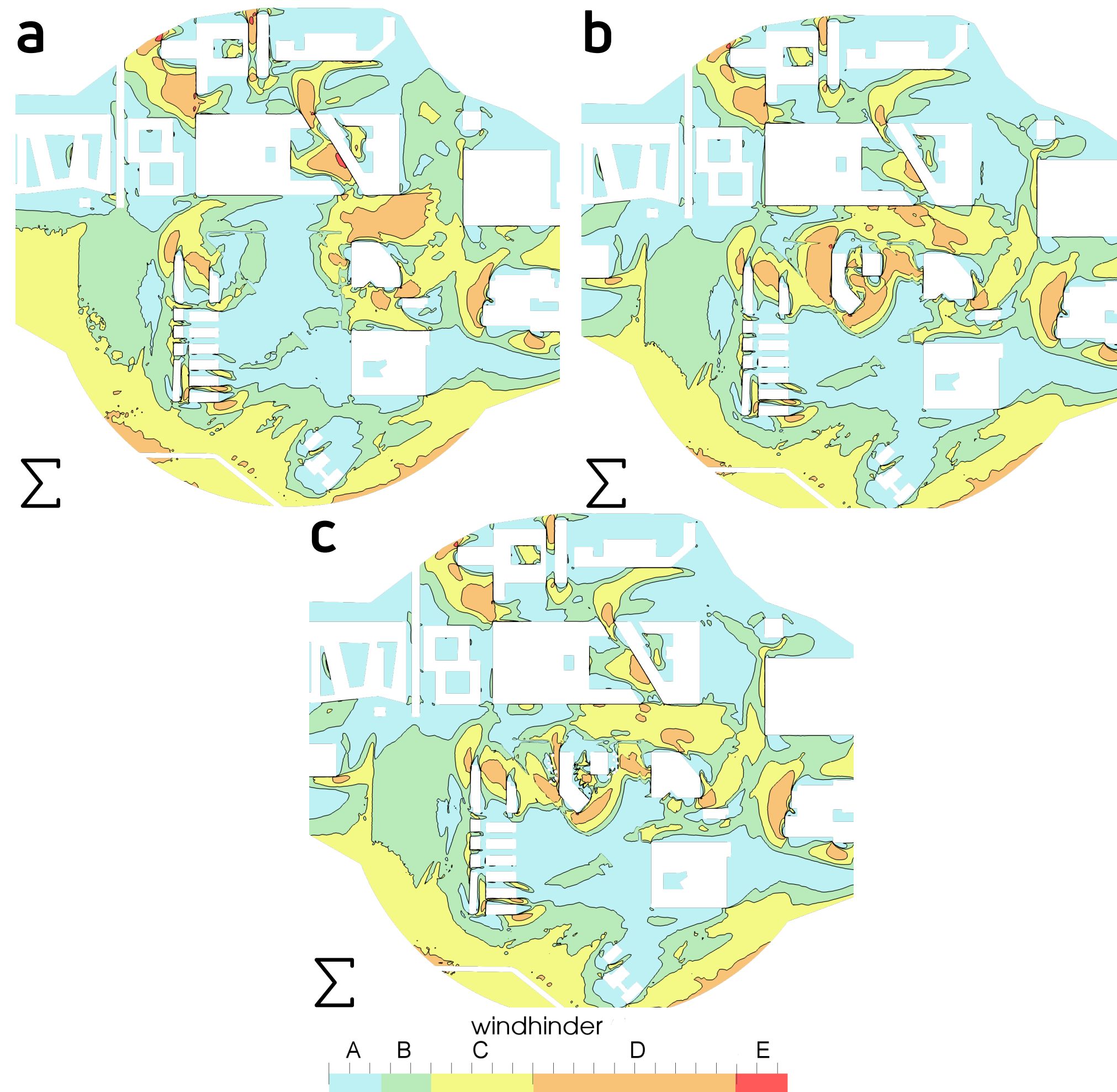
Hierbij gelden op basis van de normstelling de volgende richtwaarden:

- 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 of B behaald te worden. Klasse C biedt een matig niveau. Klassen 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.

4.1 Windhinder - openbare buitenruimten

Windklimaat in de bestaande situatie

Het windklimaat in de ruime omgeving kenmerkt zich in de bestaande situatie door enkele grote zones die als windrijk zijn aan te merken met windhinderklasse D en beperkt E. Dit geldt ook voor de gebouwen aan de west- en oostzijde van High Five. Het nu braakliggende perceel van High Five en het deel van de Cambridgelaan ten noorden hiervan is windluw met windhinderklassen A en B.

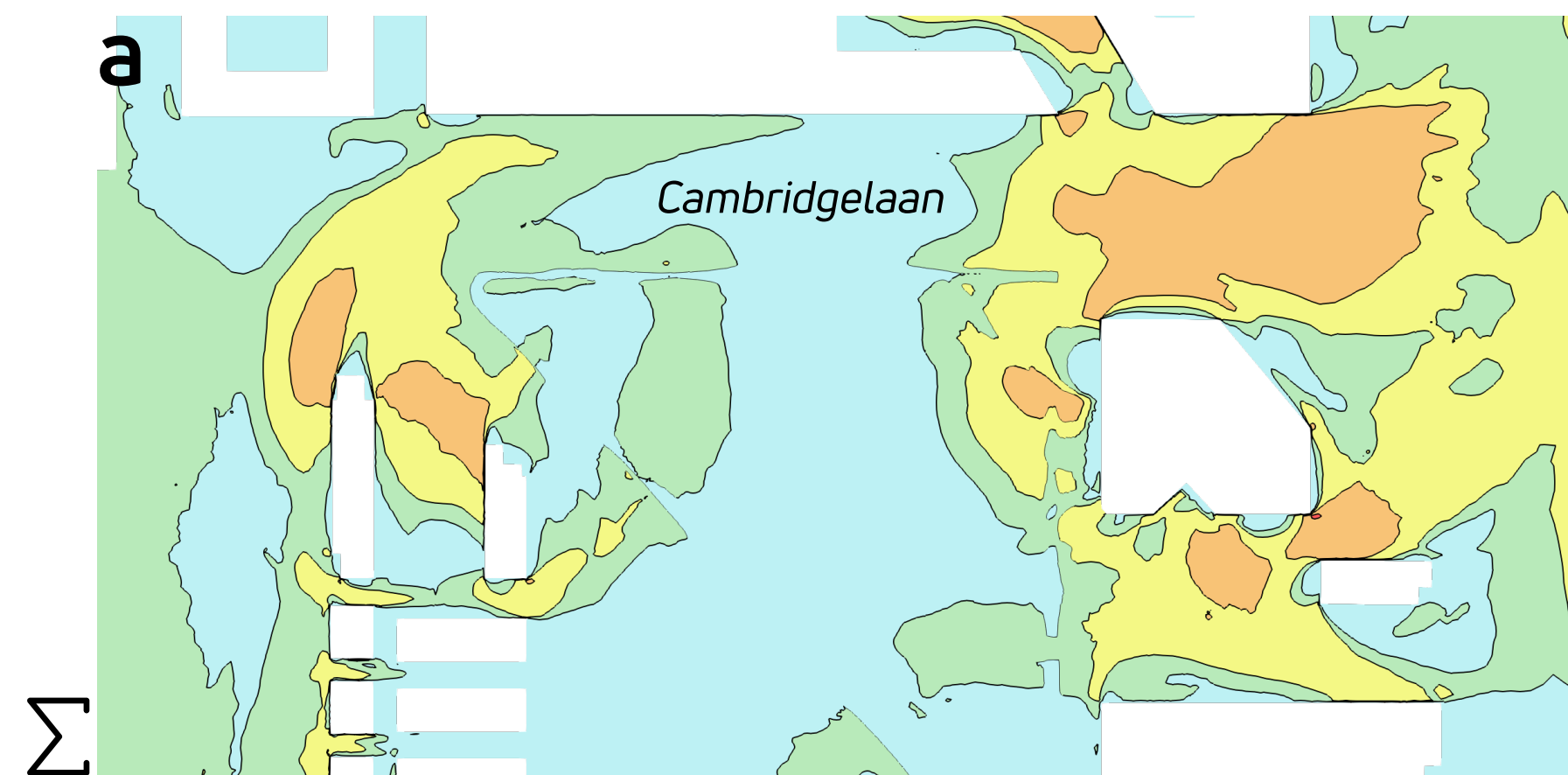


Figuur 4.1:
Windhinder op voetgangersniveau (gemiddelde over het jaar)
Overzicht -
(a) De bestaande situatie
(b) de nieuwe situatie
(c) de geoptimaliseerde situatie

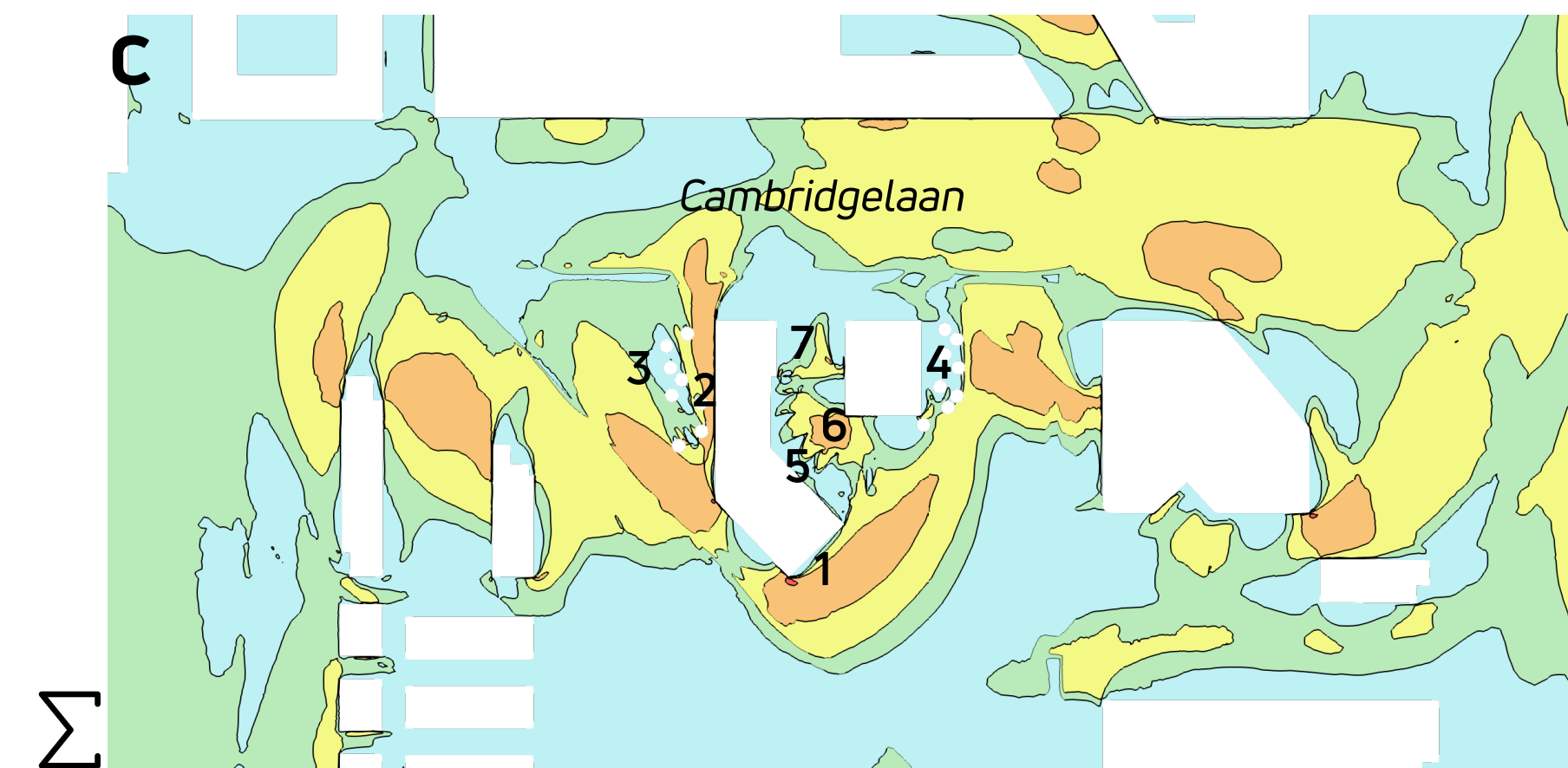
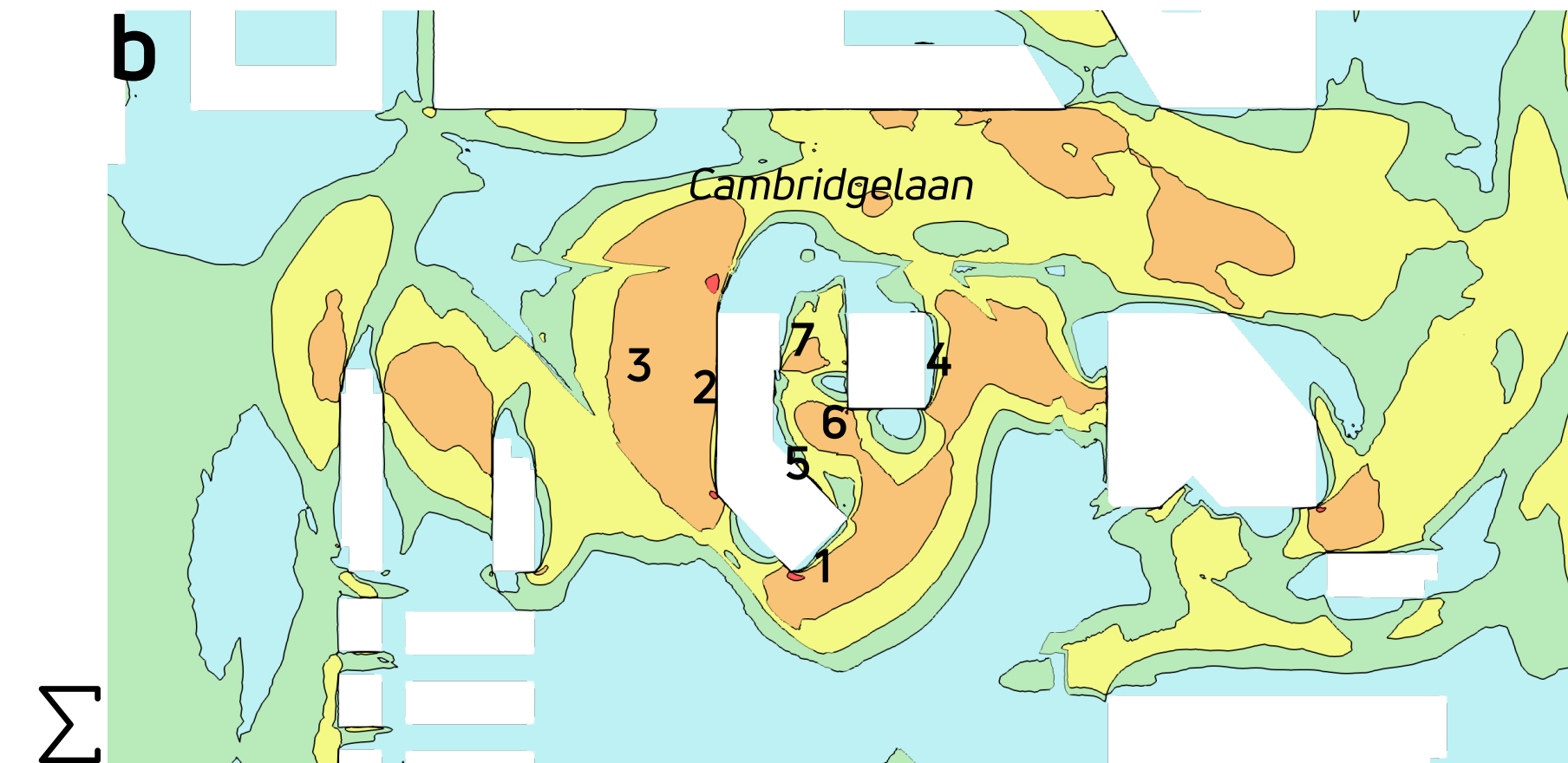
Windklimaat in de nieuwe situatie

In de nieuwe situatie blokkeert de nieuwbouw van High Five de stroming van wind richting de oostelijk gelegen bestaande bouw. Hierdoor ontstaat een sterke reductie van windhinderklassen C en D. Dit effect is ook aanwezig aan de oostzijde van de Cambridgelaan.

Nabij High Five ontstaat een gevarieerd tot windrijk klimaat met windhinderklassen A, B, C, D en nabij de zuid- en noordwesthoek ook windhinderklassen E. De relatief open omgeving ten zuiden en westen van de nieuwbouw in combinatie met de hoogte van de nieuwbouw leidt tot versnelling van wind nabij punten 1 t/m 4 in figuur 4.2b. Zogenaamde downwash en hoekstroming leidt hier tot het ontstaan van zones met de hogere windhinderklassen D en E. In dit geval komt de wind op enige hoogte tegen de gevel en wordt naar beneden gestuwd (downwash). Nabij de hoek van het gebouw ervaart het een groot drukverschil, waardoor het rond de hoek versneld (hoekstromeffect).



Figuur 4.2:
Windhinder op voetgangersniveau (gemiddelde over het jaar)
Close-up -
(a) De bestaande situatie
(b) de nieuwe situatie
(c) de geoptimaliseerde situatie

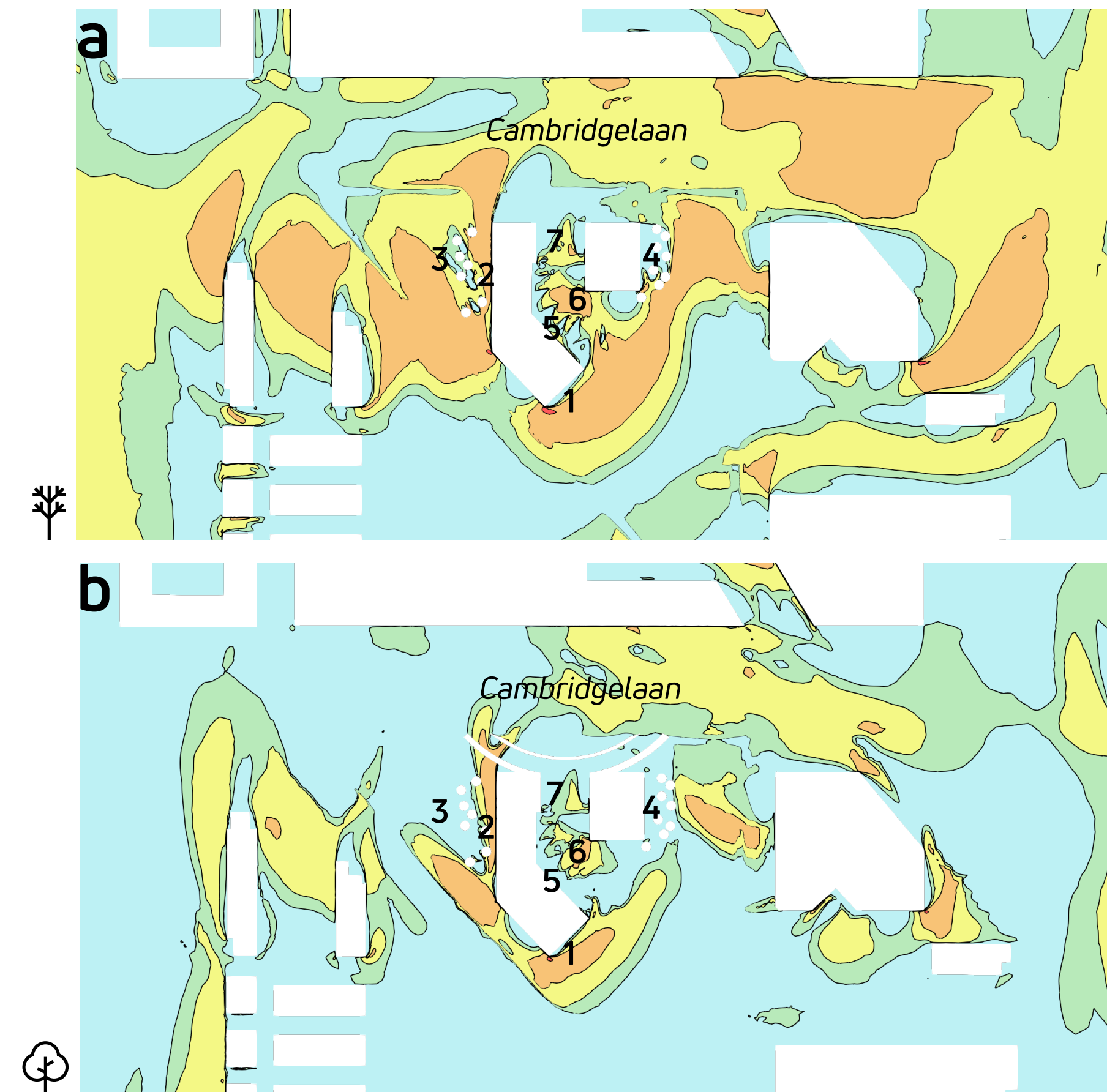


Windklimaat in de geoptimaliseerde situatie

In de geoptimaliseerde situatie is in samenwerking tussen de windhinderdeskundige en de architect gezocht naar mogelijkheden om in specifieke gebieden het windklimaat te verbeteren. Hiervoor zijn vegetatie en schermen toegevoegd. Het resulterende windklimaat laat nabij het oostelijk gelegen bestaande gebouw en op de oostzijde van de Cambridgelaan een verdere reductie zien van windhinderklassen C en D.

Nabij High Five is extra aandacht gegeven aan:

- De hoofdingang aan de Cambridgelaan
De gevels van High Five gelegen aan de Cambridgelaan ondervinden windhinderklasse A en zijn hierdoor geschikt voor alle functies en de entreefunctie in het bijzonder.
- De Poort
De Poort (punt 7 in figuur 4.2 en 4.3) ondervindt maximaal windhinderklasse C in de geoptimaliseerde situatie en met name A en B in de looproute. Dit was C en D zonder maatregelen. In de geoptimaliseerde situatie is het windklimaat geschikt voor slenteren en doorlopen.
- De droogloop
De droogloop (punt 5 in figuur 4.2 en 4.3) kent in de nieuwe situatie windhinderklasse C en is door de genomen maatregelen geoptimaliseerd tot windhinderklasse A. Deze zone is hierdoor geschikt voor alle functies.
- Activiteitenzone west
Activiteitenzone west (punt 2 en 3 in figuur 4.2 en 4.3) kent met name gebruik in de zomerperiode. Hier is in die periode (figuur 4.3b) een gevarieerd windklimaat aanwezig met windhinderklasse D nabij de gevel en voornamelijk A op enige afstand hiervan. Aanbevolen wordt aanvullende maatregelen te nemen om de wind van de gevel weg te houden.
- Activiteitenzone oost
Ook deze zone (punt 4 in figuur 4.2 en 4.3) kent met name gebruik in de zomerperiode. Hier is vrijwel uitsluitend windhinderklasse A aanwezig (figuur 4.3b), waardoor het geschikt is voor langdurig comfortabel gebruik.



Figuur 4.3:
Windhinder op voetgangersniveau
Close-up -
De geoptimaliseerde situatie

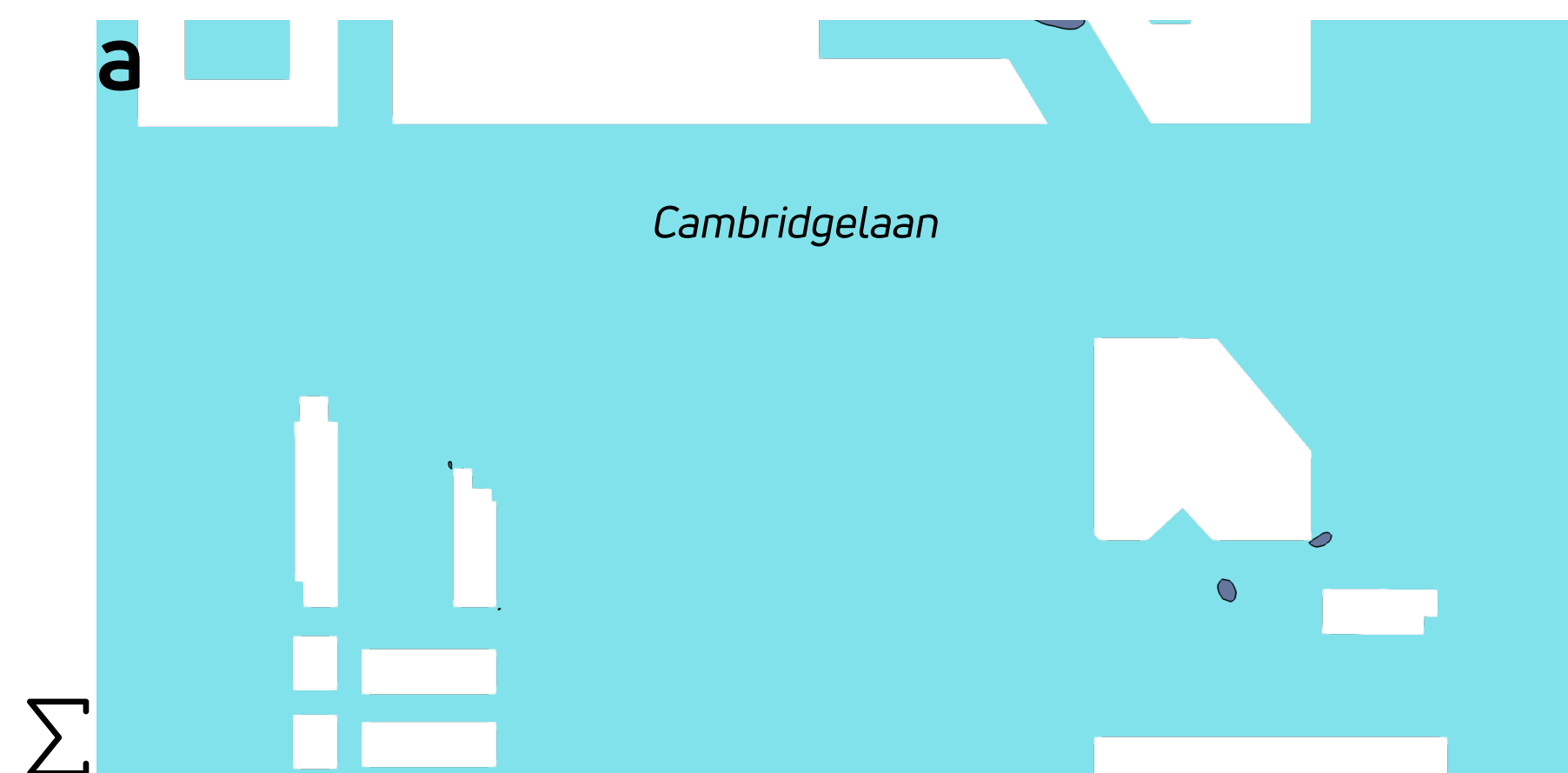
(a)
De herfst/winter situatie

(b)
De lente/zomer situatie

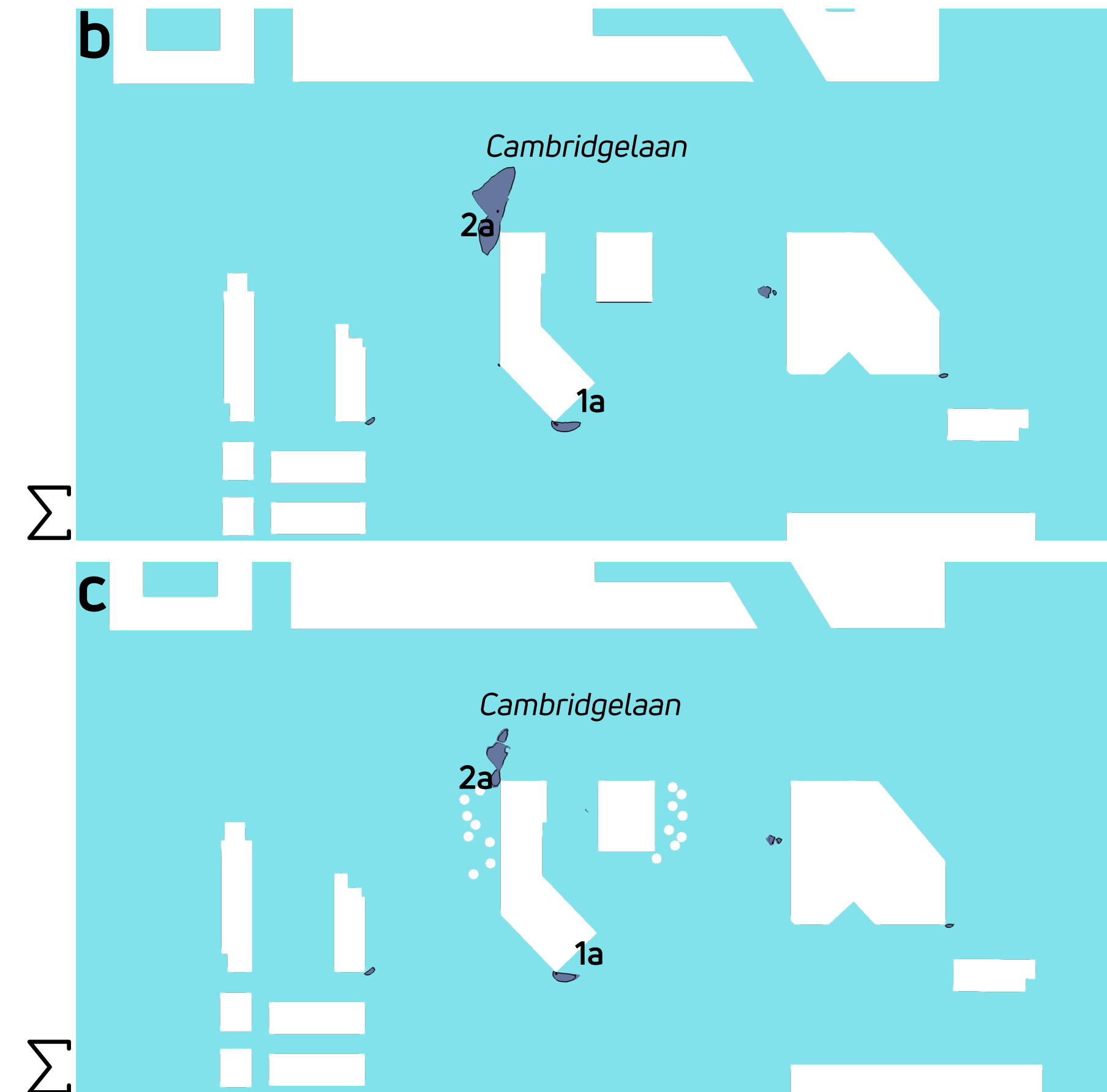
- De binnentuin
Deze zone (punt 6 in figuur 4.2 en 4.3) kent het gebruik als parkachtige zone en zal dan ook met name in de zomerperiode eisen aan het windklimaat stellen. Hier is het windklimaat gevarieerd met windhinderklassen A t/m D (figuur 4.3b). Aanbevolen wordt om het gebruik van deze ruimte (looppaden, zitgelegenheid) af te stemmen op het hier getoonde windklimaat.
- De daken (nader toegelicht in paragraaf 4.3)

4.2 Windgevaar - openbare buitenruimten

In figuur 4.4 wordt de windgevaar analyse gepresenteerd. Nabij High Five zijn er twee kleine zones aanwezig met een beperkt risico op windgevaar (locaties 1a en 2a). Dit is sterk gereduceerd in de geoptimaliseerde situatie (figuur 4.4c) en is in relatie tot het gebruik van de ruimte, de omvang van de zone en de aard van het risico acceptabel.

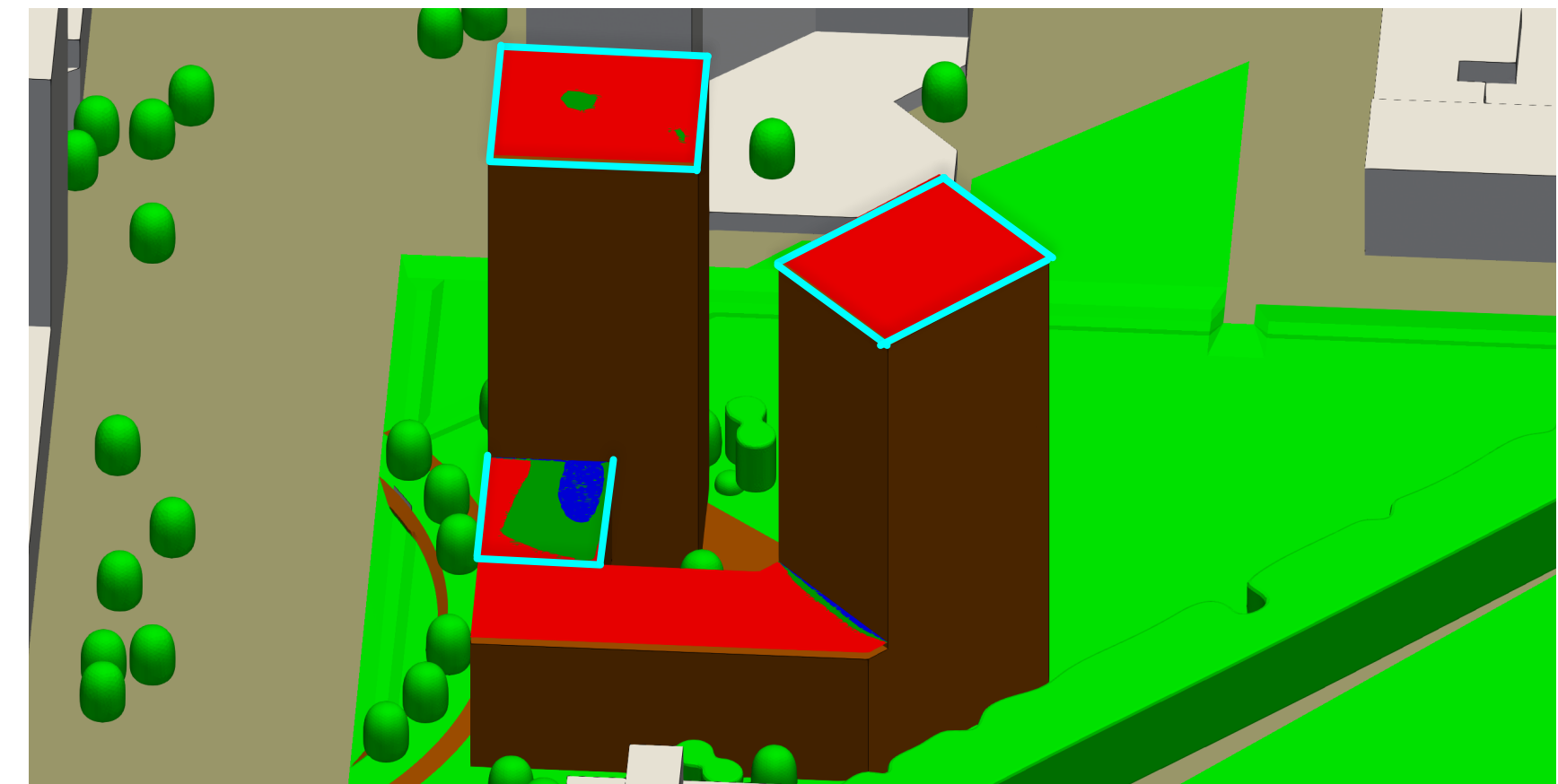


Figuur 4.4:
Windgevaar op voetgangersniveau (gemiddelde over het jaar)
Close-up -
(a) De bestaande situatie
(b) de nieuwe situatie
(c) de geoptimaliseerde situatie



4.3 Windklimaat - daken

In figuur 4.5 wordt het windklimaat op het dakterras (5e verdieping) en bovenste verdiepingen van de torens van High Five getoond. De resultaten laten zien dat het merendeel van deze ruimten zonder maatregelen niet geschikt zijn voor comfortabel gebruik. Op de 5e verdieping is een zone aanwezig die ten dele gebruikt kan worden voor comfortabel gebruik. Deze zone zou extra afgeschermd kunnen worden met verticale schermen (~ 2-3 m hoog) en struiken (~ 2 m hoog) op de getoonde lijnen in cyaan (figuur 4.5). De daken van de torens kunnen op een gelijkaardige manier worden afgeschermd met schermen van ca. 3 m hoog, waarbij aanvullende invulling van het dak met vegetatie en horizontale afscherming benodigd is.



Figuur 4.5:
Windcomfort op het dak

-  Zone op de private buitenruimte voor plaatsing tafels en stoelen
-  Zone op de private buiten geschikt voor kortdurend zitten/staan
-  Zone niet geschikt voor gebruik als private buitenruimte

5 Conclusies

Dit rapport presenteert een onderzoek naar het windklimaat rondom het nieuwbouwproject High Five te Utrecht. Het onderzoek is uitgevoerd door [Actiflow](#).

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. In totaal zijn 72 simulaties uitgevoerd voor 12 corresponderende windrichtingen in 3 situaties, te weten:

- Bestaande situatie;
- Nieuwe situatie: bestaande situatie inclusief de nieuwbouw;
- Geoptimaliseerde situatie: nieuwe situatie met maatregelen, zoals vegetatie en schermen.

De studie leidt tot de volgende conclusies:

- In de bestaande situatie kennen de omliggende bestaande gebouwen een windrijk klimaat.
- De toevoeging van High Five zorgt voor afscherming vanuit wind vanuit het zuidoosten, waardoor het windklimaat nabij het oostelijk gelegen bestaande gebouw en op de Cambridgelaan aanzienlijk beter wordt. Op de rest van de omgeving is de invloed van High Five beperkt, doch overwegend positief.
- Door toevoeging van maatregelen, zoals vegetatie en schermen is het windklimaat nabij High Five in de belangrijke zones aanzienlijk verbeterd. Hierbij wordt er vrijwel overal een acceptabel niveau bereikt.
- Aandachtspunt is de westgevel nabij activiteitenzone west. Hier is windhinderklasse D aanwezig. Aanbevolen wordt om hier meer vegetatie en of schermen tot aan de gevel aan te brengen.

A Inlegvel NEN 8100:2006

NEN 8100:2005

Technisch inlegvel numerieke simulatie

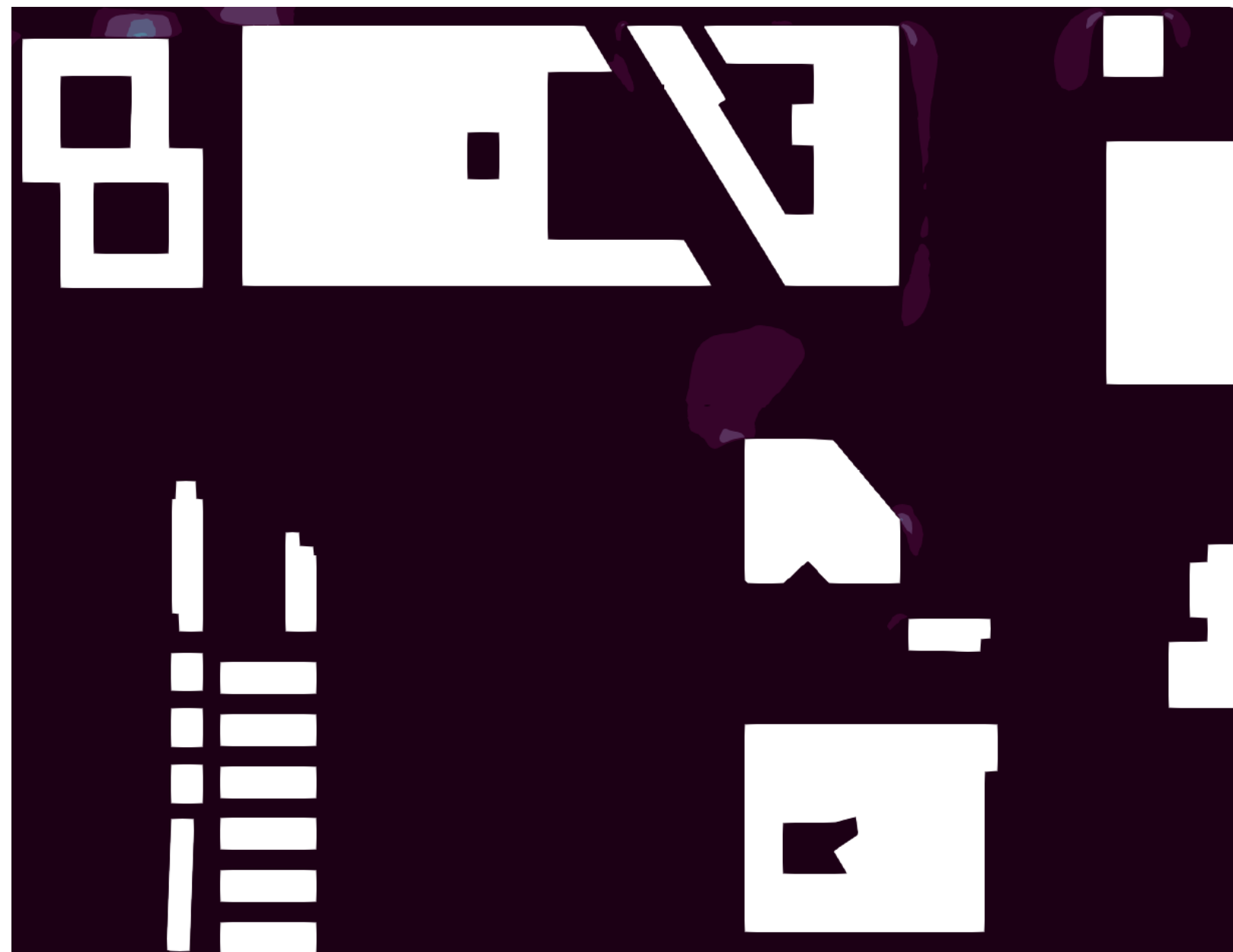
Project	Projectgegevens
Projectnaam	High Five te Utrecht
Opdrachtgever	Jebber BV
Projectleider	
Datum	28-10-20
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen (minimaal) 300 m rond kerngebied
Kerngebied	Nieuwe gebouwen
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied
Afmetingen model	Rond met straal 1500 m en hoogte 500 m
Blokkeringsgraad	maximaal 3%
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12
Onderzochte configuraties	Windhinder, windgevaar en windcomfort
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ FEM (eindige elementen methode) ☐ anders Programmatuur: OpenFOAM Versie: v1912
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars Overige:
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag Bestaande situatie: 23 826 876 cellen; Toekomstige situatie v1: 26 945 953 cellen; Toekomstige situatie v2: 29 182 677 cellen;
Turbulentiemodellering	k-omega-SST
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1 Turbulente grootheden: limitedLinear 1 Scalaire variabelen: n.v.t.

Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag
Uitlaat	Druk-uitlaat
Boven-/Zijwanden	Slip-wanden
Vloer/bodem	No-slip, lokale ruwheid
Overige	No-slip, lokale ruwheid
Gegevensverwerking en -beoordeling	informatie voor locatie en berekening windklimaat
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: 140344 Y: 454854
Gepresenteerde resultaten	Windhinder en windgevaar op openbare buitenruimte en windcomfort op private buitenruimte
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	

B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

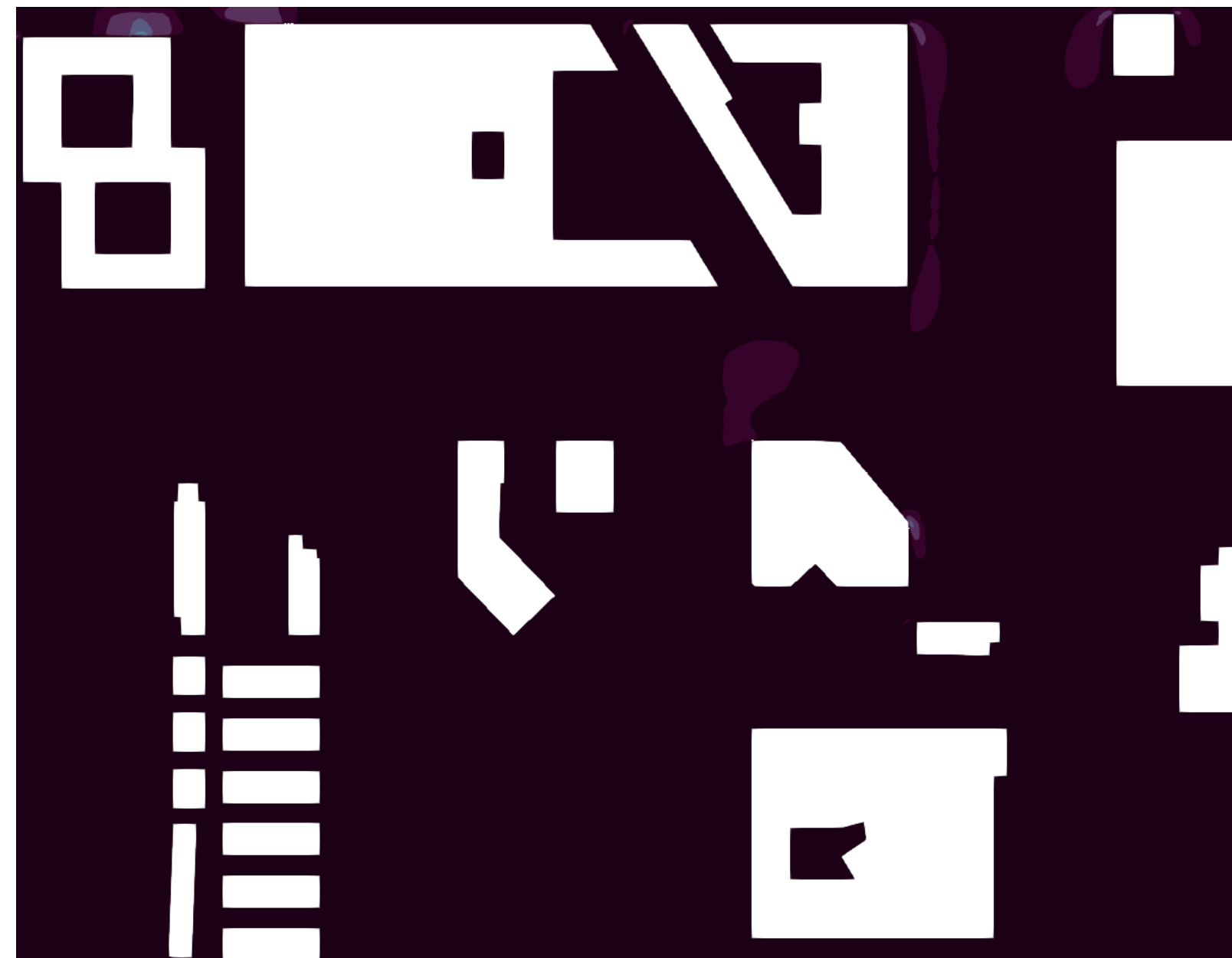
Bestaande bebouwing

Wind



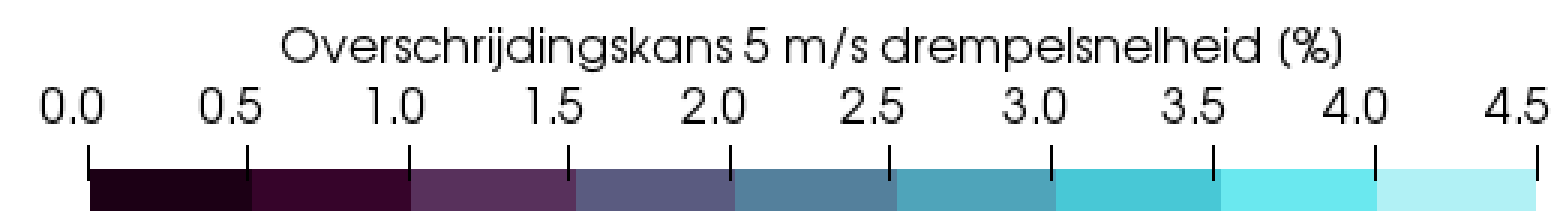
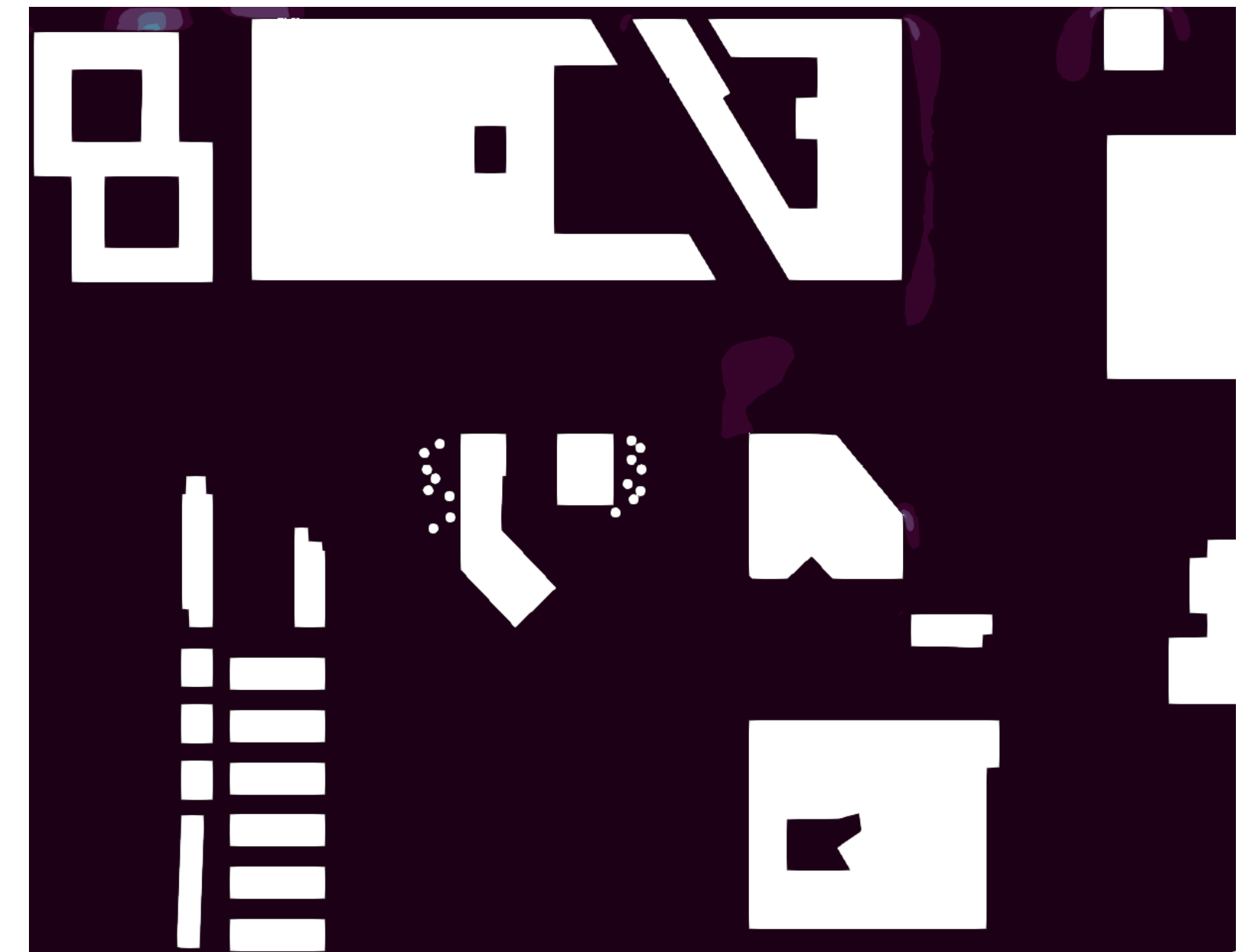
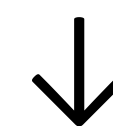
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



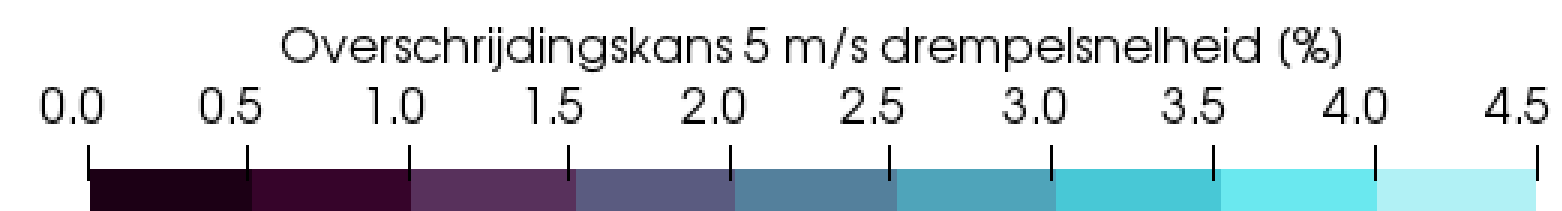
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



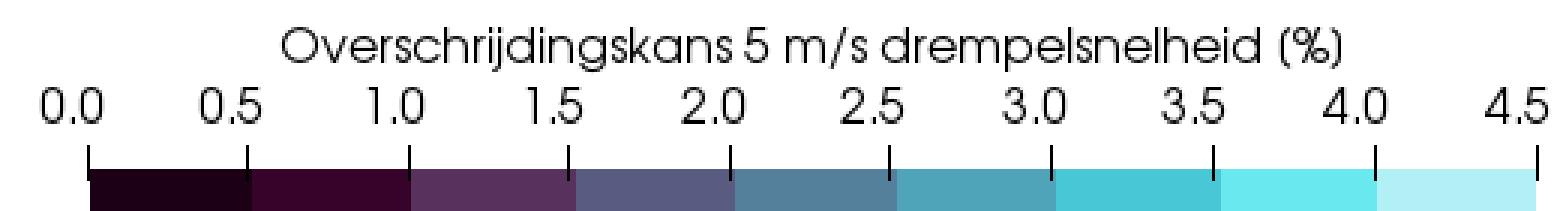
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

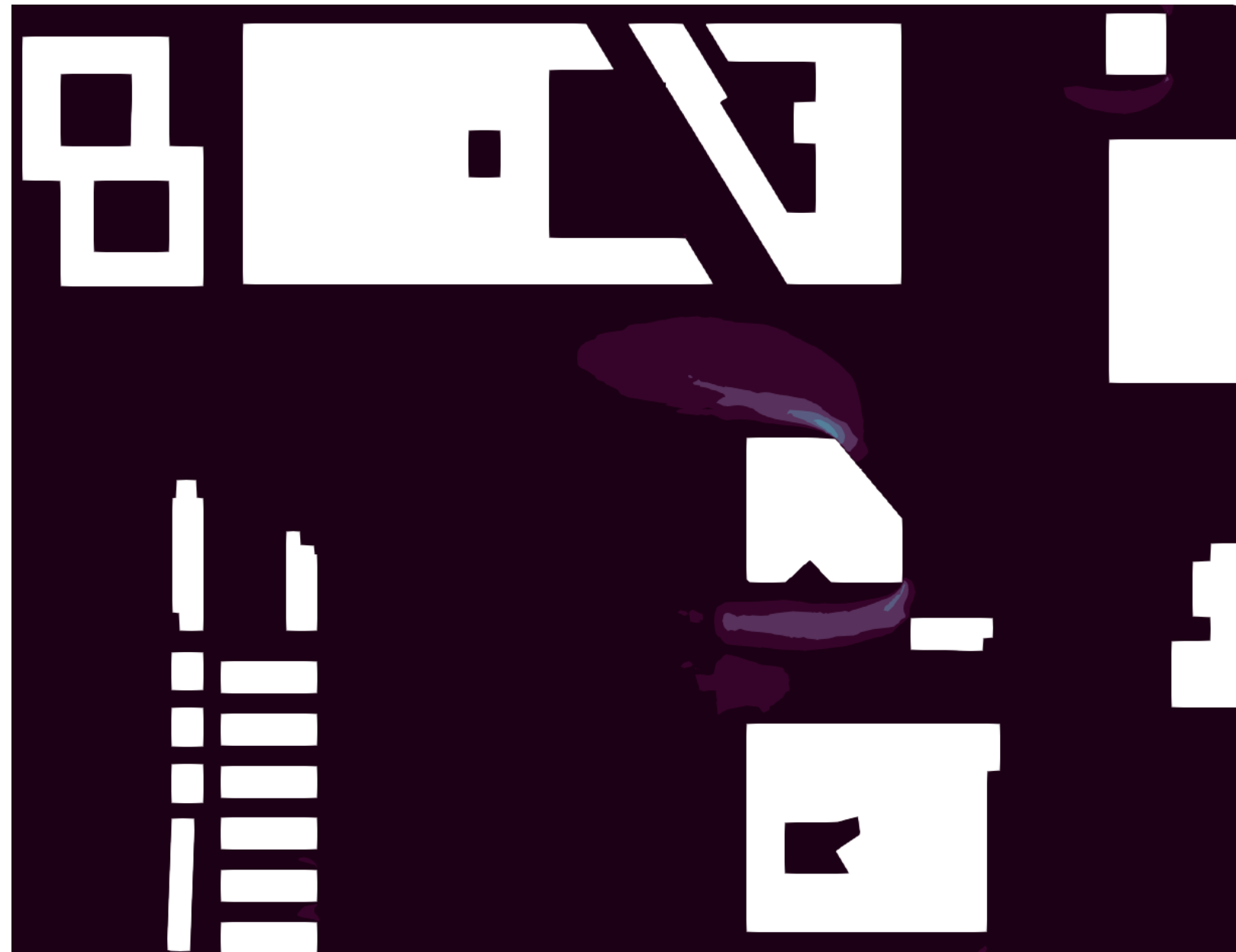
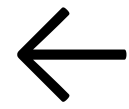
Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

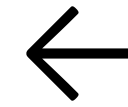
Bestaande bebouwing

Wind



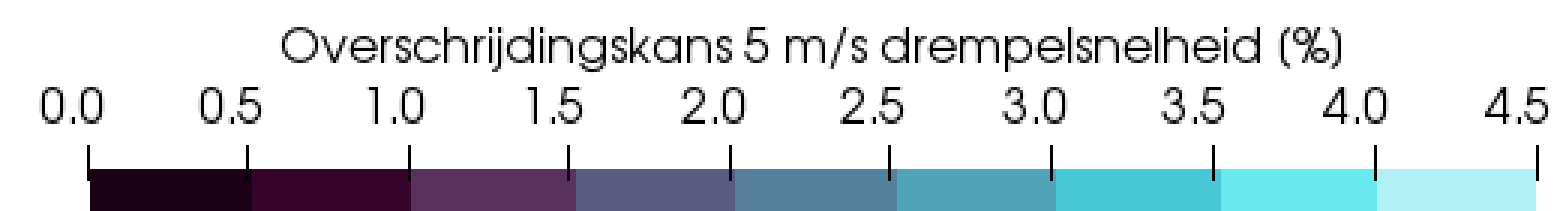
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

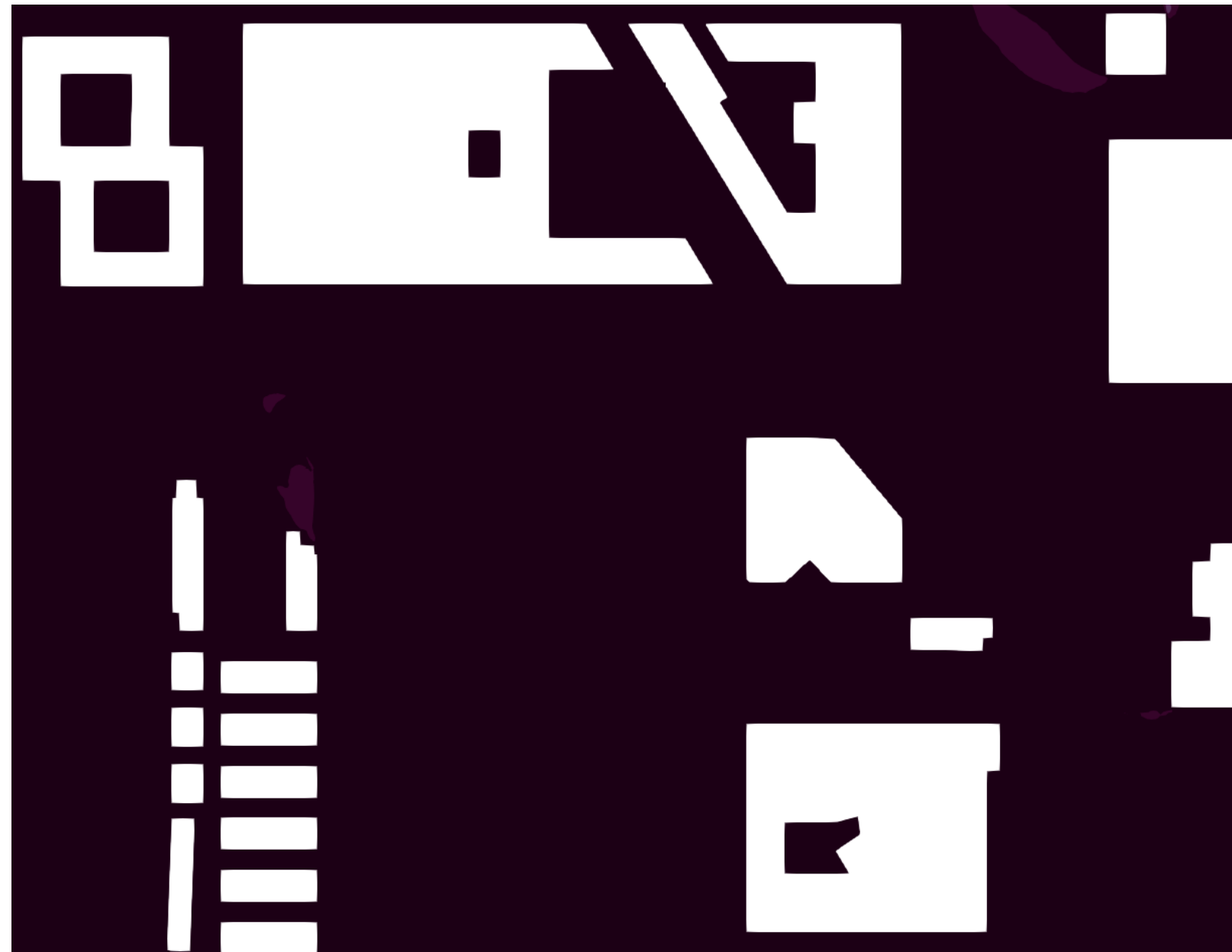
Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



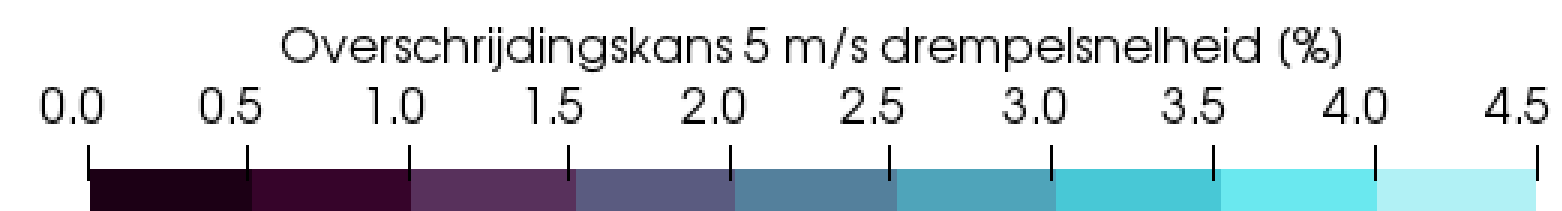
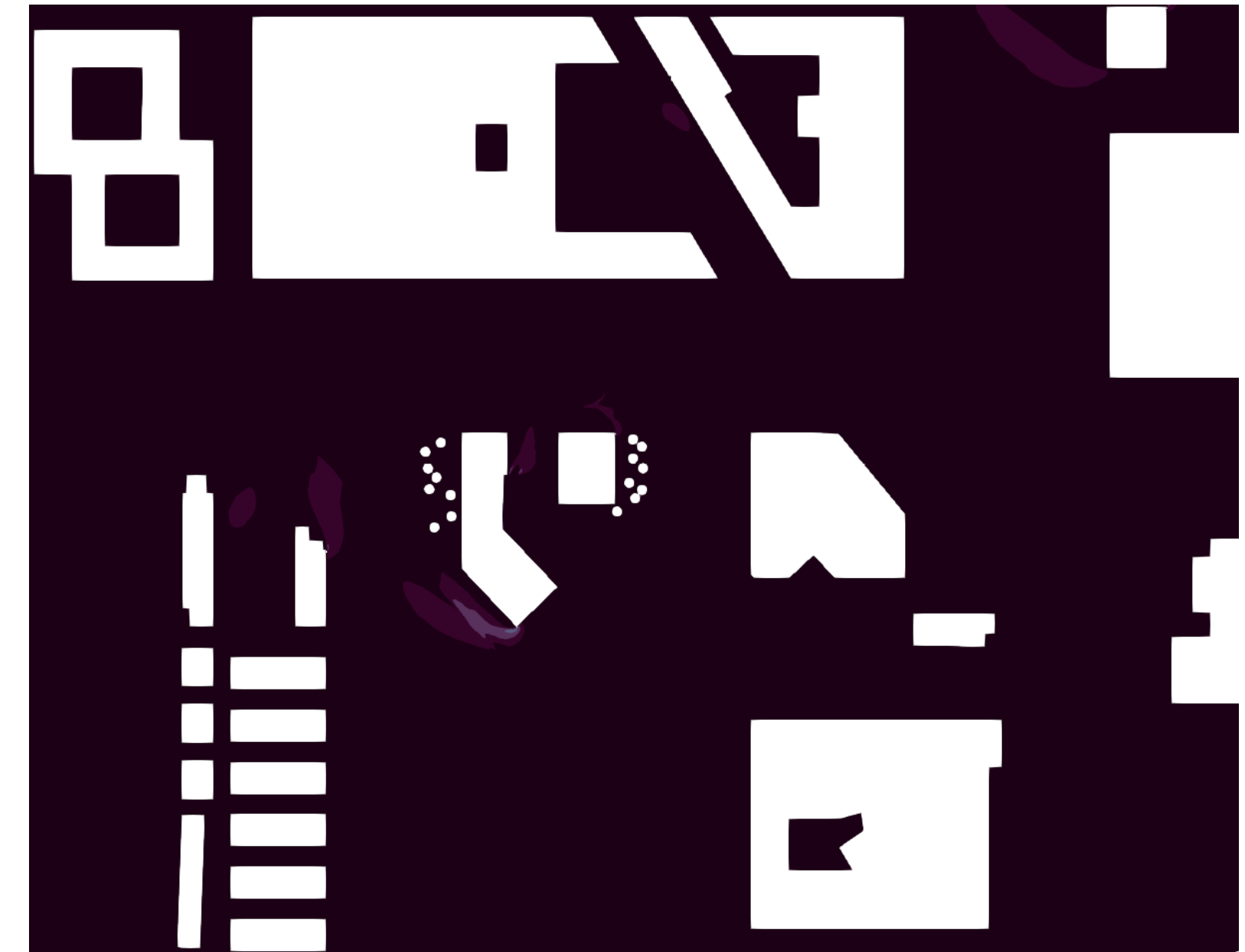
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



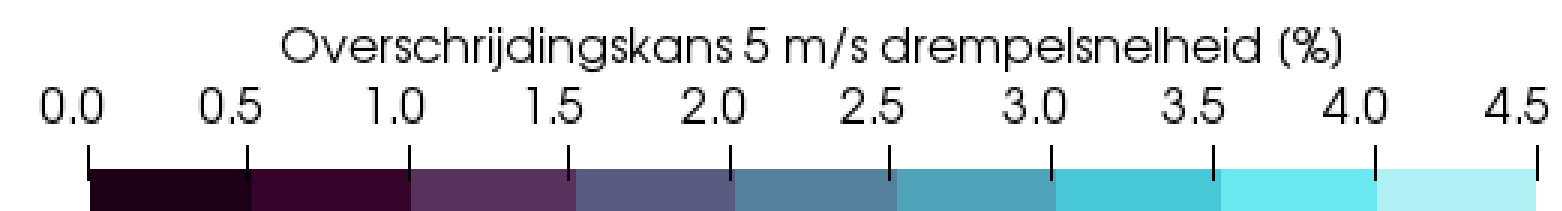
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



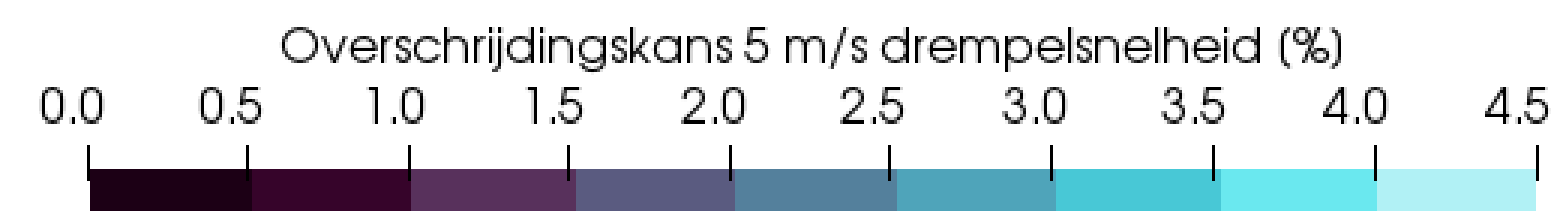
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

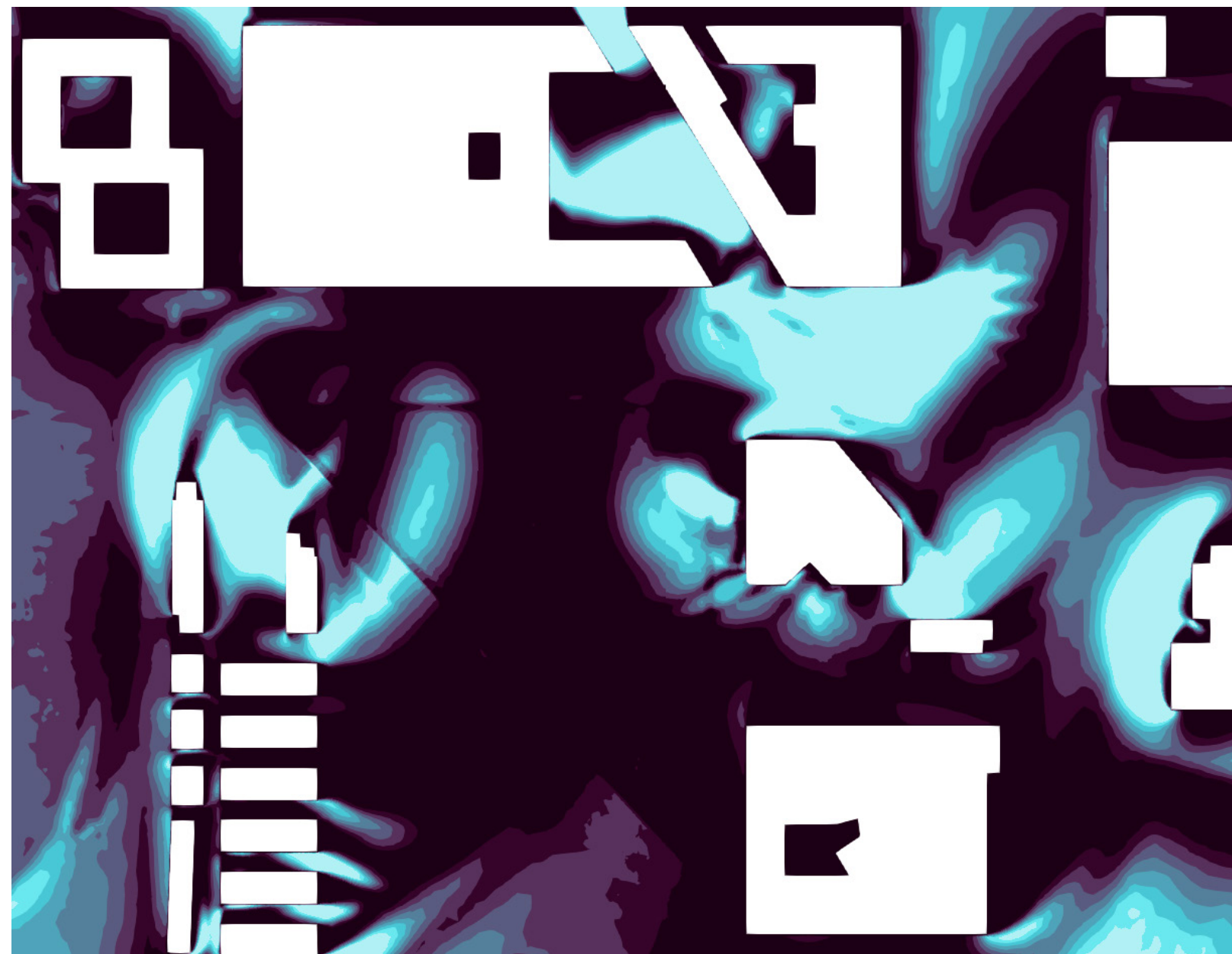
Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



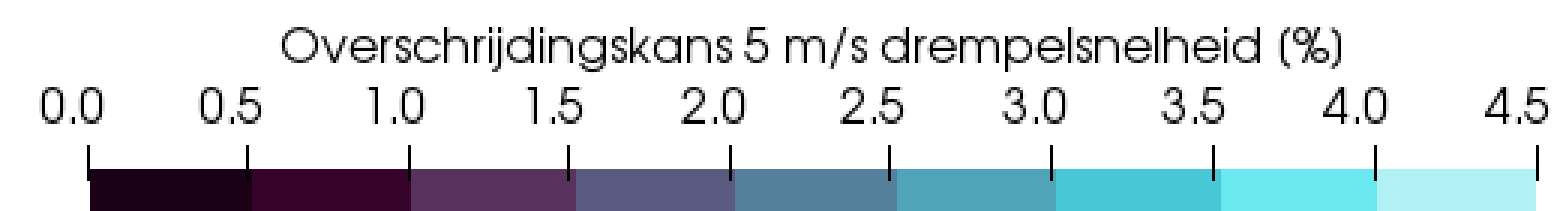
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



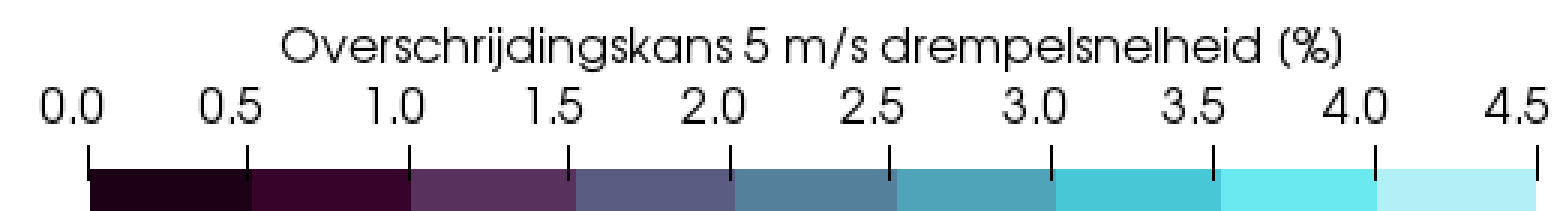
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

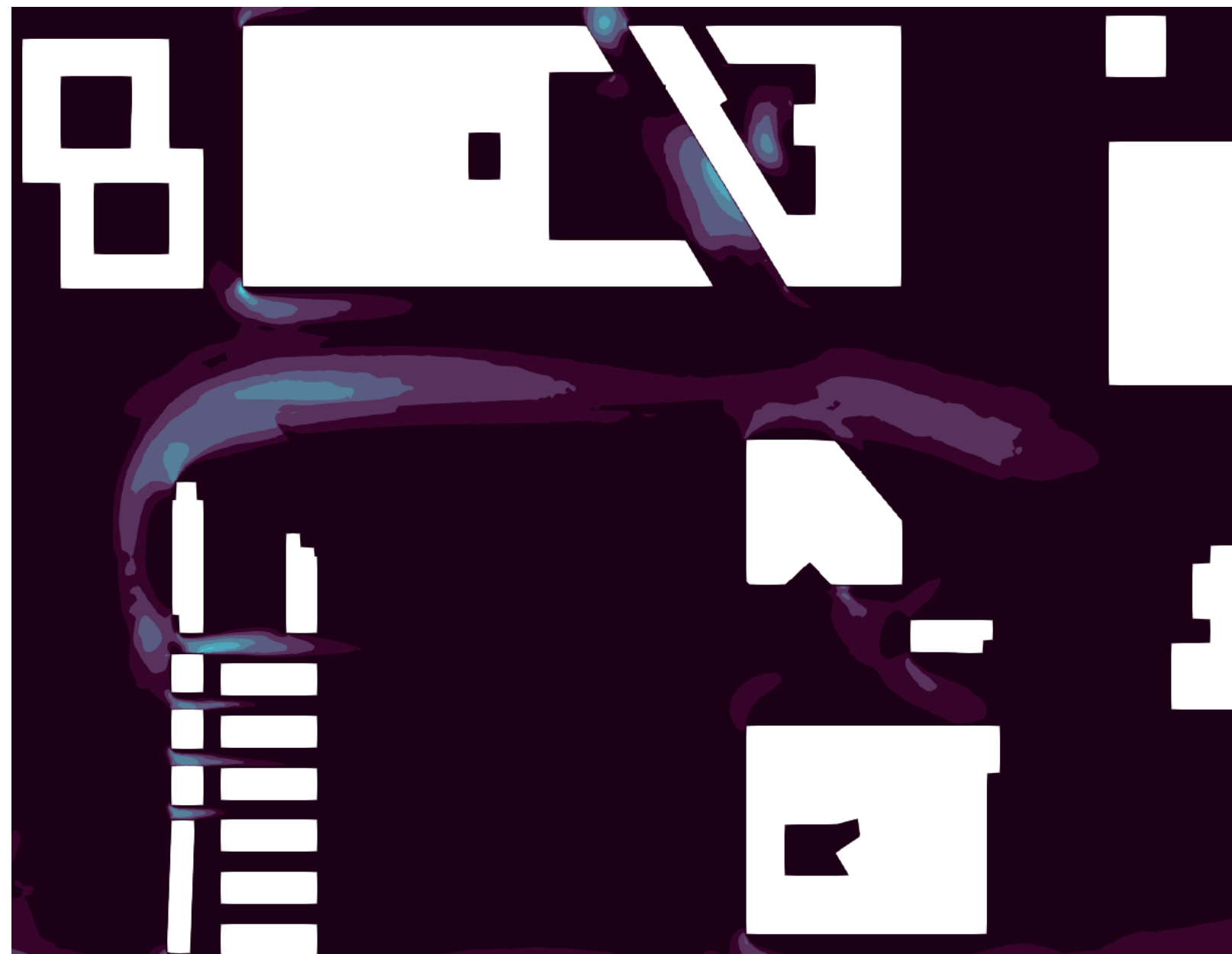
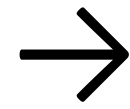
Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

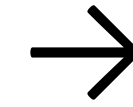
Bestaande bebouwing

Wind



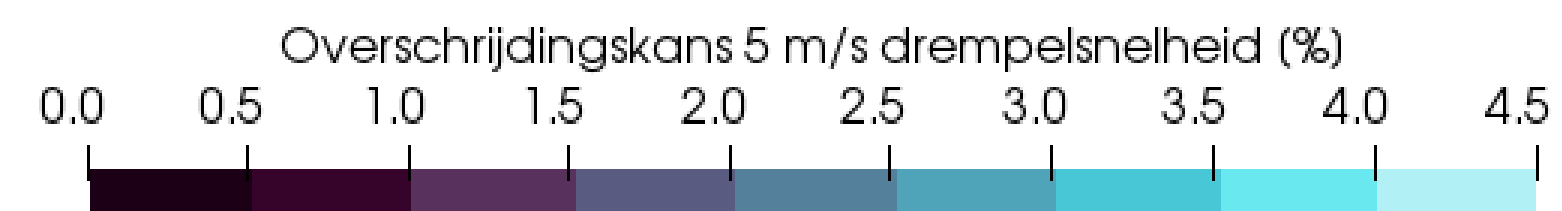
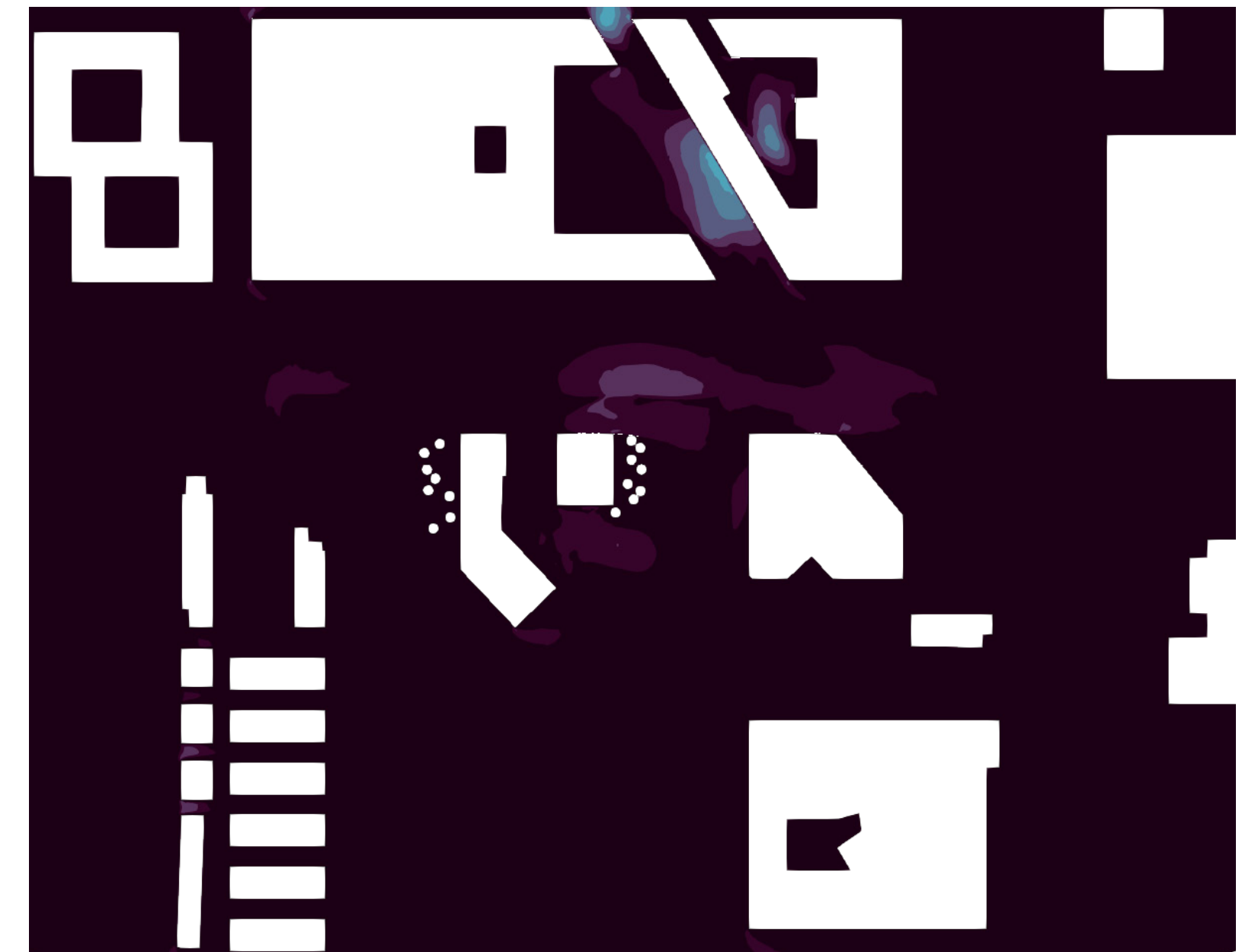
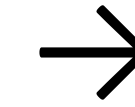
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

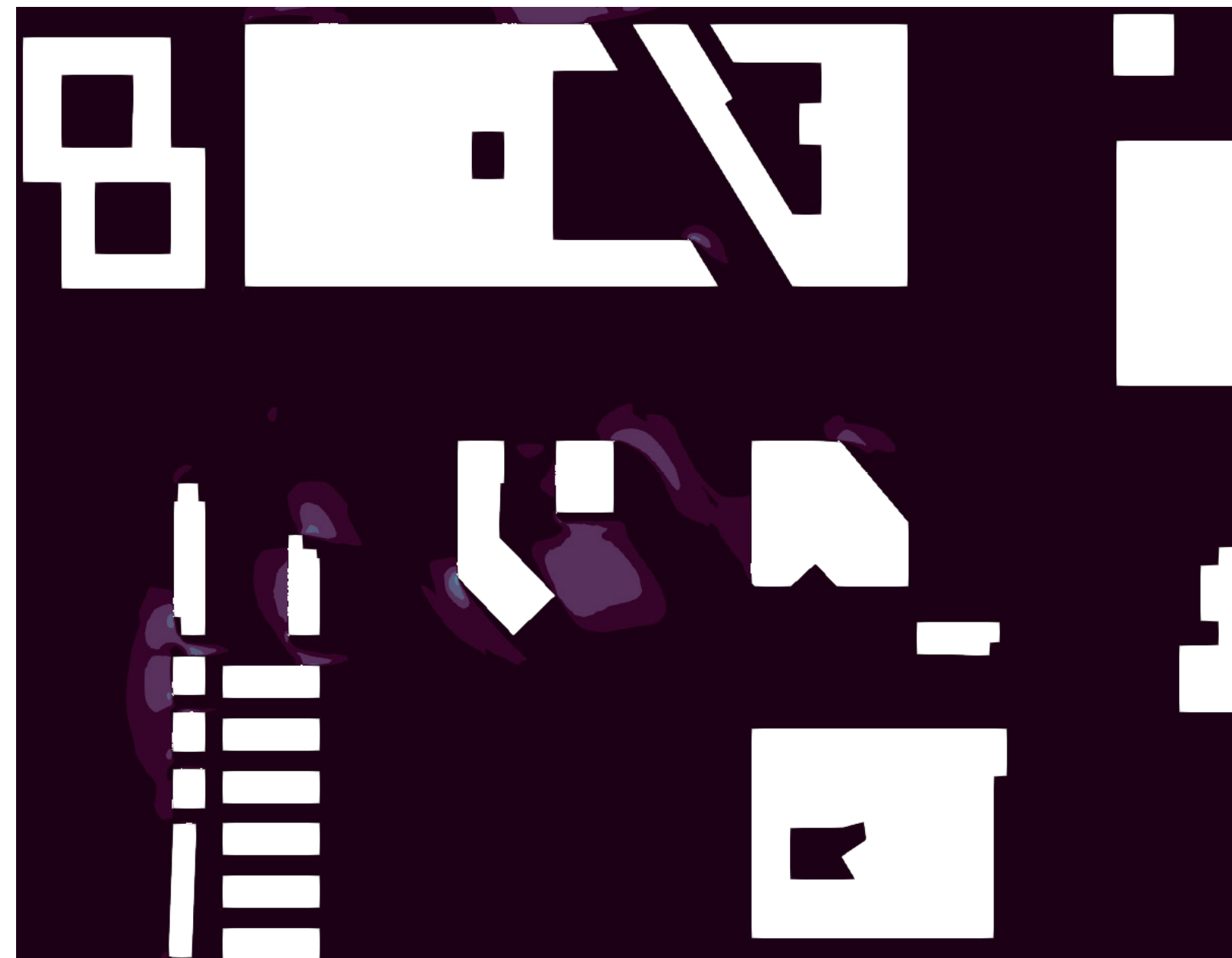
Bestaande bebouwing

Wind



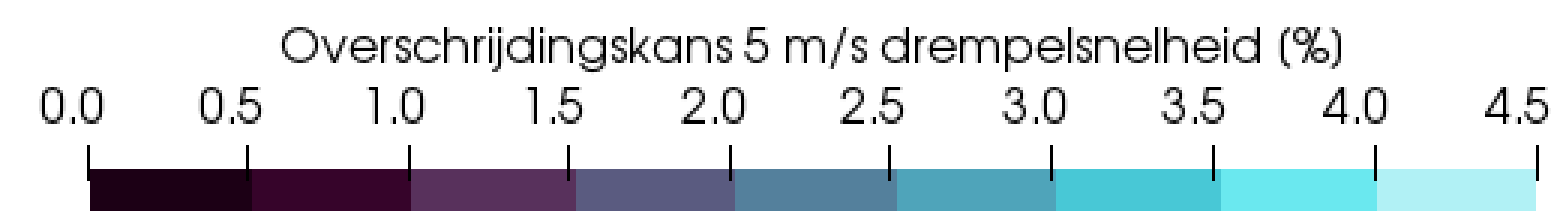
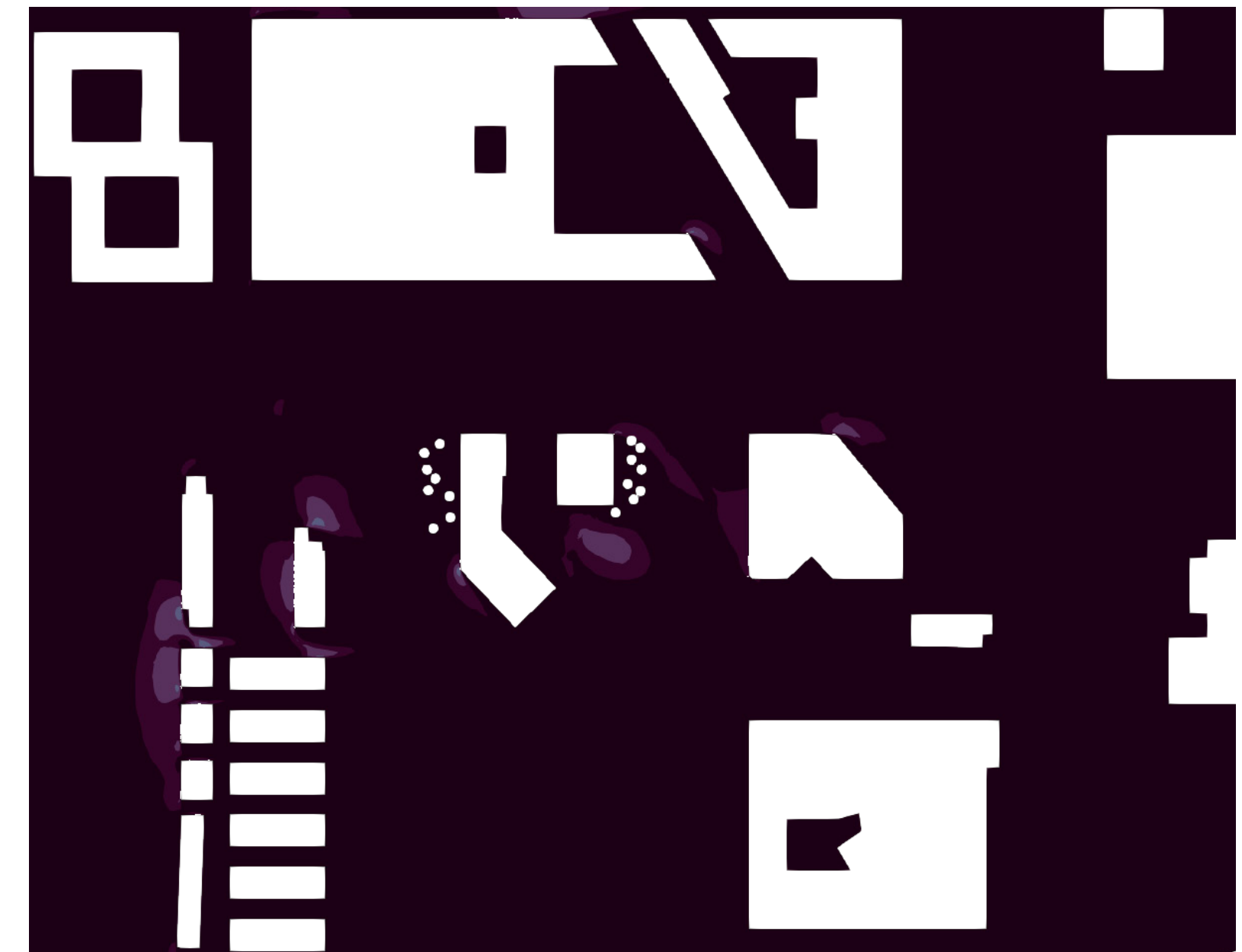
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind



B Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

Bestaande bebouwing

Wind



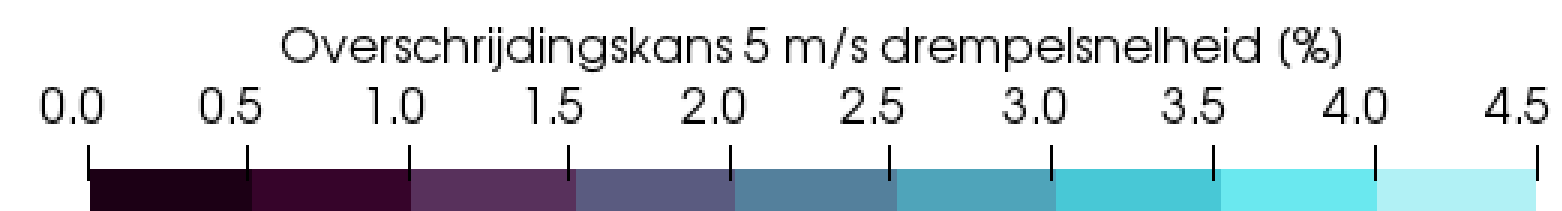
Nieuwe situatie

Wind



Geoptimaliseerde situatie

Wind





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