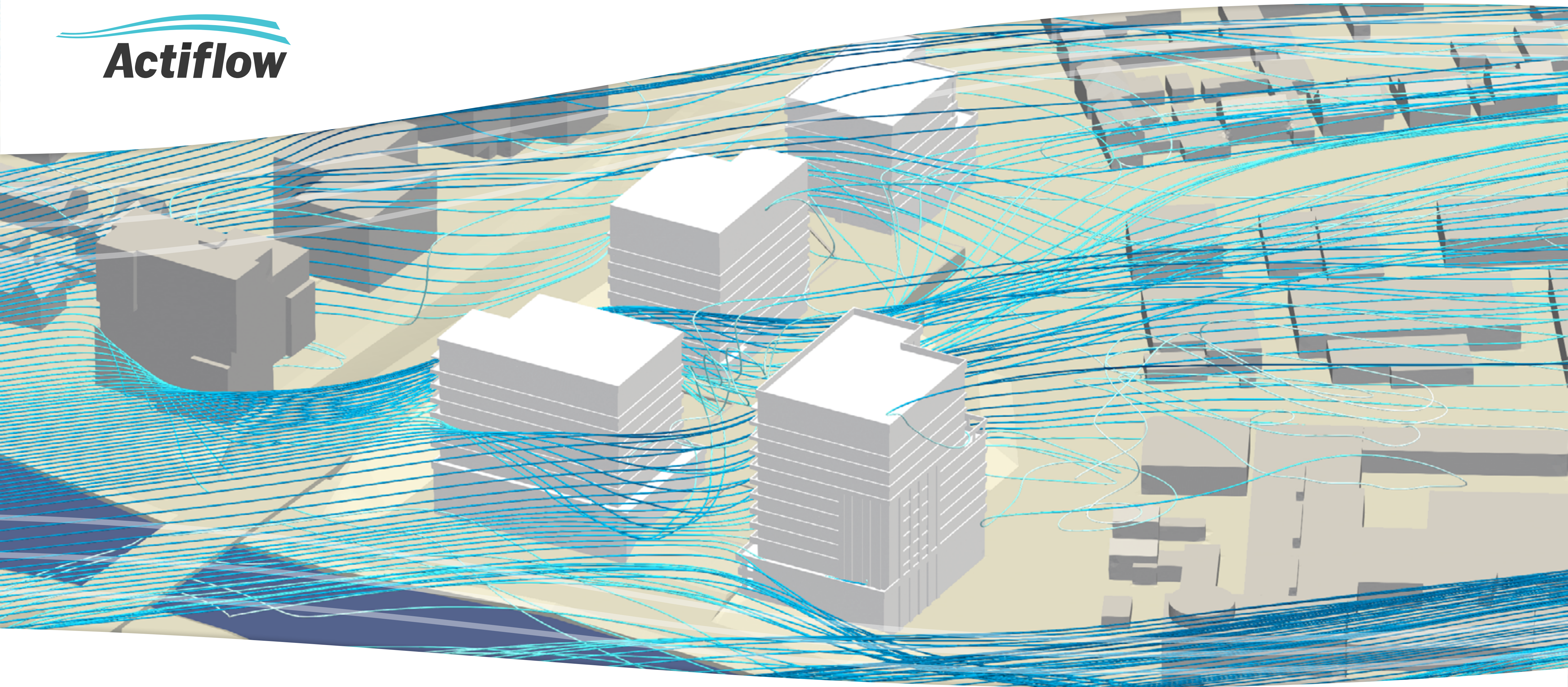




# Esdoornlaan te Oosterhout

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Esdoornlaan te Oosterhout  
CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

|                              |                                   |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Opdrachtgever                | Ten Brinke                        |
| Contactpersoon opdrachtgever |                                   |
| Projectnummer                | 7436                              |
| Rapportversie                | 1.1                               |
| Status                       | Definitief                        |
| Datum                        | 2 november 2023                   |
|                              | ©2023 <a href="#">Actiflow BV</a> |

Auteur(s)

Controleur

[Actiflow BV](#)  
Tramsingel 1  
4814 AB Breda  
+31 (0)76 5422 220  
[contact@actiflow.com](mailto:contact@actiflow.com)  
[www.actiflow.com](http://www.actiflow.com)

# Inhoudsopgave

|    |                                                               |    |   |                                                                           |    |
|----|---------------------------------------------------------------|----|---|---------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Introductie                                                   | 4  | A | Inlegvel NEN 8100:2006                                                    | 18 |
| 2. | Normstelling                                                  | 5  | B | Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid                    | 19 |
|    | 2.1 Windhinder en windgevaar                                  |    | C | Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld              | 20 |
|    | 2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar |    | D | Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen | 22 |
| 3. | Opzet van de berekening                                       | 7  |   |                                                                           |    |
|    | 3.1 3D-Model en rekenrooster                                  |    |   |                                                                           |    |
|    | 3.2 Vegetatie                                                 |    |   |                                                                           |    |
|    | 3.3 Methodiek                                                 |    |   |                                                                           |    |
|    | 3.4 Software                                                  |    |   |                                                                           |    |
|    | 3.5 Aannames en randvoorwaarden                               |    |   |                                                                           |    |
| 4. | Resultaten                                                    | 10 |   |                                                                           |    |
|    | 4.1 Windklimaat openbare buitenruimte                         |    |   |                                                                           |    |
|    | 4.2 Windklimaat private buitenruimte                          |    |   |                                                                           |    |
| 5. | Analyse en discussie                                          | 15 |   |                                                                           |    |
|    | 5.1 Stromingsfenomenen                                        |    |   |                                                                           |    |
|    | 5.2 Aanbevelingen                                             |    |   |                                                                           |    |
| 6. | Conclusie                                                     | 17 |   |                                                                           |    |

# 1 Introductie

Voorliggende rapportage omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door **Actiflow** in opdracht van Ten Brinke. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project Esdoornlaan te Oosterhout.

Het bouwplan betreft een viertal bouwvolumes met een hoogte van maximaal 40 meter, zie figuur 1.2. Deze vier bouwvolumes zullen geplaatst worden op een verhoogd dek, met onderdeks een parkeergarage. Alle bouwvolumes zullen een residentiële functie hebben en zijn gelegen aan de Esdoornlaan, tussen de Tilburgseweg ten westen en het Wilhelminakanaal ten zuiden.

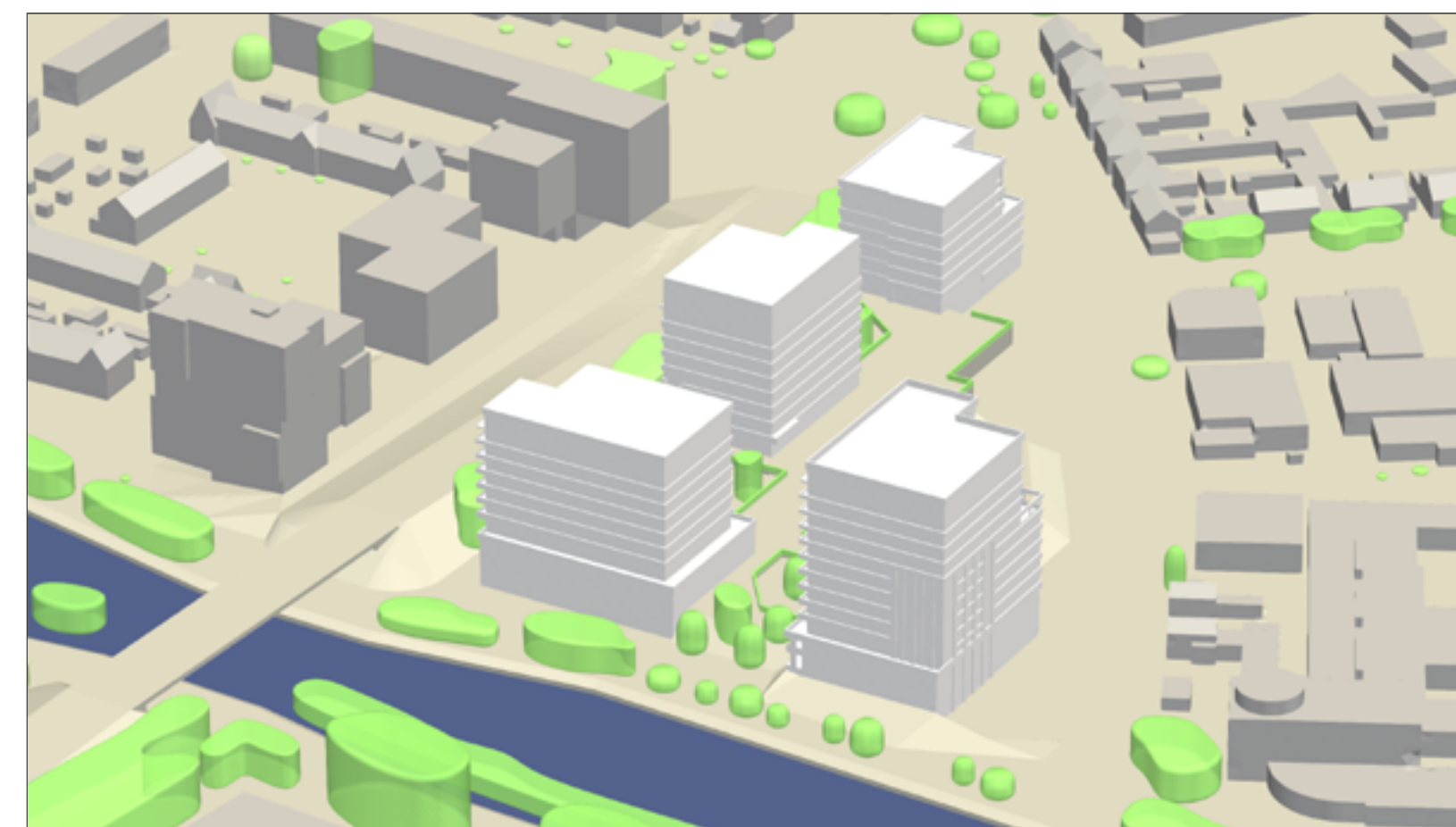
Het inpassen van de nieuwbouw zal leiden tot een wijziging van het lokale windklimaat. Dit kan zorgen voor een situatie die als onprettig of gevaarlijk wordt ervaren. Daarnaast vragen de functies van de gebouwen en het verwachte gebruik van de openbare buitenruimte om een acceptabel comfortniveau ten aanzien van wind. Het is dan ook noodzakelijk het windklimaat inzichtelijk te maken, zodat mogelijke knelpunten kunnen worden aangepakt.

**Actiflow** is gevraagd om het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). In dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, de Nederlandse norm NEN8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'.

Een uitgebreide beschrijving van de richtlijnen wordt gegeven in 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 een aanvullende analyse van de stromingsfenomenen volgt in hoofdstuk 5. Ten slotte wordt een conclusie gevormd in hoofdstuk 6.



**Figuur 1.1:**  
Impressie van de  
locatie van het  
nieuwbouwproject  
(bron: Google Earth)



**Figuur 1.2:**  
Impressie van  
het model van de  
toekomstige situatie  
  
Zicht vanuit het zuiden

## 2 Normstelling

### 2.1 Windhinder en windgevaar

De normstelling betreffende het windklimaat in de openbare ruimte vindt haar oorsprong in NEN 8100:2006. In deze norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. In de norm wordt verondersteld dat dit bij een gemiddeld persoon zal optreden wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt. Aan de hand van de activiteit die op een bepaalde locatie wordt uitgevoerd kan deze periode van hinder beoordeeld worden. Zo zal in een gebied waar voetgangers enkel doorheen lopen een relatief lange periode van hinder geaccepteerd kunnen worden. Daarentegen zal het windklimaat in bijvoorbeeld een winkelstraat, bushalte of speeltuin pas acceptabel zijn wanneer de tijdsduur van windhinder beperkt is.

Aangenomen wordt dat windgevaar optreedt wanneer de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt. Windgevaar is het optreden van een zeer hoge windsnelheid, waardoor problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies. Ook hier kan een klein risico op windgevaar geaccepteerd worden bij minder kritische activiteiten, echter een groot risico op windgevaar is in alle voetgangersgebieden onacceptabel.

Figuren 2.1 en 2.2 tonen voorbeelden van windhinder en windgevaar voor voetgangers.



**Figuur 2.1:**  
Verbeelding situatie  
van windhinder



**Figuur 2.2:**  
Verbeelding situatie  
van windgevaar

## 2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar

NEN 8100:2006 geeft de indeling voor windhinder in kwaliteitsklassen. Zowel windhinder als windgevaar worden hierbij op hoofdhoogte van een staande persoon, te weten 1,75 m boven het grondoppervlak, beoordeeld. De indeling in windhinderklassen is weergegeven in tabel 2.1. Aan de hand van de kans op overschrijdingsduur van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van of activiteit op een specifieke locatie wordt een bepaalde klasse vervolgens beoordeeld als goed, matig of slecht:

- “Goed” betekent dat mensen zich comfortabel voelen en dat de wind nauwelijks voelbaar is.
- “Matig” betekent dat mensen de wind regelmatig zullen opmerken, maar niet vaak genoeg om storend te zijn voor de voorziene activiteit.
- “Slecht” betekent dat de wind vaak voelbaar is en hinderlijk is voor de voorziene activiteit. “Slecht” betekent niet dat de situatie onveilig is.

**Tabel 2.1:** Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

| Overschrijdingskans<br>(Lokaal windsnelheid > 5 m/s)<br>(% van het aantal uren per jaar) | Windhinderklasse | Beoordeling per activiteit |               |                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------|
|                                                                                          |                  | Doorlopen                  | Slenteren     | Langdurig zitten <sup>a</sup> |
| < 2,5 % (< 219 uren)                                                                     | <b>A</b>         | <i>Goed</i>                | <i>Goed</i>   | <i>Goed</i>                   |
| 2,5 - 5 % (219-438 uren)                                                                 | <b>B</b>         | <i>Goed</i>                | <i>Goed</i>   | <i>Matig</i>                  |
| > 5 - 10 % (> 438-876 uren)                                                              | <b>C</b>         | <i>Goed</i>                | <i>Matig</i>  | <i>Slecht</i>                 |
| > 10 - 20 % (> 876-1752 uren)                                                            | <b>D</b>         | <i>Matig</i>               | <i>Slecht</i> | <i>Slecht</i>                 |
| > 20 % (1752 uren)                                                                       | <b>E</b>         | <i>Slecht</i>              | <i>Slecht</i> | <i>Slecht</i>                 |

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

Tabel 2.2 toont de indeling en beoordeling van de kans op windgevaar. Bij de beoordeling wordt niet direct onderscheidt gemaakt in activiteiten, echter wordt in NEN 8100:2006 opgemerkt dat voor activiteitenklassen ‘Slenteren’ en ‘Langdurig zitten’ zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Dit betekent dat voor deze activiteitenklassen geldt dat enkel  $p \leq 0,05$  acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet in elk voetgangersgebied worden vermeden.

**Tabel 2.2:** Classificatie en beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

| Overschrijdingskans<br>(Lokaal windsnelheid > 15 m/s)<br>(% van het aantal uren per jaar) | Beoordeling    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| < 0,05 % (< 4,5 uren)                                                                     | Geen risico    |
| 0,05 - 0,30 % (4,5-26 uren)                                                               | Beperkt risico |
| > 0,30 % (> 26 uren)                                                                      | Gevaarlijk     |

# 3 Opzet van de berekening

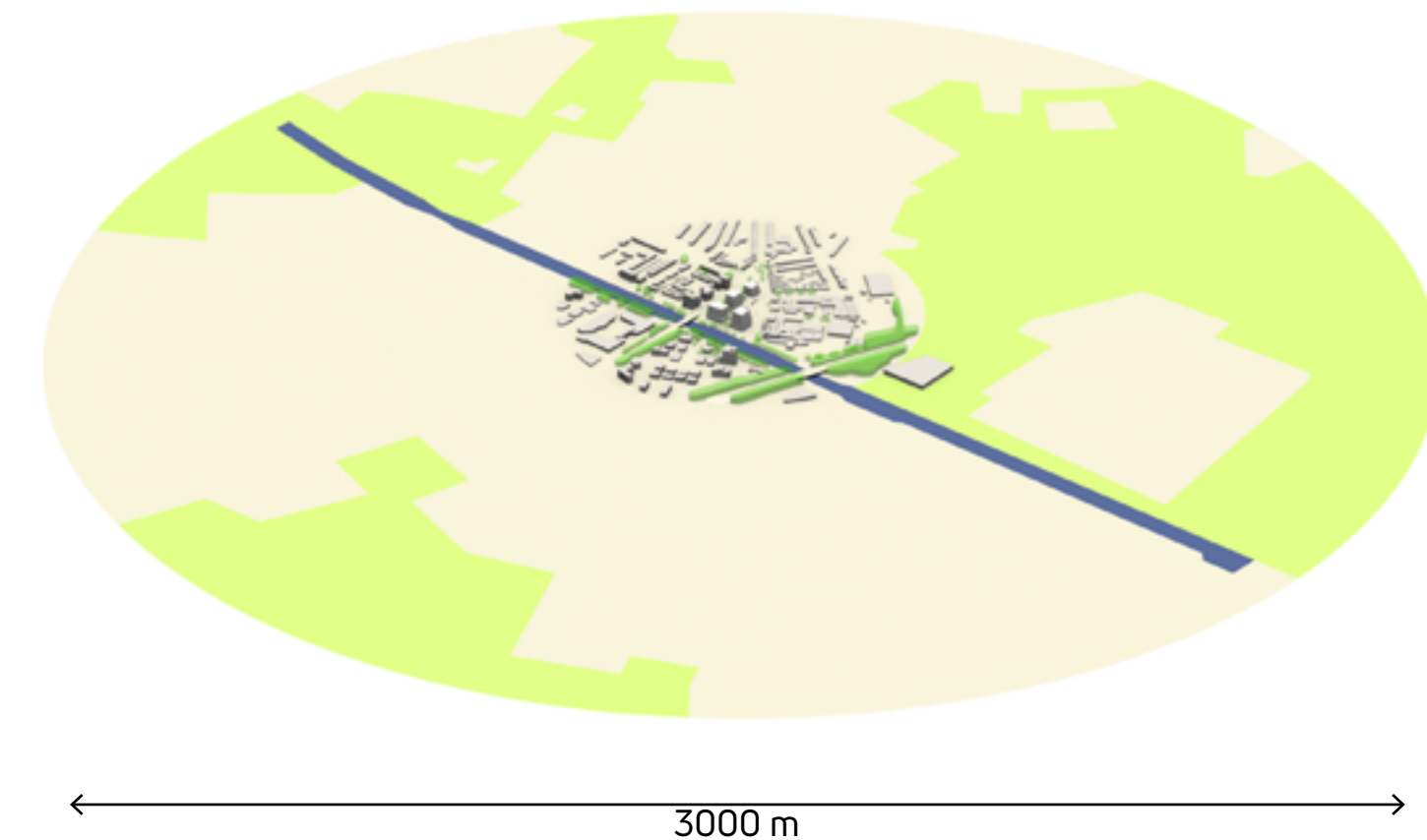
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert [Actiflow](#) een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste elementen voor de opzet van de berekeningen weergegeven.

## 3.1 3D-Model en rekenrooster

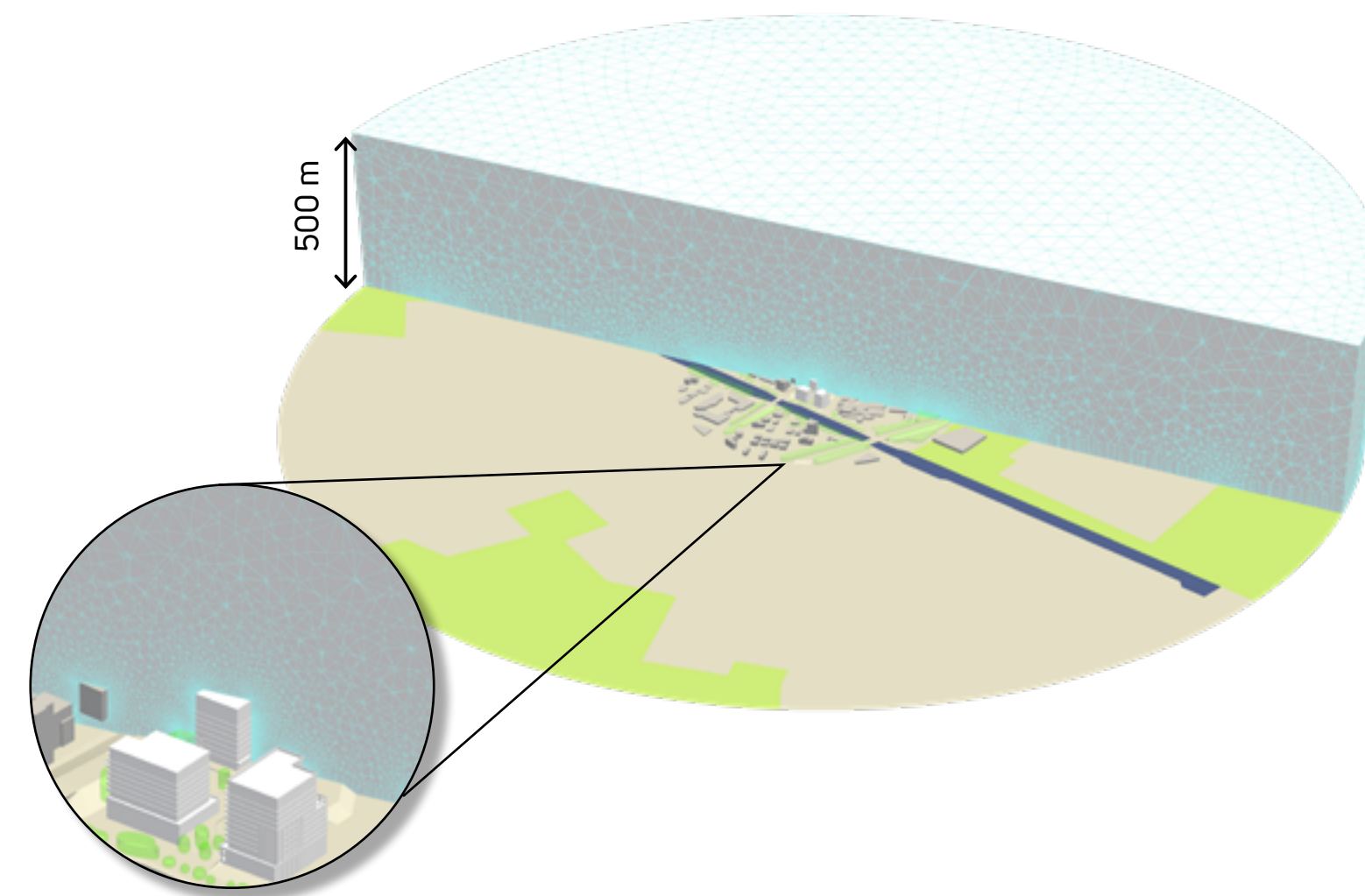
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 400 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw in figuur 1.2 en 3.1.

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 deze situatie (figuur 3.2). Dit rooster bestaat uit 105 464 014 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.



**Figuur 3.1:**  
Impressie van het  
model  
Zicht vanuit het zuiden



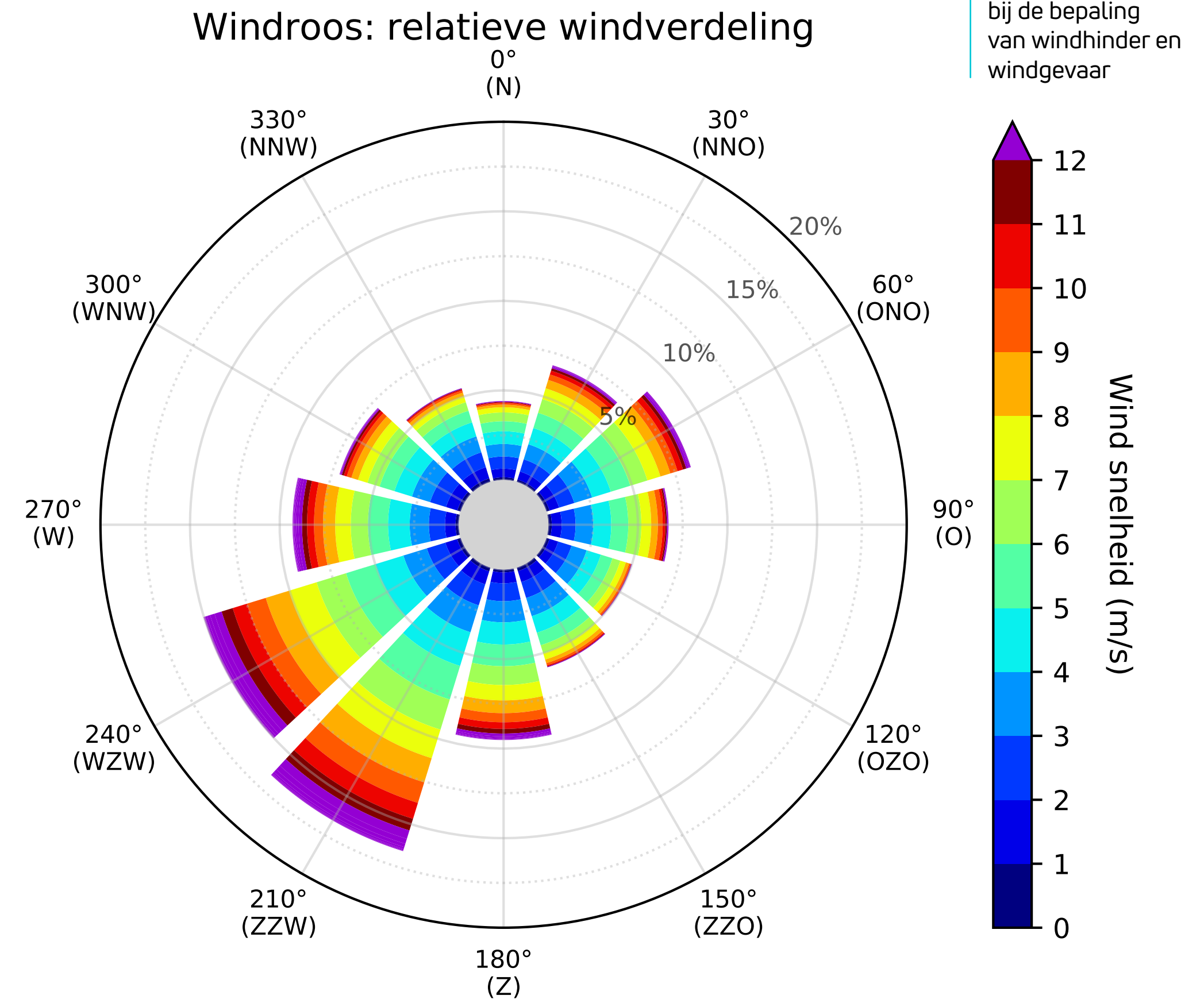
**Figuur 3.2:**  
Doorsnede van het  
rekenrooster  
Zicht vanuit het zuiden

### 3.2 Vegetatie

Vegetatie heeft een relevante invloed op het windklimaat en is daarom rondom het plangebied en op het eigen perceel opgenomen. Deze invloed verandert echter in de loop van het jaar, afhankelijk van het seizoen en het type vegetatie. Tegelijkertijd verschillen ook de windomstandigheden in de loop van het jaar. Op dit moment zijn windstatistieken niet voor elke maand of seizoen apart beschikbaar. Om een zo realistisch mogelijk beeld van het windklimaat te krijgen is daarom een vereenvoudiging nodig. In het bijzonder worden twee verschillende simulatiesets uitgevoerd voor het hele jaar: één met bladdragende vegetatie (vegetatietoestand in de zomer) en één met bladloze vegetatie (vegetatietoestand in de winter). De groenblijvende bomen, hagen en struiken worden in beide studies beschouwd als bladdragend. Het gemiddelde tussen de twee resultaten wordt vervolgens berekend om een overzicht te krijgen van het windklimaat over het hele jaar. De jaargemiddelde resultaten worden gerapporteerd en besproken in hoofdstuk 4 conform NEN 8100:2006, terwijl de afzonderlijke resultaten voor het geval met bladdragende vegetatie en bladloze vegetatie worden gerapporteerd in bijlage C.

### 3.3 Methodiek

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Voor elke windrichting die in beschouwing is 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 6097:2006 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 is weergegeven in figuur 3.3. Een frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte wordt gerapporteerd in bijlage B.



### 3.4 Software

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM v2306, 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. Voor de modellering van turbulentie is gebruik gemaakt van het SST k- $\omega$  model.

### 3.5 Aannames en randvoorwaarden

Voor de berekeningen is een referentie-windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast. 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 is  $\kappa$  de constante van von Kármán en die is gelijk aan 0,41. Deze empirische constante is gerelateerd aan het modelleren van grenslagen. Ook de turbulente grootheden  $k$  en  $\omega$  verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft  $C_\mu$  de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulentiemodel (SST k- $\omega$ ).

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

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

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

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

# 4 Resultaten

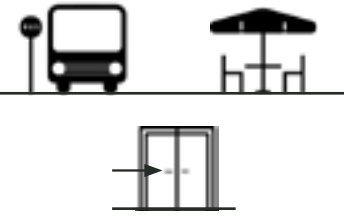
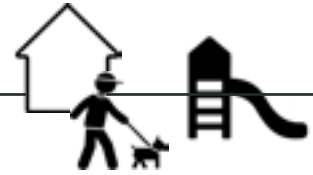
## 4.1 Windklimaat openbare buitenruimte

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, 4.2 en 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.2 worden de resultaten getoond voor de diverse activiteiten die benoemd worden in NEN 8100:2006. Figuur 4.2a en b tonen de jaargemiddelde resultaten voor de activiteiten doorlopen en slenteren. Figuur 4.2c toont het resultaat voor de activiteit langdurig zitten. Deze activiteit vindt, in tegenstelling tot de andere activiteiten, typisch plaats tijdens dagen die een aangener klimaat kennen. Deze dagen zijn veelal gelegen in de lente- en zomermaanden, wanneer de aanwezige vegetatie volledig in het blad staat. Het hier getoonde resultaat is dan ook die van de berekeningen met al de vegetatie bladdragend.

Als richtwaarden voor de gewenste windhinderklassen wordt tabel 4.1 aangehouden.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

|                                                                                                      |                                                                                                | Goed      | Matig | Slecht    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|-----------|
|                   | Langdurig zitten en voetgangersactiviteiten ter plaatse van gebouwentrees, etc.                | A         | B     | C, D en E |
|                  | Slenteren en op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers         | A en B    | C     | D en E    |
|                 | Doorlopen op locaties met voor voetgangers louter een verkeersfunctie en geen verblijfsfunctie | A, B en C | D     | E         |
| Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden |                                                                                                |           |       |           |

Uit de resultaten blijkt dat, als gevolg van de realisatie van de nieuwbouw, een sterk gevarieerd windklimaat zal optreden op en rondom de projectlocatie. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door windhinderklassen A tot en D, met een kleine zone klasse E. Het talud, direct ten westen van het plangebied, wordt buiten beschouwing gelaten, omdat hier aangenomen wordt dat er geen voetgangersactiviteiten zullen plaatsvinden.

De meest windluwe condities treden op rondom bouwvolume A, welke overwegend gekenmerkt worden door windhinderklasse A, met in mindere mate klasse B. Deze condities lenen zich goed voor alle voetgangersactiviteiten. De windcondities rondom bouwvolume B zijn vergelijkbaar, met uitzondering van de zuidoostelijke en noordwestelijke gebouwhoek. Hier zijn twee zones waar te nemen, welke gekenmerkt worden door windhinderklasse B en C. Hier leent windhinderklasse C zich slecht voor langdurig zitten en matig tot goed voor de voetgangersactiviteiten slenteren en doorlopen.

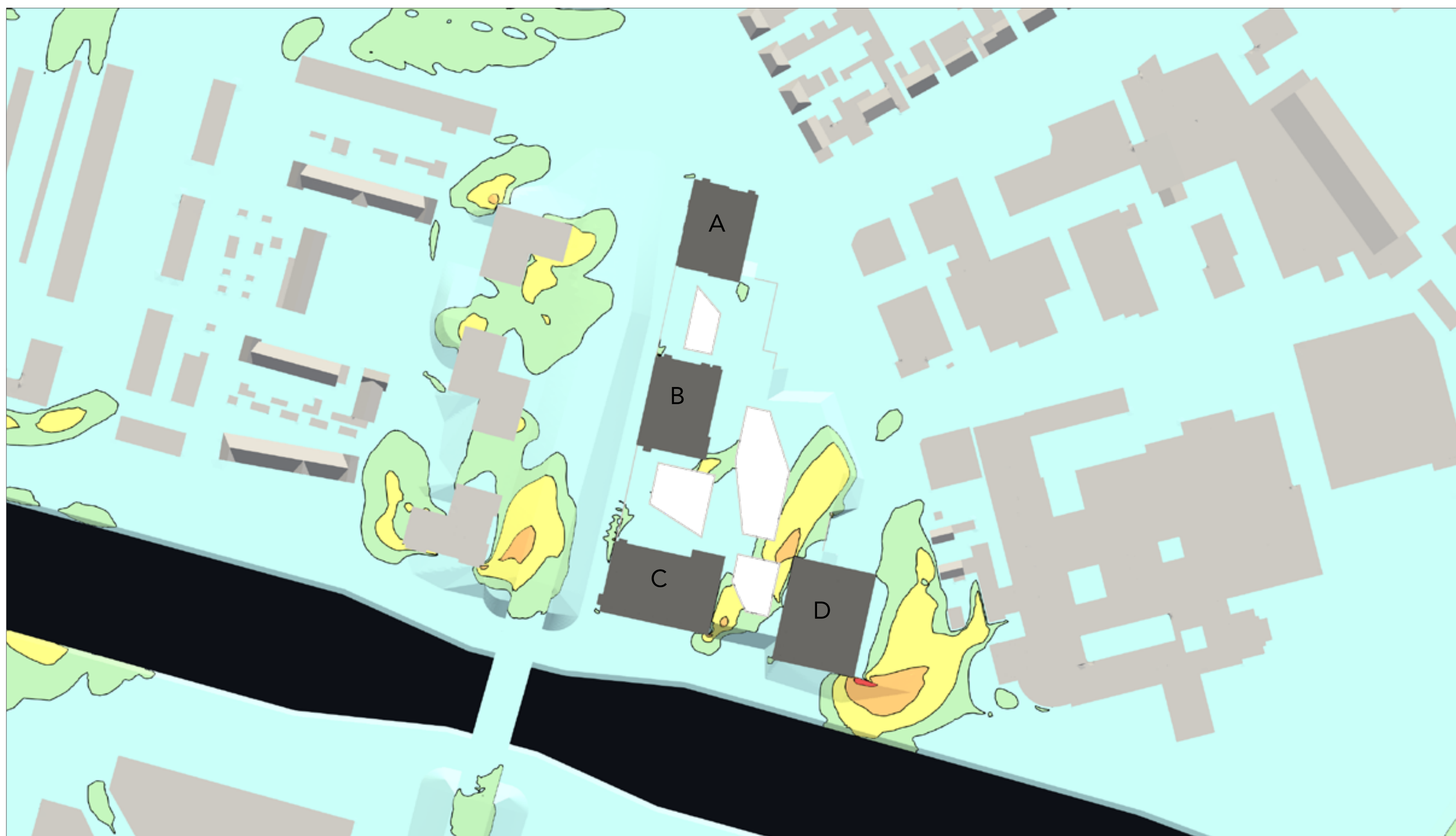
Aan de noord- en zuidgevel van bouwvolume C gelden windluwe condities welke gekenmerkt worden door windhinderklasse A. Echter zijn in de doorgang tussen gebouw C en D windrijkere condities waar te nemen. Door de relatief lage bebouwing en het Wilheminakanaal ten zuiden tot westen van het plangebied kan de wind, uit de meest voorkomende windrichtingen (zie figuur 1.2b), relatief ongehinderd aanstromen. Deze wind wordt vervolgens tussen gebouw C en D geleid, welke als een trechter fungeren. Hierdoor zal de wind lokaal versnellen met als resultaat windklassen B t/m D, waar windhinderklasse D zich enkel nog leent voor de voetgangersactiviteit doorlopen. Dit effect verspreid zich richting het noorden tot aan de Esdoornlaan.

Langs de gevels van bouwvolume D geldt overwegend windhinderklasse A met uitzondering van de noordwestelijke en zuidoostelijke gebouwhoek. De zone windhinderklasse D ten noordwesten wordt veroorzaakt door bovengenoemd "trechter" effect. Aan de zuidoostelijke hoek is een grote zone windhinderklasse D waar te nemen, welke zich verder verspreid richting de Esdoornlaan. Voor windhinderklasse D geldt dat deze condities zich uitsluitend lenen voor de activiteit doorlopen. In mindere mate is windhinderklasse E te zien op het schuinlopende talud ten zuidoosten van bouwvolume D. Hier leent windhinderklasse E zich slecht voor alle voetgangersfuncties en dient in het gebruik van de openbare ruimte vermeden te worden.

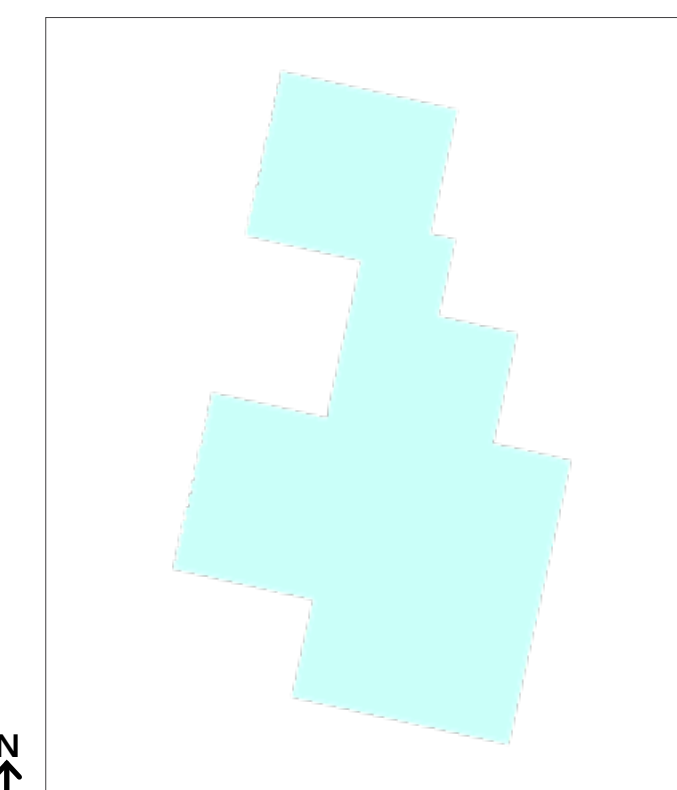
Figuur 4.1 toont ook het windklimaat in de parkeergarage. Hier geldt dat er louter windhinderklasse A waar te nemen is, welke zich goed leent voor alle voetgangersactiviteiten.

Ten slotte geldt er in heel het plangebied geen risico op windgevaar.

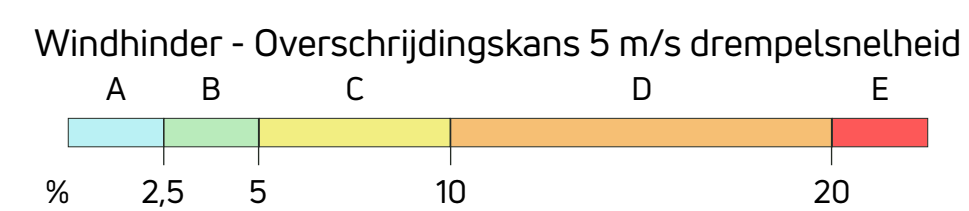
In hoofdstuk 5 worden de windrijkere zones besproken en indien nodig worden er voorstellen gedaan om het windklimaat in deze gebieden te verbeteren.



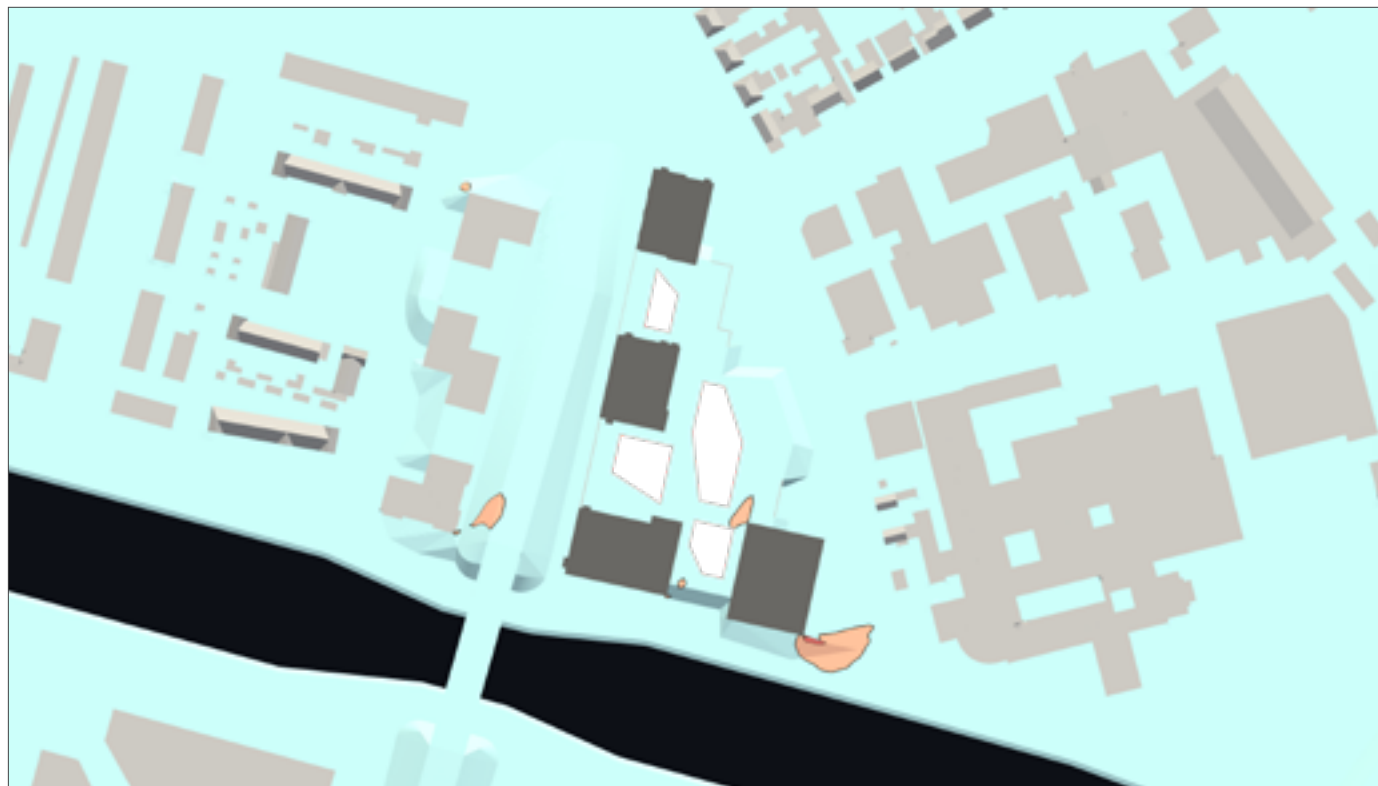
**Figuur 4.1:**  
Windhinder op  
voetgangersniveau \*



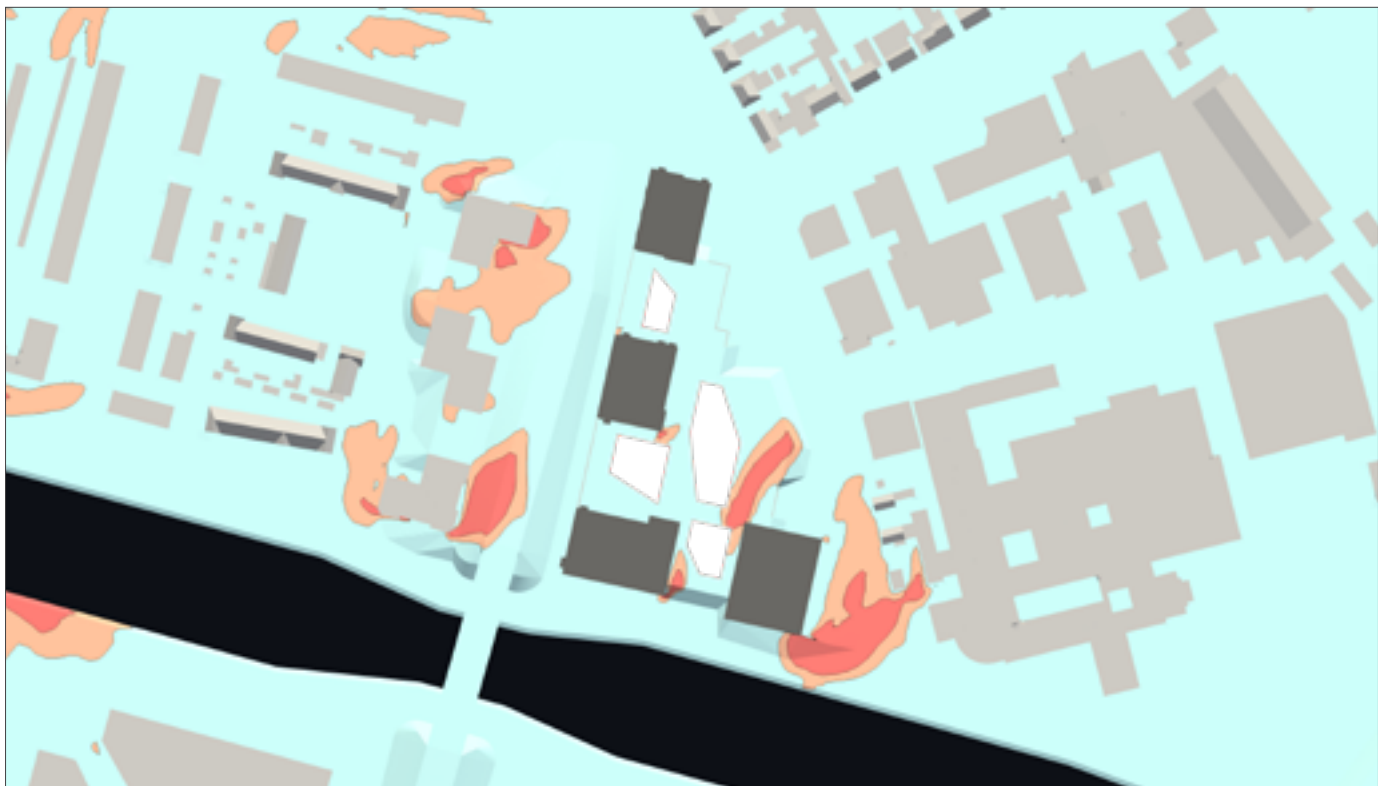
\* Parkeerplaats op maaiveld



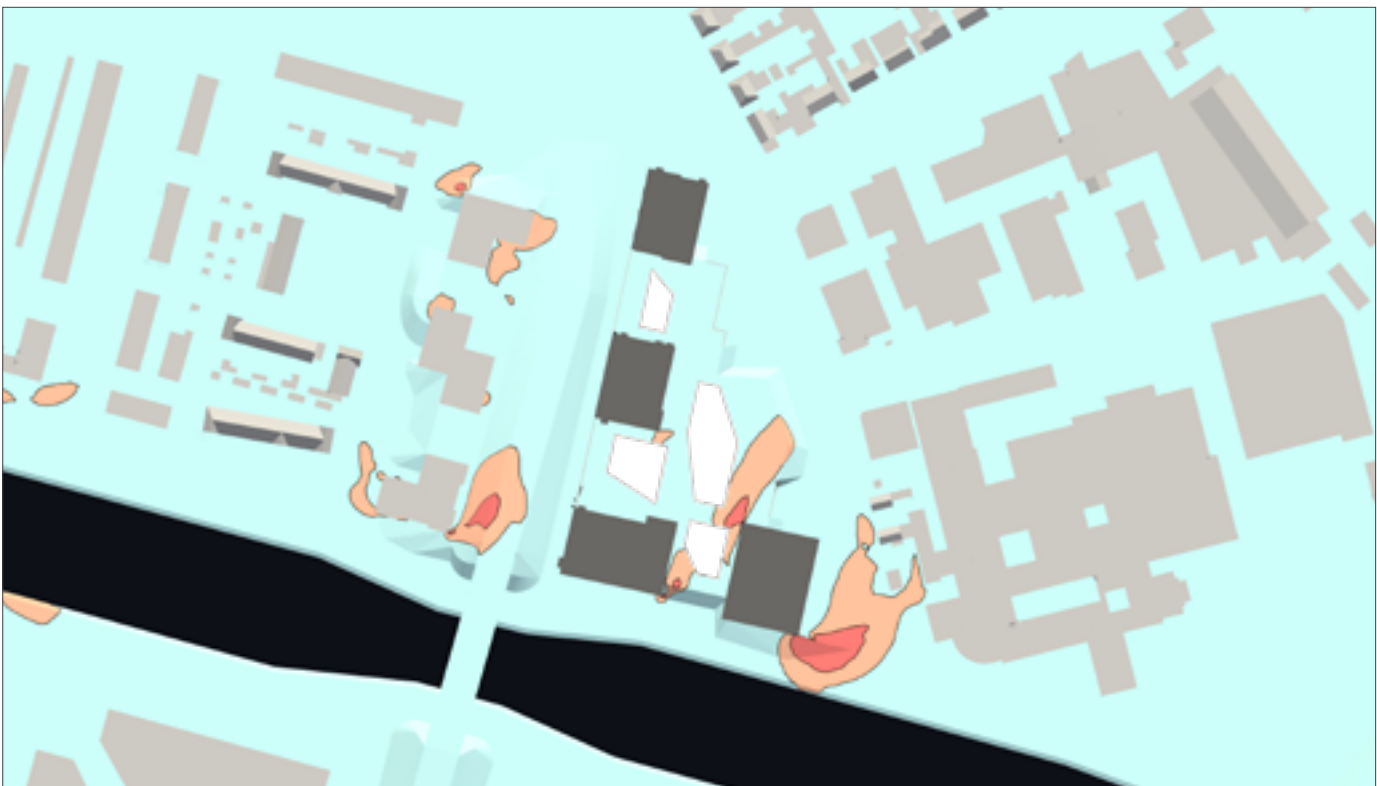
**Figuur 4.2:**  
Windhinder op  
voetgangersniveau  
voor drie  
verschillende  
activiteiten



**(a)**  
Beoordeling activiteit doorlopen

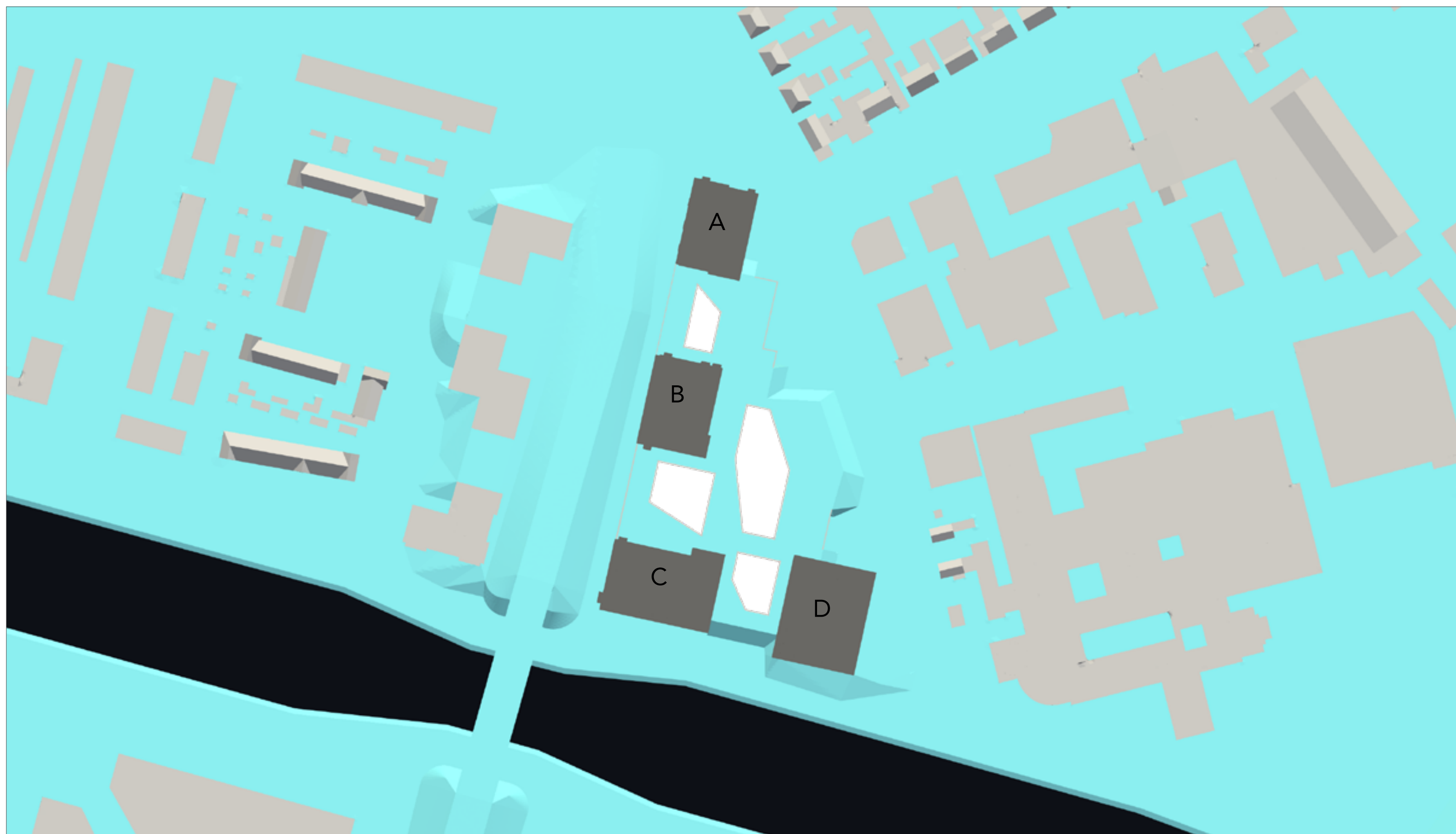


**(b)**  
Beoordeling activiteit slenteren



**(c)**  
Beoordeling activiteit lang zitten (situatie bladdragend)



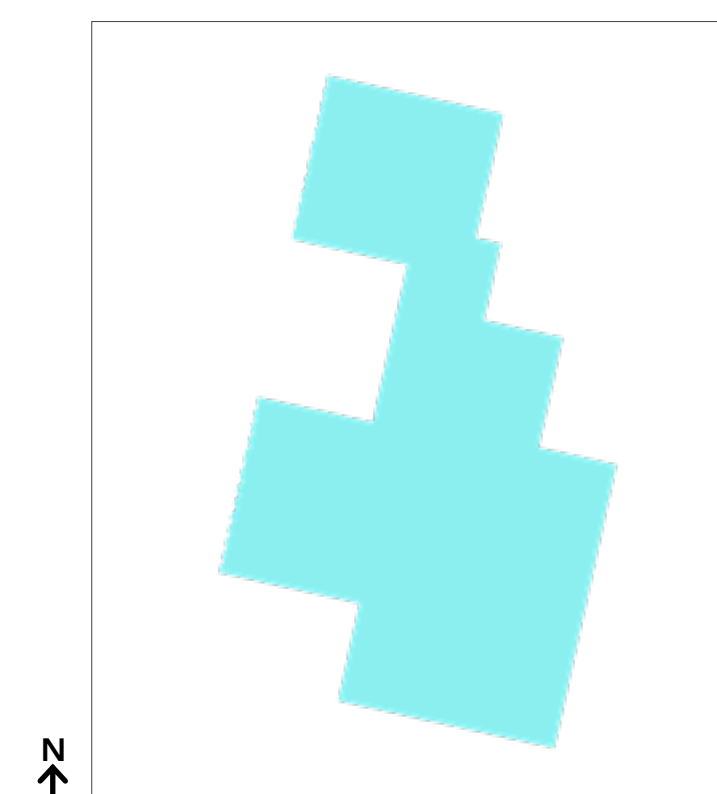


Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid

| Geen risico | Beperkt risico | Gevaar |
|-------------|----------------|--------|
| 0,05        | 0,3            |        |

%

**Figuur 4.3:**  
Windgevaar op  
voetgangsniveau \*



\* Parkeerplaats op maaiveld

# 5 Analyse en discussie

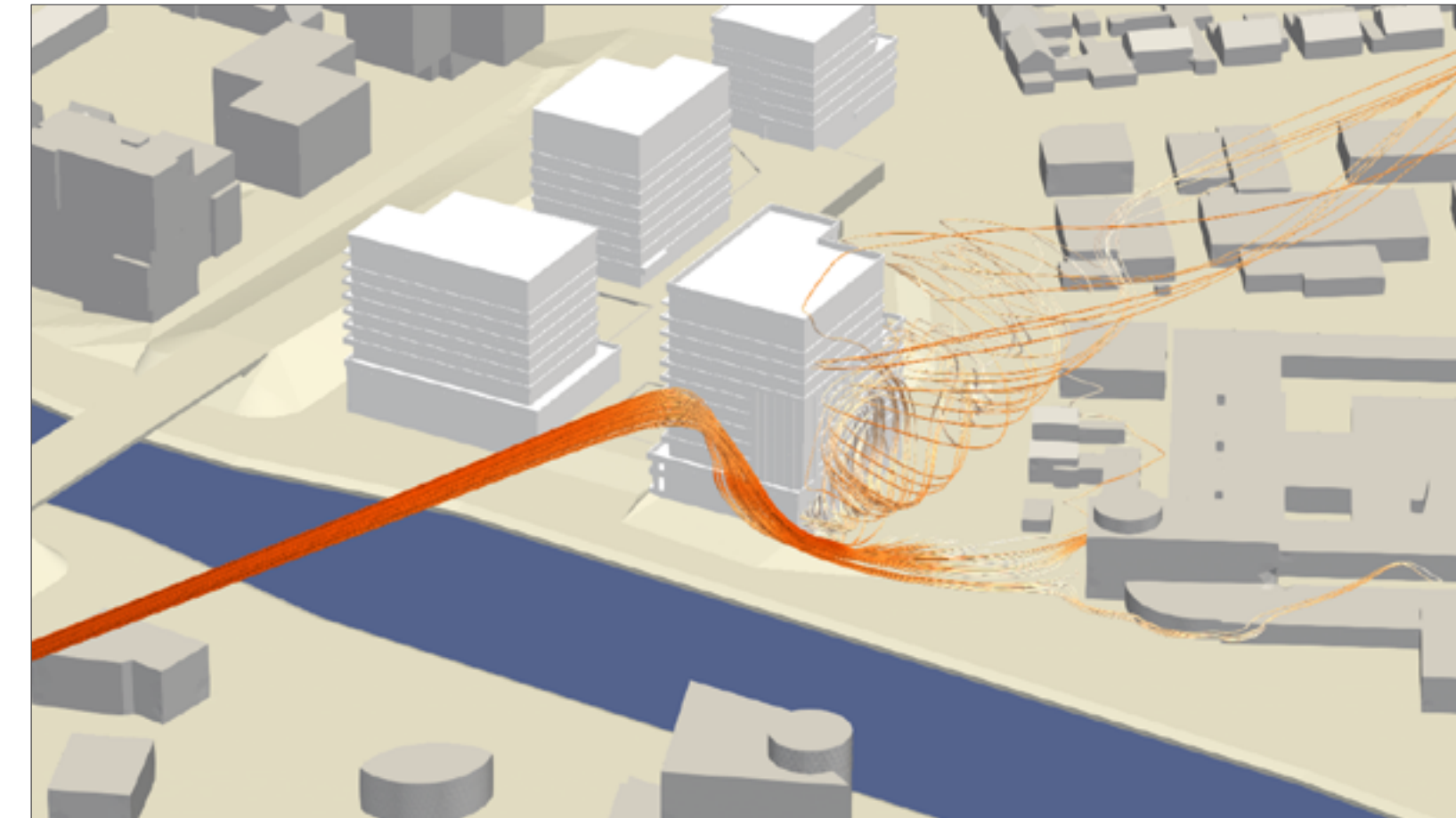
## 5.1 Stromingsfenomenen

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe het in hoofdstuk 4 getoonde windklimaat ontstaat en hoe dit eventueel gemitigeerd kan worden. In bijlage D zijn de overschrijdingskansen voor windhinder per windrichting te zien die ook gebruikt zijn in deze analyse. Hieruit komt naar voren dat wind uit de zuidwestelijke richtingen de grootste invloed hebben op de het windklimaat in de beoogde toekomstige situatie. Door de stromingen uit deze richtingen te analyseren middels stroomlijnen wordt duidelijk hoe de wind langs de bebouwing stroomt en hoe dit lokaal het windklimaat beïnvloedt.

Opgemerkt wordt dat de hoogbouw relatief haaks op de meest voorkomende windrichting is geïoriënteerd. Windhinder op het maaiveld wordt derhalve hoofdzakelijk veroorzaakt door deze ongunstige oriëntatie en de hoogte van het gebouw.

In figuur 5.1 en 5.2 is te zien dat de wind vanuit zuidwestelijke richtingen relatief vrij kan aanstromen en resulteert, onder invloed van het bouwvolume in een sterke valwind aan de langsgevel van de hoogbouw. De wind wordt afgebogen richting het maaiveld en versnelt daarna langs het talud ten zuidoosten van bouwvolume D. De verhoogde windsnelheden zijn verantwoordelijk voor de windcondities nabij de zuidoostelijke gebouwhoek van bouwvolume D (windhinderklasse D en E).

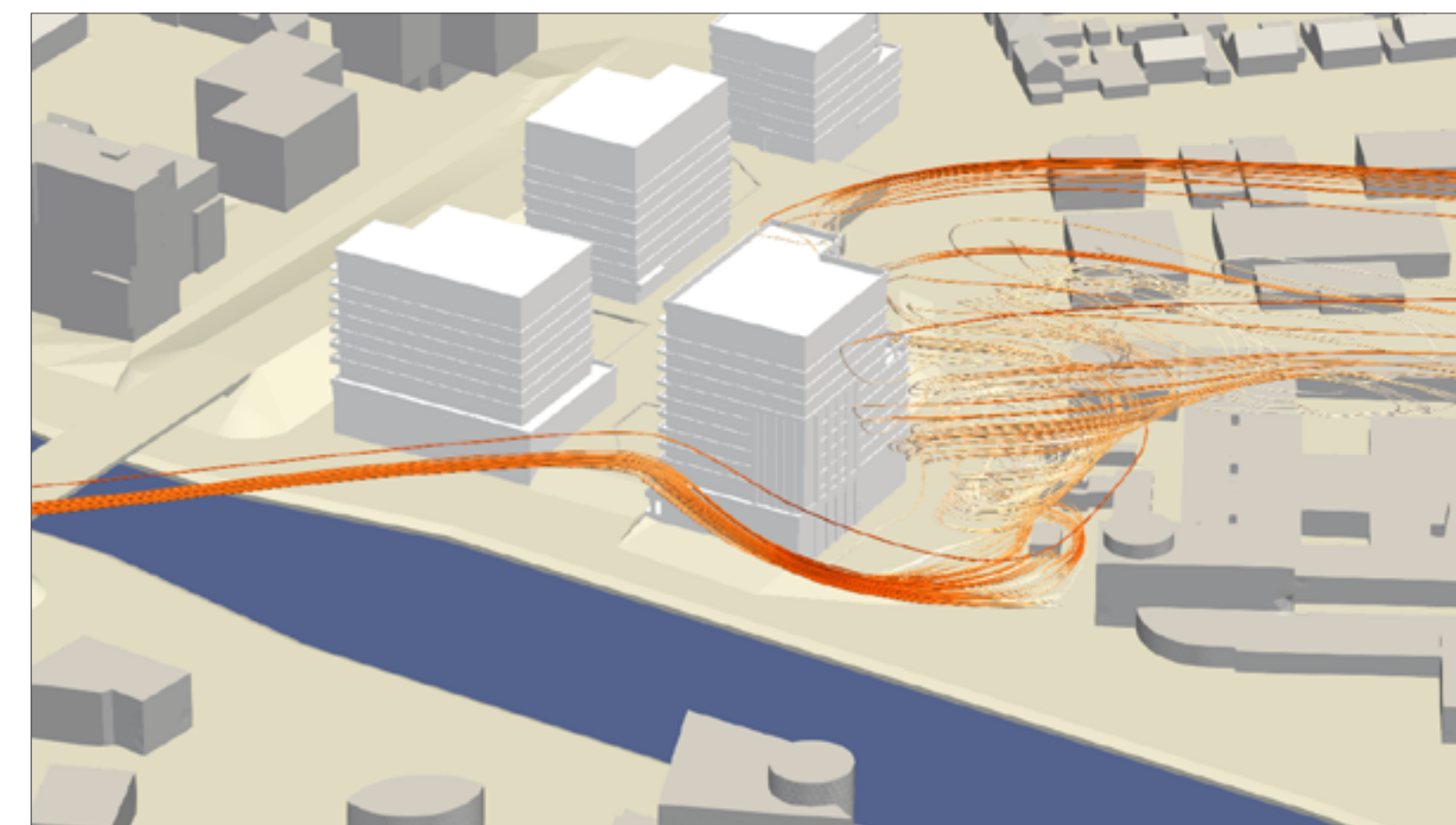
In figuur 5.3 is te zien dat de wind uit het noordnoordoosten relatief vrij kan aanstromen resulteert in een sterke valwind aan de gevel van bouwvolume D. De wind wordt afgebogen richting het maaiveld en versnelt daarna om de gebouwhoek. Tevens is in figuur 5.4 te zien dat de wind uit het westzuidwesten langs de gevel van bouwvolume D geleid wordt en loslaat op de noordwestelijke gebouwhoek van bouwvolume D. Deze twee effecten zorgen voor de verhoogde windsnelheden, welke leiden tot de zone met windhinderklasse D. Echter als in deze zone alleen als verkeersfunctie voor voetgangers gebruikt wordt is het windhinderklasse D lokaal acceptabel.



**Figuur 5.1:**  
Stroomlijnen langs  
bouwvolume D.



Wind vanuit  
zuidzuidwesten  
laag hoog



**Figuur 5.2:**  
Stroomlijnen langs  
bouwvolume D.



Wind vanuit  
westzuidwesten  
laag hoog

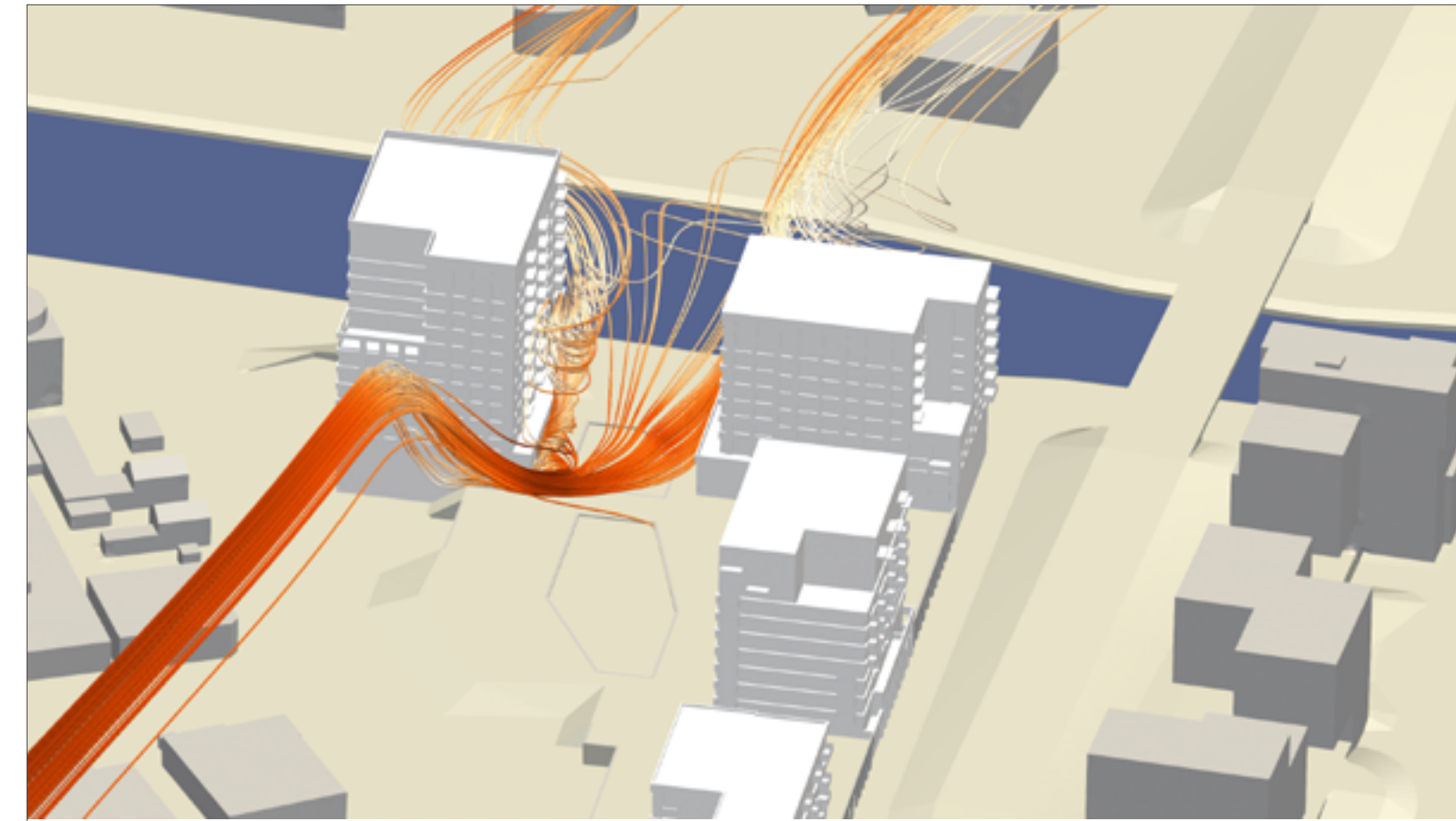
## 5.2 Aanbevelingen

Langs het Wilhelminakanaal wordt een snelfietspad voorzien. Dit valt daardoor buiten de beoordeling van het windklimaat voor voetgangers. Het optredende klimaat (met uitzondering van windhinderklasse E) biedt echter wel een acceptabel comfortniveau voor fietsers. In het geval dat de activiteit slenteren of langdurig zitten in deze zone gewenst is, dienen aanvullende maatregelen toegepast te worden om de windrijkere condities lokaal te verzachten.

Deze maatregelen zijn ook gewenst, indien men van het schuine talud aan de zuidoostelijke gevel van bouwvolume D gebruik wilt maken. Hierbij kan gedacht worden aan het plaatsen van een luifel aan de zuidwestelijke gevel van bouwvolume D, om de dominante wind uit zuidwestelijke richtingen op te vangen. Deze luifel zou deels door moeten lopen richting de oostelijke gevel en een diepte hebben van minimaal 3 meter. Deze luifel kan de valwinden langs de gevel vertragen en zorgen voor windluwere condities. Om het windklimaat lokaal verder te verzachten wordt het aangeraden vegetatie toe te passen.

De plaatsing van gebouw-entrees vormt een aandachtspunt. Ter plaatse van gebouw-entrees dient bij voorkeur klasse A (of klasse B) behaald te worden. Indien entreezones in zwaardere windhinderklassen zijn gelegen dienen maatregelen getroffen te worden, zoals het plaatsen van een zijscherm bij de entree of het verdiepen van de entree ten opzichte van de gevellijn.

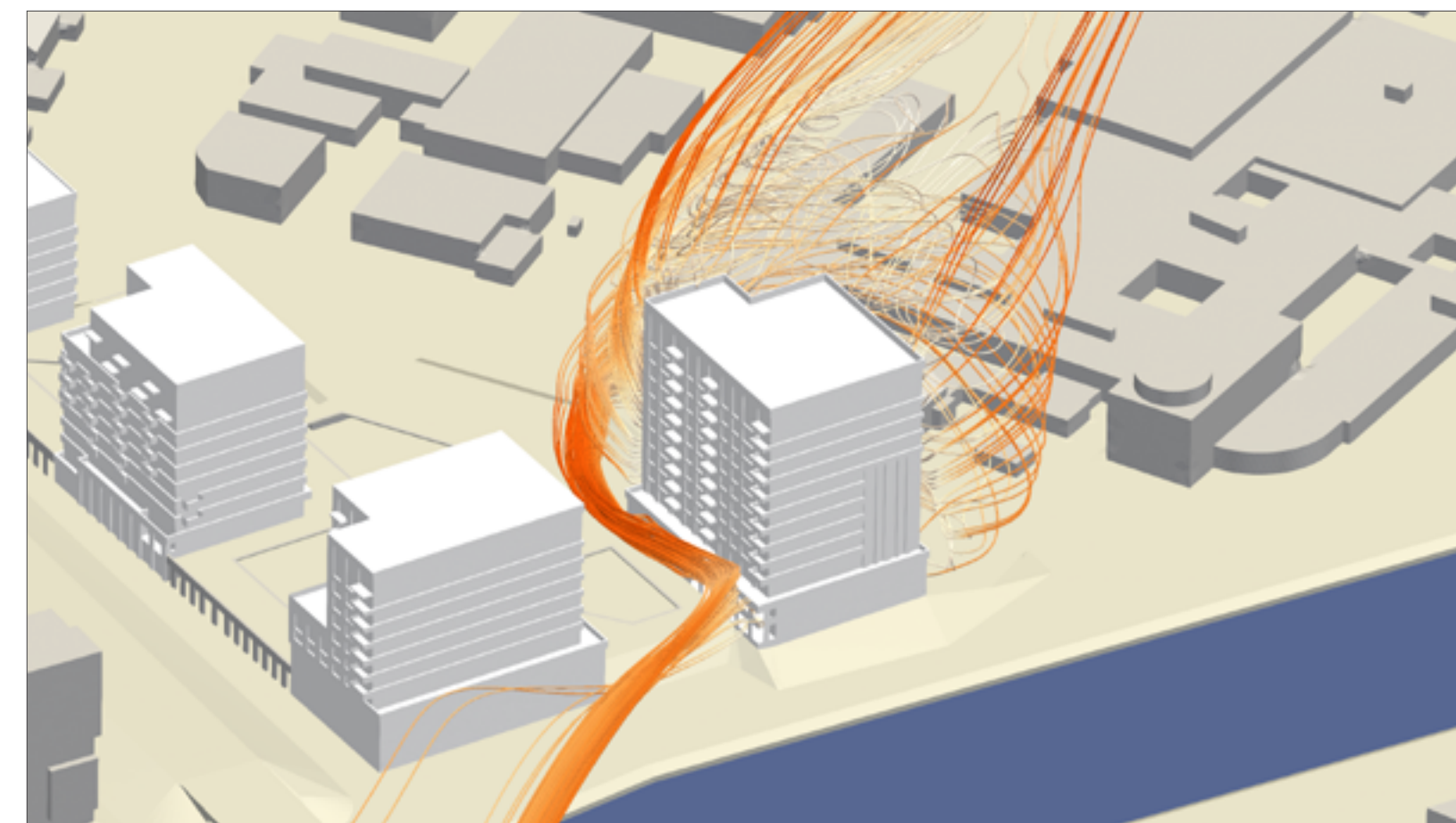
Indien men mitigerende maatregelen toe wenst te passen, dient het effect van de genoemde maatregelen nader te worden onderzocht en gevalideerd. Voor de maatvoering van deze maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden en is nader onderzoek gewenst.



**Figuur 5.3:**  
Stroomlijnen langs  
bouwvolume D.



Wind vanuit  
noordnoordoosten  
laag hoog



**Figuur 5.4:**  
Stroomlijnen langs  
bouwvolume D.



Wind vanuit  
westzuidwesten.  
laag hoog

# 6 Conclusie

Dit rapport beschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) voor het project "Esdoornlaan" te Oosterhout. Door de plaatsing van de nieuwbouw zal het lokale windklimaat beïnvloed worden.

[Actiflow](#) is gevraagd een onderzoek uit te voeren op basis van de Nederlandse norm "NEN 8100:2006: Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving". Hierbij is een geometrisch model van het gebouw en zijn omgeving opgesteld. Een rekenrooster met hoge resolutie is rond deze geometrie opgetrokken als basis voor Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulaties van de windstroming.

Het windonderzoek laat het volgende zien:

- Het heersende windklimaat in het projectgebied varieert van windhinderklasse A (geschikt voor alle activiteiten) tot E (ongeschikt voor alle activiteiten).
- Windluwere zones, welke gekenmerkt worden door windhinderklasse A en B zijn zichtbaar rondom bouwvolume A en B. Daarnaast zijn deze windluwe zones ook zichtbaar aan de noordoostelijke en zuidwestelijke gevels van bouwvolumes C en D. Deze condities resulteren in een comfortabel gebruik van de openbare buitenruimte als verblijfsgebied.
- In de passage tussen bouwvolume C en D gelden windrijkere condities, welke gekenmerkt worden door windhinderklasse A t/m D. Echter als de zones, waarin klasse C en D heerst, louter een verkeersfunctie voor voetgangers hebben, wordt dit lokaal als comfortabel beschouwd.

- Zonder het treffen van aanvullende maatregelen leent een deel van de openbare buitenruimte binnen het plangebied zich, matig tot slecht als verblijfsgebied voor voetgangers. Met dit deel wordt voornamelijk de zone ten zuiden en zuidoosten van bouwvolume D bedoeld. Maatregelen om het windklimaat hier lokaal te verzachten zijn beschreven in paragraaf 5.2.
- Er is geen risico of beperkt risico op windgevaar gevonden in het plangebied.

Geconcludeerd wordt dat het windklimaat acceptabel is voor het uitvoeren van de beoogde activiteiten in de openbare buitenruimte. Echter, in het geval de activiteiten slenteren en/of langdurig zitten gewenst zijn ter plaatse van de noordwestelijke of zuidoostelijk gebouwhoek van bouwvolume D, dienen aanvullende maatregelen toegepast te worden om deze windrijkere condities lokaal te verzachten. Aanbevelingen voor mogelijke ontwerpaanpassingen zijn gegeven in paragraaf 5.2. Desgewenst kan (in een vervolgstadium) de mate van verbetering door het treffen van maatregelen inzichtelijk worden gemaakt en gevalideerd middels aanvullend (CFD-)onderzoek. Bij de keuze van de te nemen maatregelen en het beoordelen van hun effectiviteit kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden.

| Project                                                   | Projectgegevens                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projectnaam                                               | Esdoornlaan te Oosterhout                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Opdrachtgever                                             | Ten Brinke                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Projectleider Actiflow                                    | Daan Jongerius                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Datum                                                     | 1-11-2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Model                                                     | Algemene gegevens van het model                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Omvang gemodelleerd gebied                                | Bebouwing binnen 400 m rondom project gebouw                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Kerngebied                                                | Nieuwbouw en de directe omgeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Omgeving                                                  | Omgeving in versimpelde bouwvolumes, gedetailleerd nabij het kerngebied                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 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) | 2 x12 (rondom in stappen van 30 graden, met en zonder vegetatie)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Onderzochte configuraties                                 | 1 configuratie: nieuwbouw in bestaande omgeving                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Computeropstelling                                        | Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Programmatuur                                             | <input checked="" type="checkbox"/> FVM (eindige volume methode) <input type="checkbox"/> FEM (eindige elementen methode) <input type="checkbox"/> anders<br>Programmatuur: OpenFOAM<br>Versie: of2306                                                                                                                                                                                        |
| Algemeen                                                  | <input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch<br><input type="checkbox"/> passieve scalars<br><input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch<br><input type="checkbox"/> actieve scalars<br>Overige: |
| Rekenrooster                                              | Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag<br>Basis: 105.464.014 cellen                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Turbulentiemodellering                                    | SST k- $\omega$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Convectieve differentieschema's                           | Snelheidscomponenten: linearUpwindV cellLimited leastSquares 1<br>Turbulente grootheden: limitedLinear 1<br>Scalaire variabelen: n.v.t.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Randvoorwaarden                                           | Gebruikte randvoorwaarden                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Instroomprofiel                                           | Logaritmische atmosferische grenslaag: ruwheid afgestemd op omgeving (NPR6097:2006)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 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: 119359                                                   |                              | Y: 404712                                           |                |
| Toegepaste eisen                                                   | $V_{DR}$<br>m/s                                             | Gewenste<br>kwaliteitsklasse | Overschrijdingskans<br>%<br>$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$ | 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 contour |                              |                                                     |                |
| Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang | Geen                                                        |                              |                                                     |                |

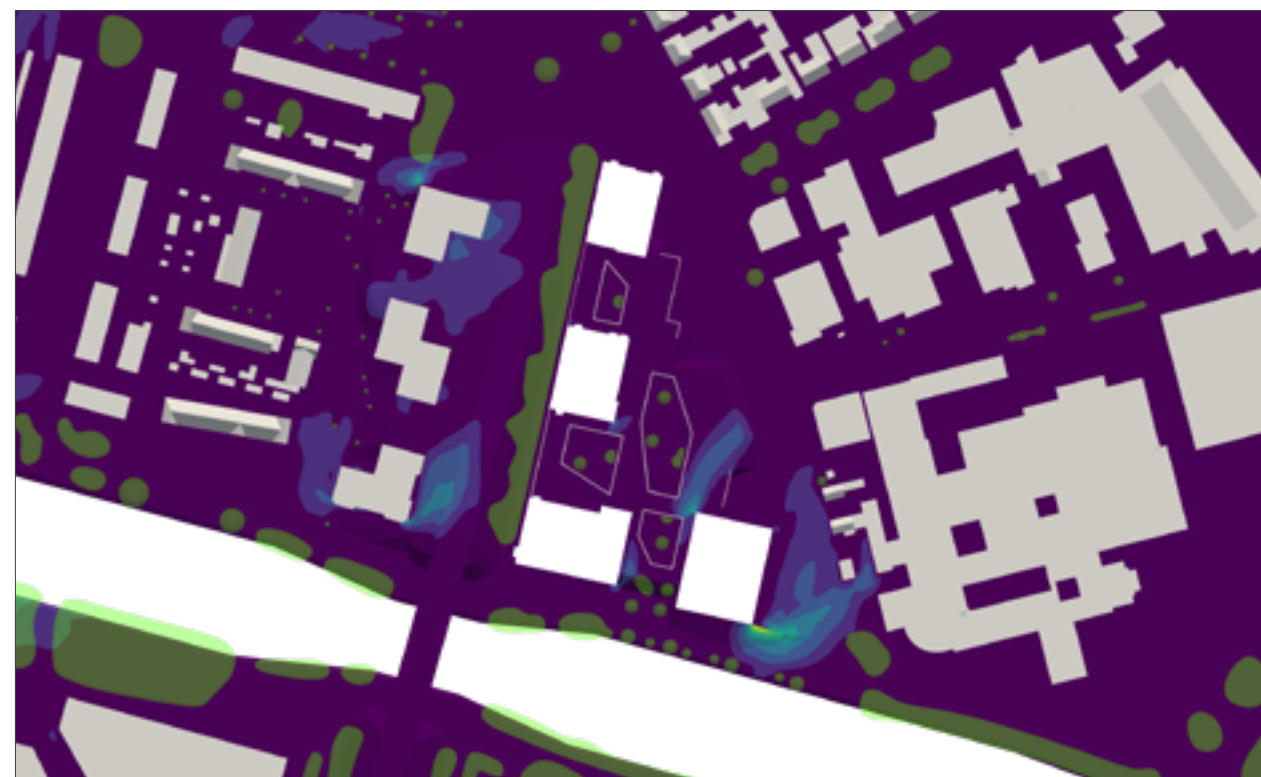
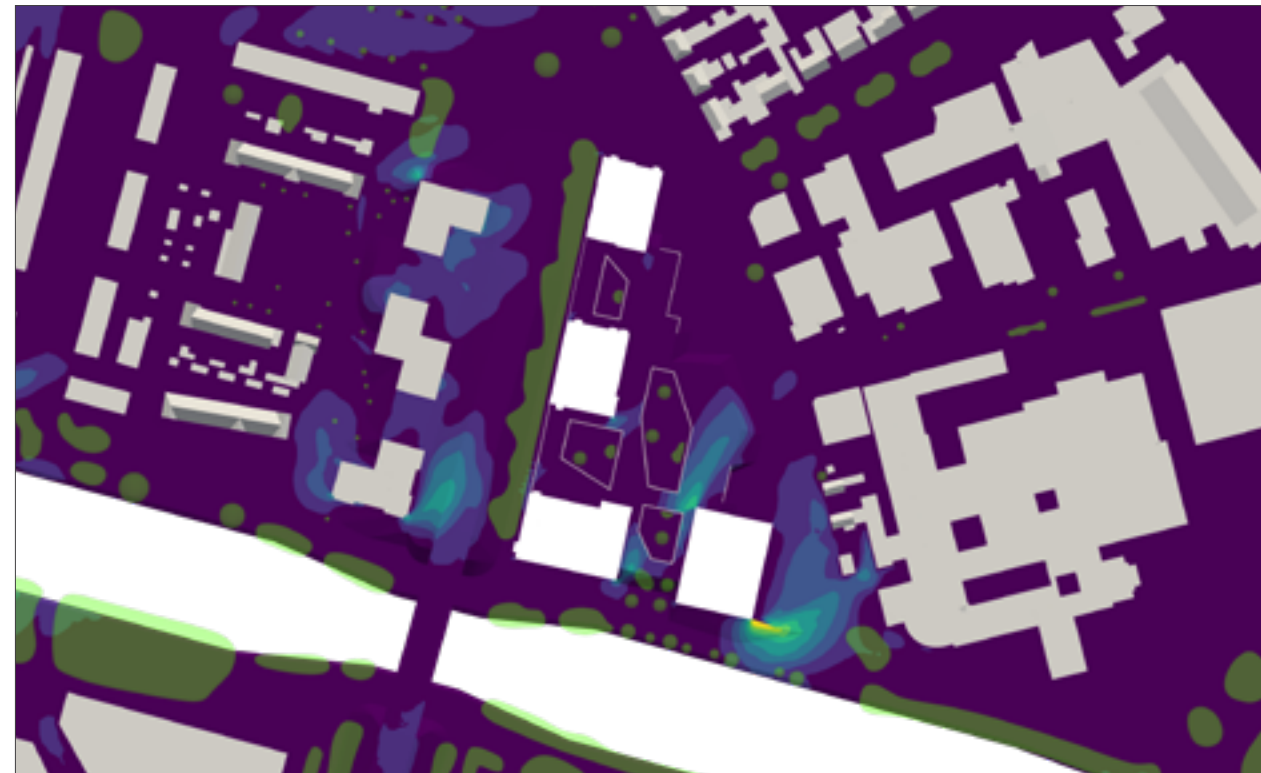
# B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF IN PERCENTAGES  
Amersfoortse Coördinaten: X: 119359 Y: 404712      Jaar 1963-2002

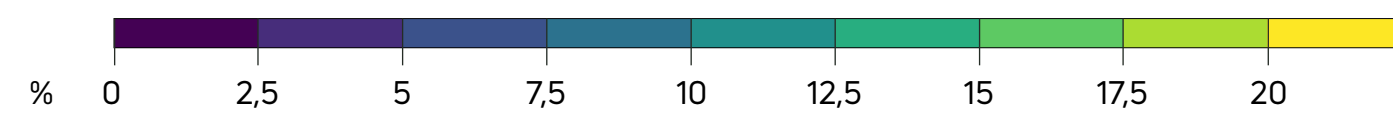
| Windsnelheid<br>[m/s] | N<br>345° - 15° | NNO<br>15° - 45° | ONO<br>45° - 75° | O<br>75° - 105° | OZO<br>105° - 135° | ZZO<br>135° - 165° | Z<br>165° - 195° | ZZW<br>195° - 225° | WZW<br>225° - 255° | W<br>255° - 285° | WNW<br>285° - 315° | NNW<br>315° - 345° | Cumulatief |
|-----------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------|
| 0,0 - 0,9             | 0.15            | 0.14             | 0.18             | 0.19            | 0.18               | 0.21               | 0.16             | 0.22               | 0.21               | 0.18             | 0.20               | 0.21               | 2.24       |
| 1,0 - 1,9             | 0.48            | 0.47             | 0.56             | 0.55            | 0.51               | 0.64               | 0.61             | 0.76               | 0.69               | 0.59             | 0.66               | 0.65               | 7.15       |
| 2,0 - 2,9             | 0.68            | 0.71             | 0.89             | 0.78            | 0.78               | 0.93               | 1.00             | 1.23               | 1.08               | 0.90             | 0.93               | 0.87               | 10.78      |
| 3,0 - 3,9             | 0.70            | 0.88             | 1.04             | 0.98            | 0.88               | 1.06               | 1.18             | 1.57               | 1.37               | 1.07             | 1.06               | 0.93               | 12.72      |
| 4,0 - 4,9             | 0.71            | 0.95             | 1.09             | 1.01            | 0.83               | 0.97               | 1.24             | 1.97               | 1.64               | 1.21             | 1.02               | 0.82               | 13.45      |
| 5,0 - 5,9             | 0.56            | 0.89             | 1.14             | 0.95            | 0.68               | 0.73               | 1.21             | 1.96               | 1.71               | 1.12             | 0.87               | 0.68               | 12.50      |
| 6,0 - 6,9             | 0.49            | 0.80             | 1.00             | 0.73            | 0.46               | 0.48               | 1.05             | 1.76               | 1.72               | 0.96             | 0.71               | 0.50               | 10.65      |
| 7,0 - 7,9             | 0.29            | 0.63             | 0.76             | 0.55            | 0.32               | 0.36               | 0.86             | 1.67               | 1.61               | 0.87             | 0.55               | 0.34               | 8.81       |
| 8,0 - 8,9             | 0.14            | 0.49             | 0.58             | 0.37            | 0.19               | 0.21               | 0.71             | 1.41               | 1.36               | 0.68             | 0.39               | 0.22               | 6.76       |
| 9,0 - 9,9             | 0.08            | 0.32             | 0.42             | 0.27            | 0.08               | 0.12               | 0.51             | 1.20               | 1.10               | 0.50             | 0.27               | 0.12               | 4.99       |
| 10,0 - 10,9           | 0.05            | 0.22             | 0.32             | 0.15            | 0.04               | 0.06               | 0.37             | 0.93               | 0.83               | 0.39             | 0.17               | 0.07               | 3.59       |
| 11,0 - 11,9           | 0.03            | 0.14             | 0.19             | 0.08            | 0.02               | 0.03               | 0.26             | 0.68               | 0.65               | 0.28             | 0.12               | 0.03               | 2.50       |
| 12,0 - 12,9           | 0.02            | 0.08             | 0.13             | 0.05            | 0.01               | 0.01               | 0.15             | 0.49               | 0.41               | 0.19             | 0.06               | 0.01               | 1.60       |
| 13,0 - 13,9           | 0.01            | 0.04             | 0.07             | 0.02            | 0.00               | 0.00               | 0.09             | 0.29               | 0.26               | 0.13             | 0.03               | 0.01               | 0.96       |
| 14,0 - 14,9           | 0.00            | 0.02             | 0.04             | 0.01            | 0.00               | 0.00               | 0.06             | 0.19               | 0.18               | 0.08             | 0.01               | 0.00               | 0.60       |
| 15,0 - 15,9           | -               | 0.02             | 0.01             | 0.00            | -                  | -                  | 0.03             | 0.11               | 0.10               | 0.05             | 0.01               | 0.00               | 0.32       |
| 16,0 - 16,9           | -               | 0.00             | 0.00             | 0.00            | -                  | -                  | 0.01             | 0.06               | 0.05               | 0.03             | 0.01               | 0.00               | 0.16       |
| 17,0 - 17,9           | -               | 0.00             | 0.00             | -               | -                  | -                  | 0.01             | 0.04               | 0.02               | 0.02             | 0.00               | -                  | 0.09       |
| 18,0 - 18,9           | -               | -                | 0.00             | -               | -                  | -                  | 0.00             | 0.02               | 0.02               | 0.02             | 0.00               | -                  | 0.06       |
| 19,0 - 19,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | 0.00             | 0.01               | 0.01               | 0.01             | 0.00               | -                  | 0.03       |
| 20,0 - 20,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | 0.00             | 0.00               | 0.00               | 0.00             | 0.00               | -                  | 0.01       |
| 21,0 - 21,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | -                | 0.00               | 0.00               | 0.00             | 0.00               | -                  | 0.00       |
| 22,0 - 22,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | -                | 0.00               | 0.00               | 0.00             | 0.00               | -                  | 0.00       |
| 23,0 - 23,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | -                | 0.00               | 0.00               | 0.00             | 0.00               | -                  | 0.00       |
| 24,0 - 24,9           | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | -                | -                  | 0.00               | 0.00             | 0.00               | -                  | 0.00       |
| 25,0 en hoger         | -               | -                | -                | -               | -                  | -                  | -                | -                  | 0.00               | 0.00             | -                  | -                  | 0.00       |

# C Situatie bladdragend en bladloze vegetatie, en jaargemiddeld

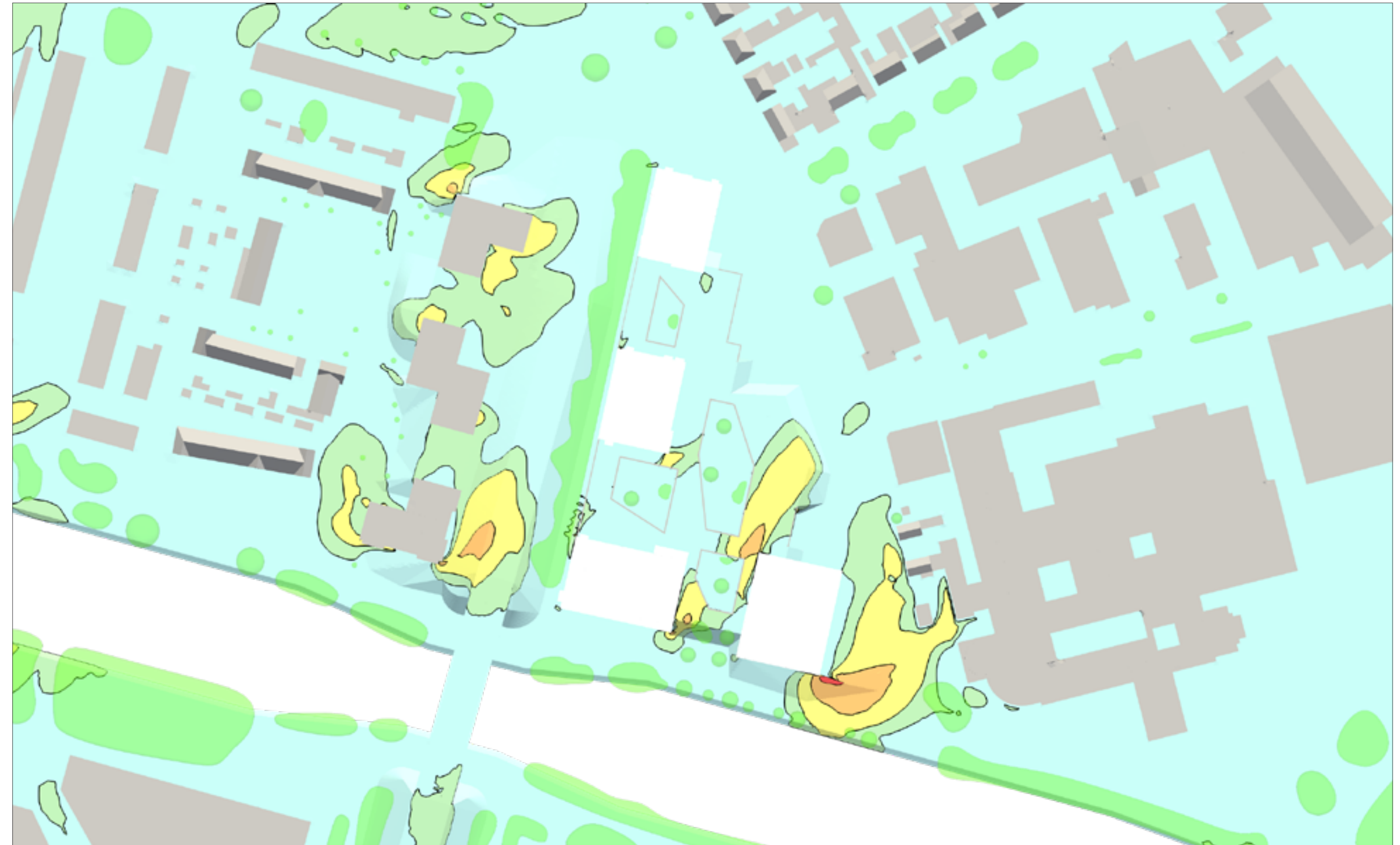
Windhinder



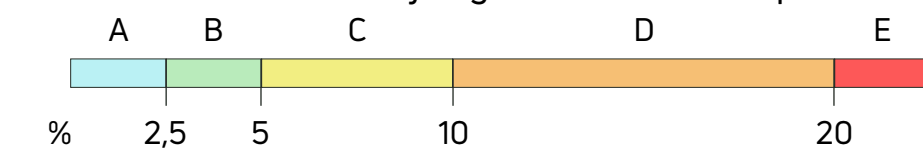
Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



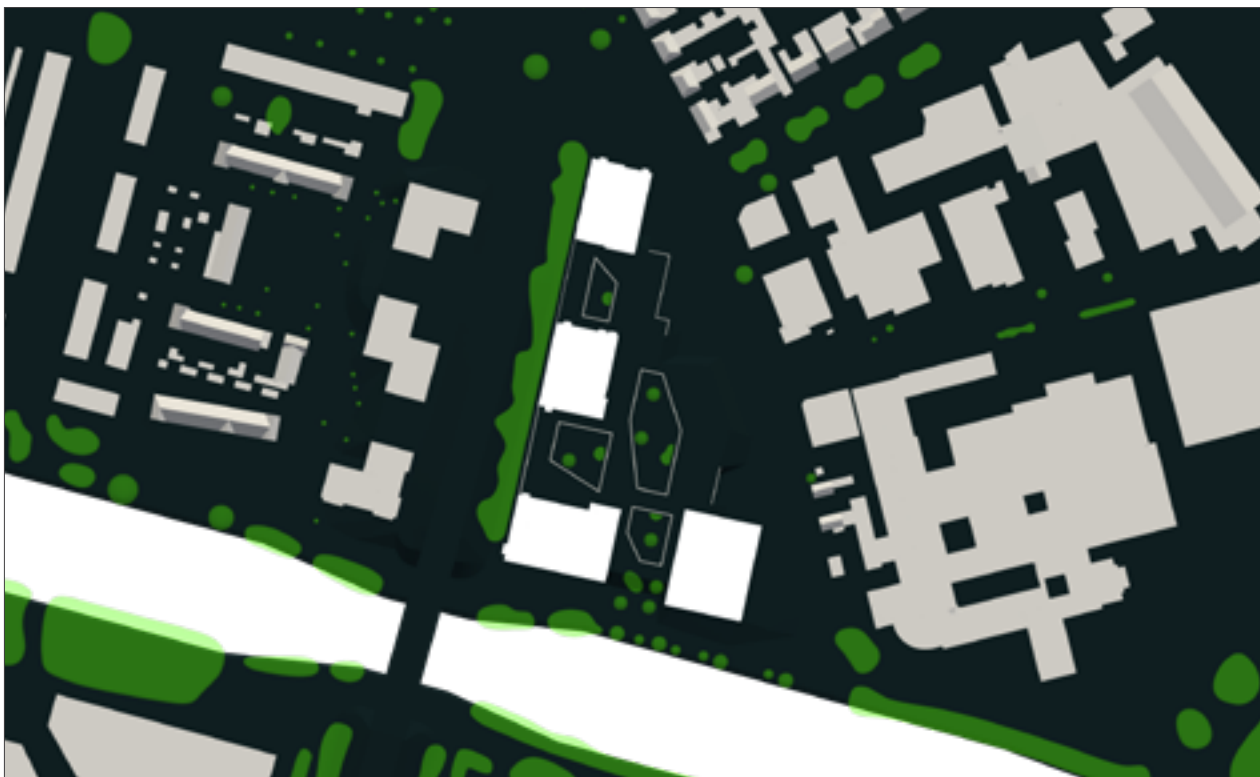
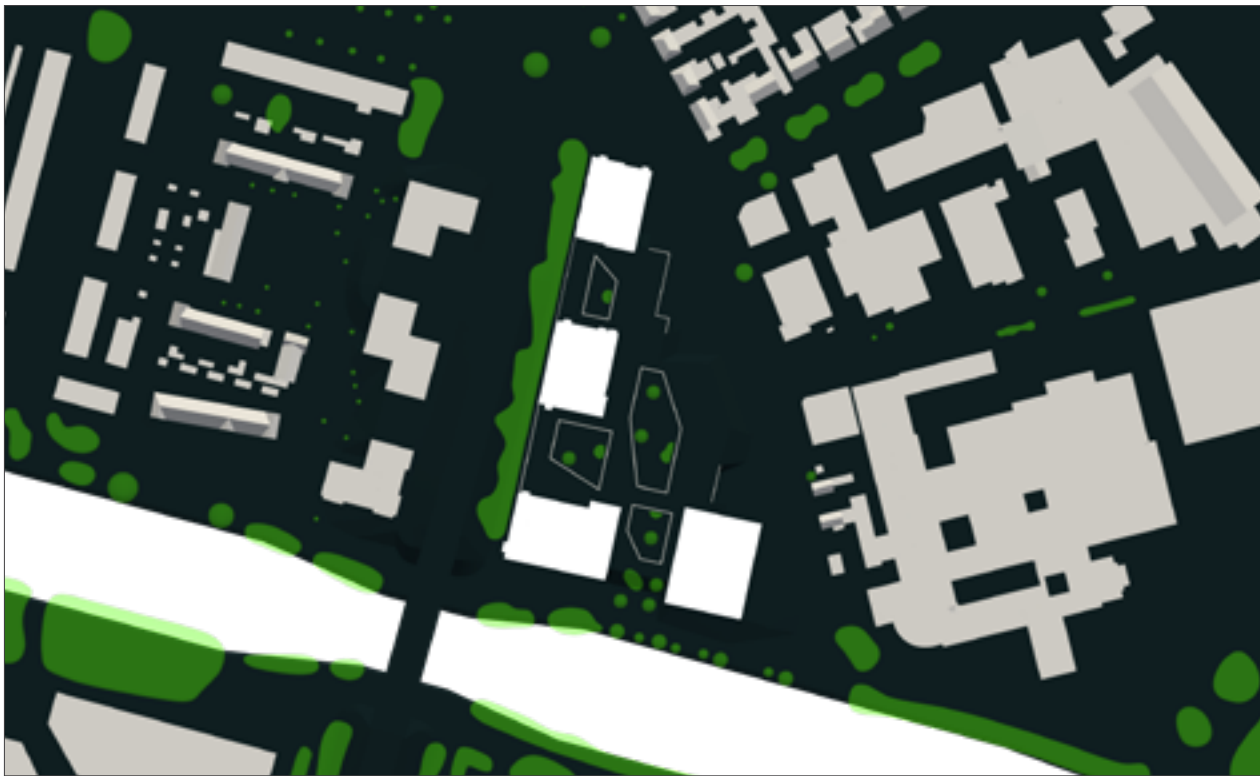
$\bar{x}$



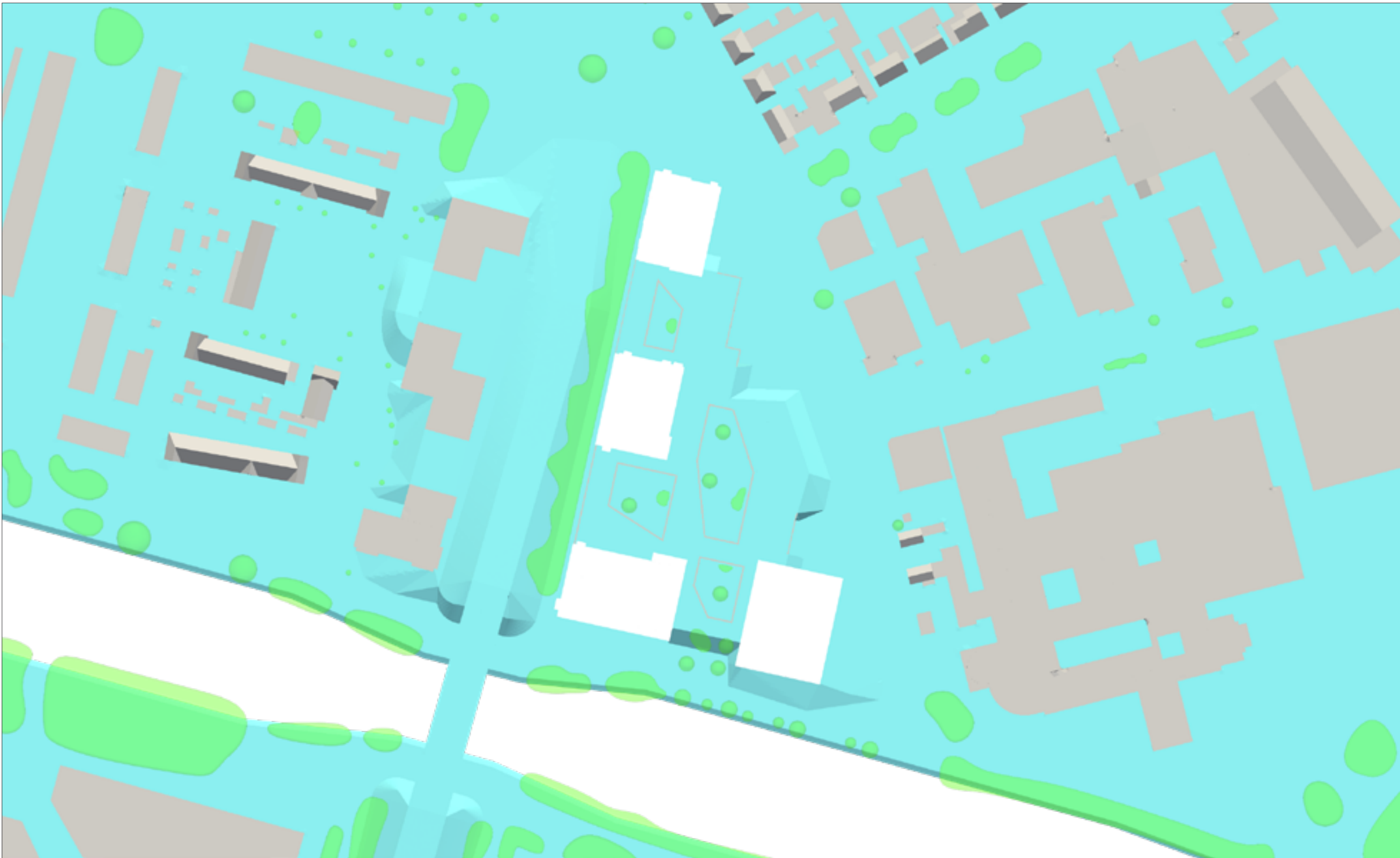
Windhinder - Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windgevaar



Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid (%)

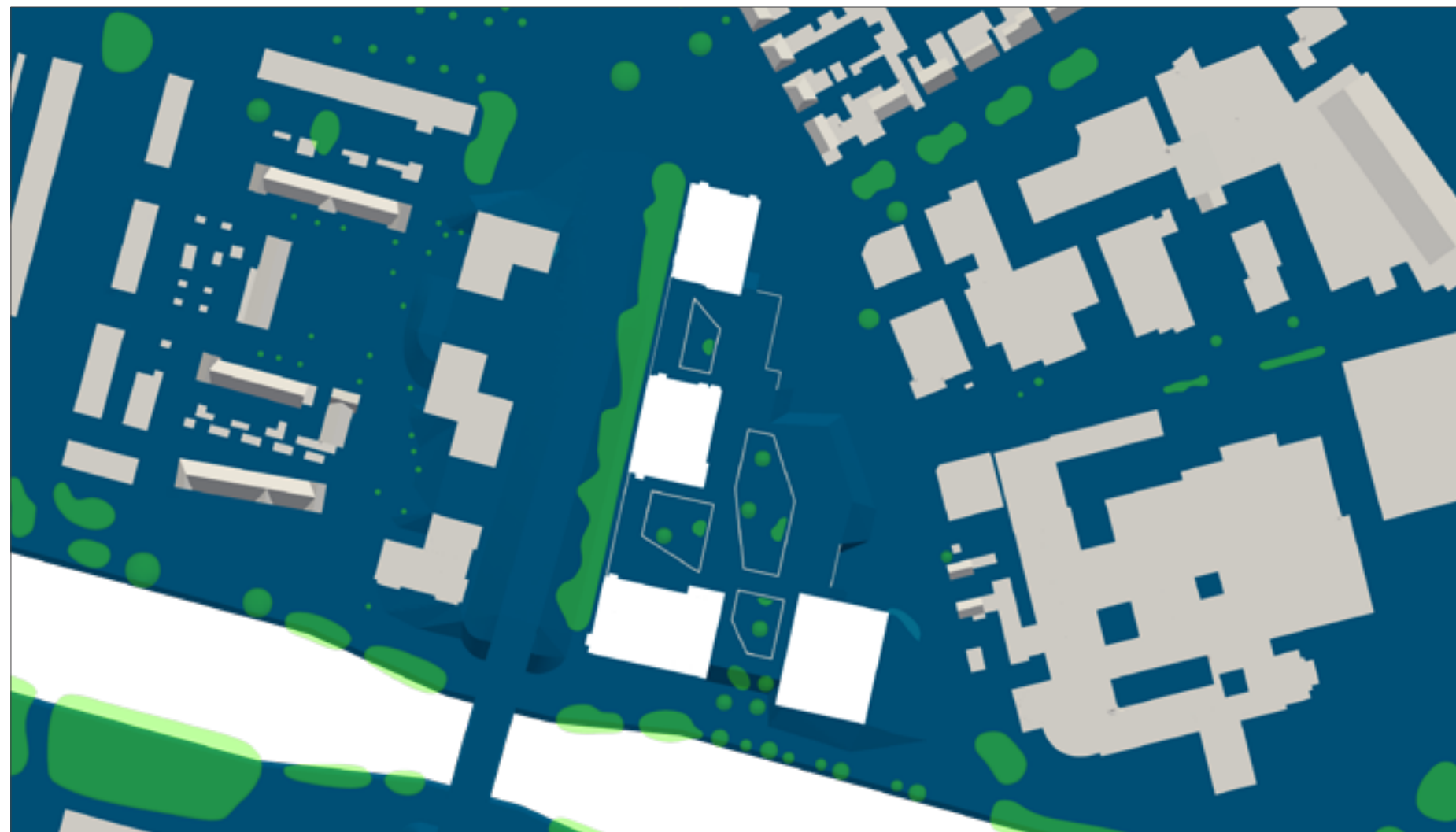
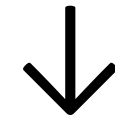


Windgevaar - Overschrijdingskans 15 m/s drempelsnelheid  
Geen risico      Beperkt risico      Gevaar

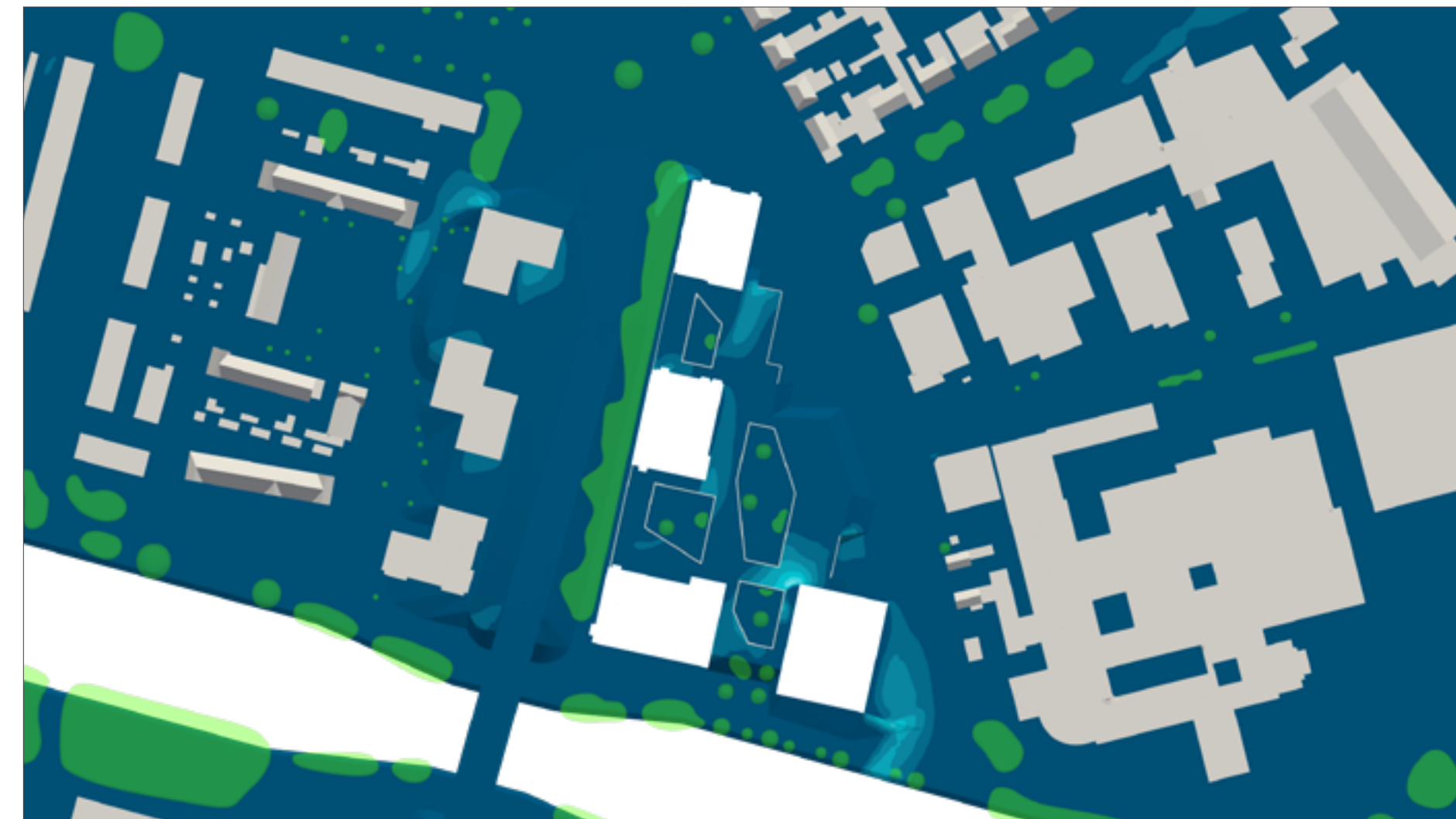


# D Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid voor individuele windrichtingen

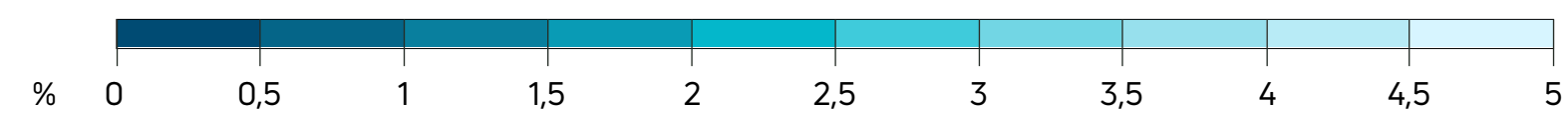
Windrichting:  
0° Noord



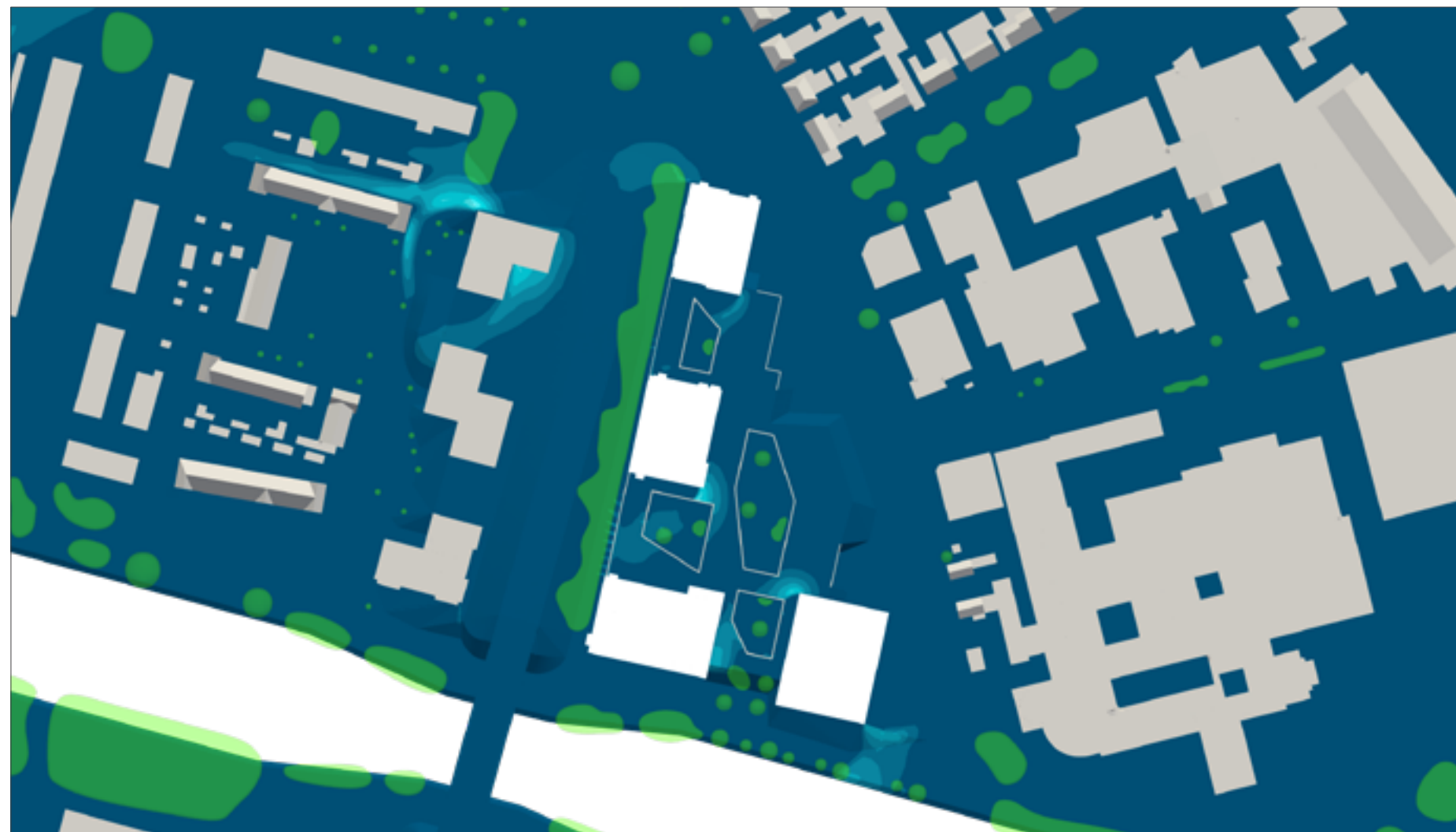
Windrichting:  
30° Noordnoordoost



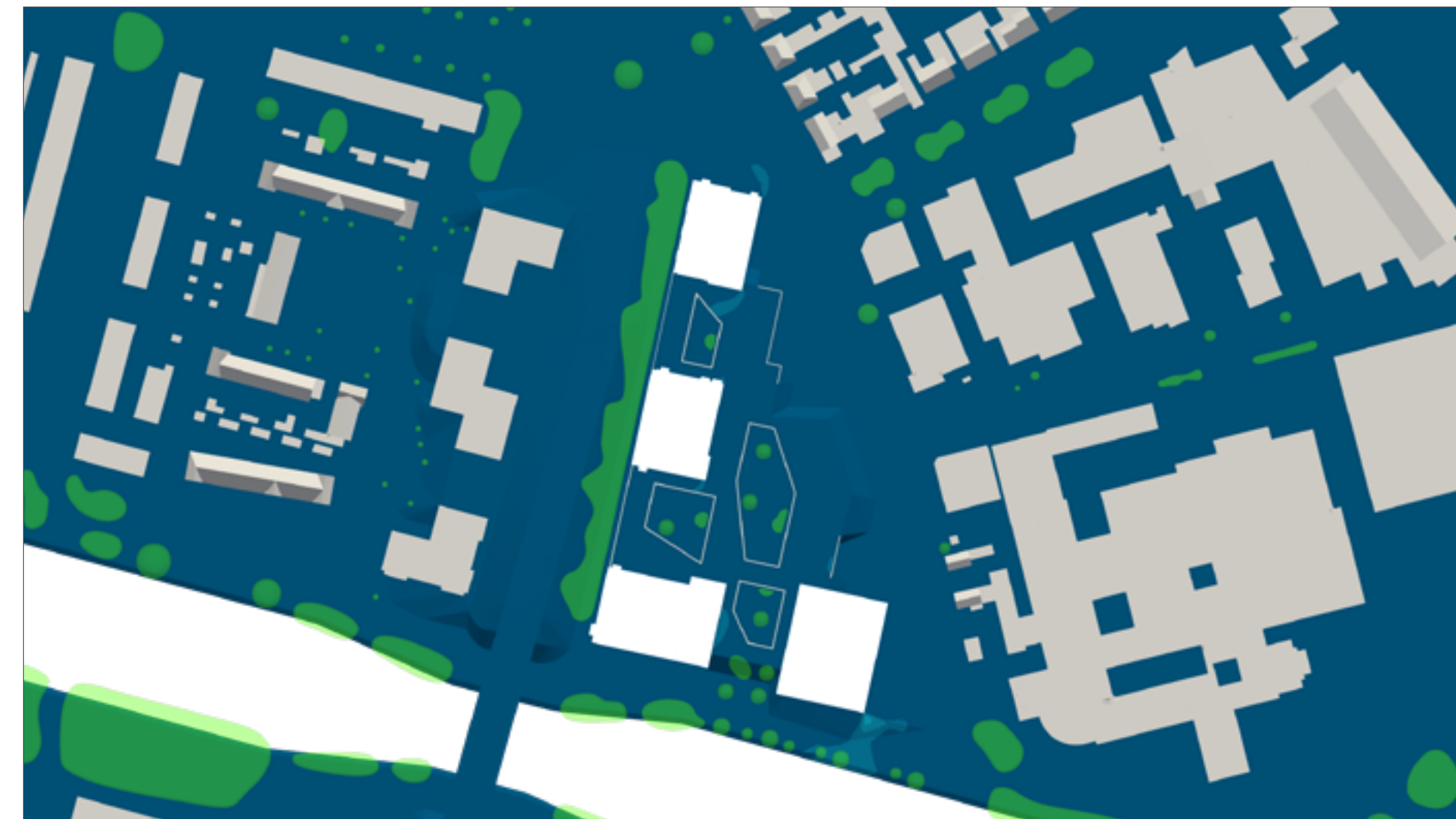
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



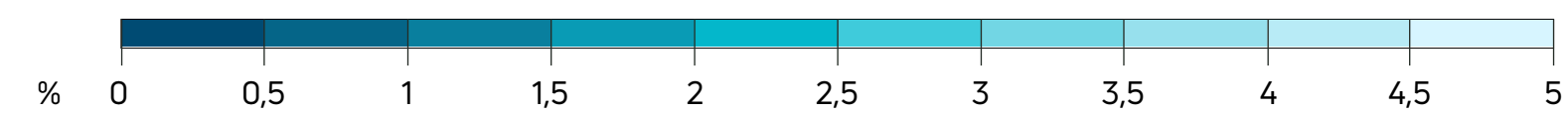
Windrichting:  
60° Oostnoordoost



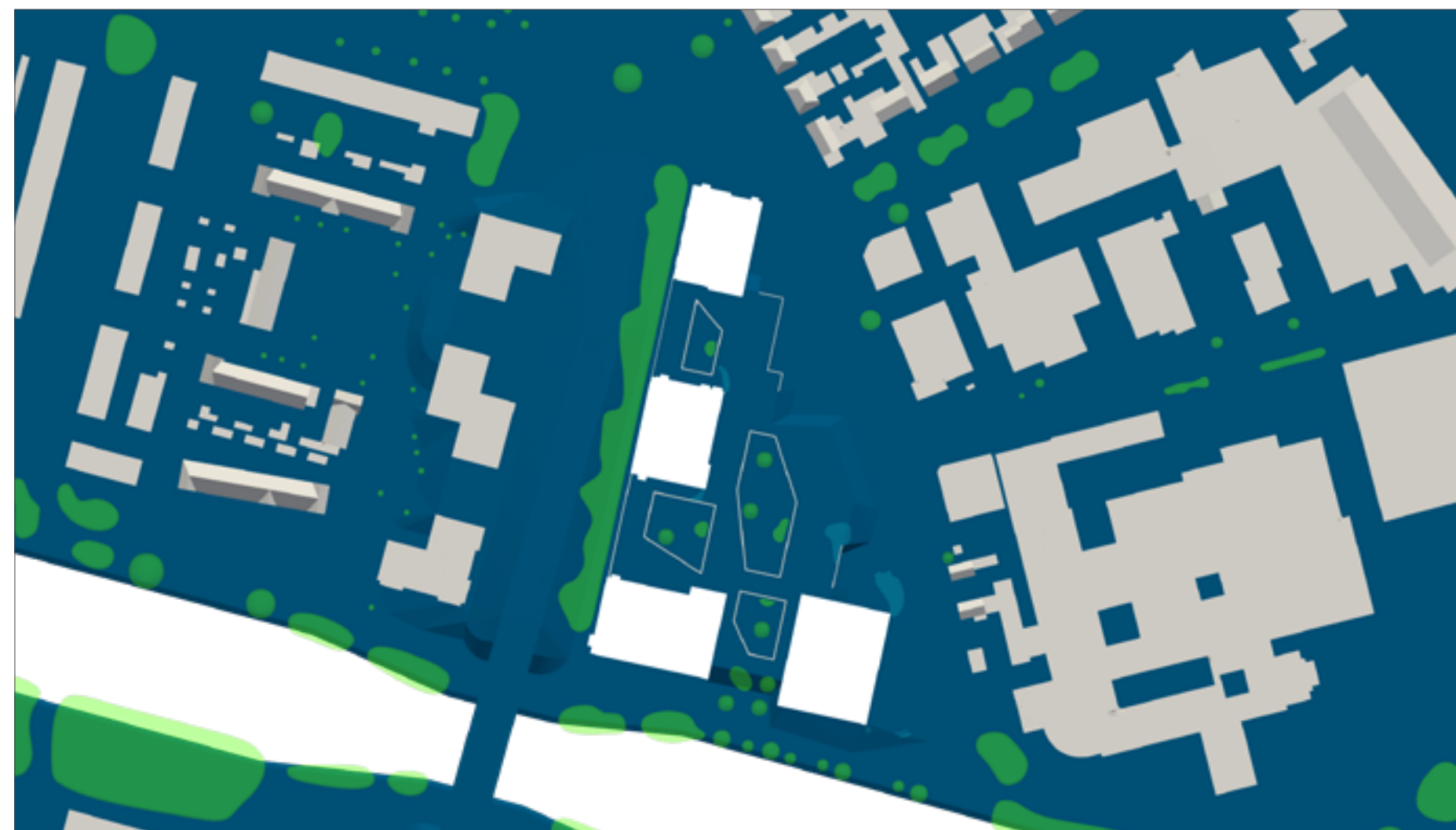
Windrichting:  
90° Oost



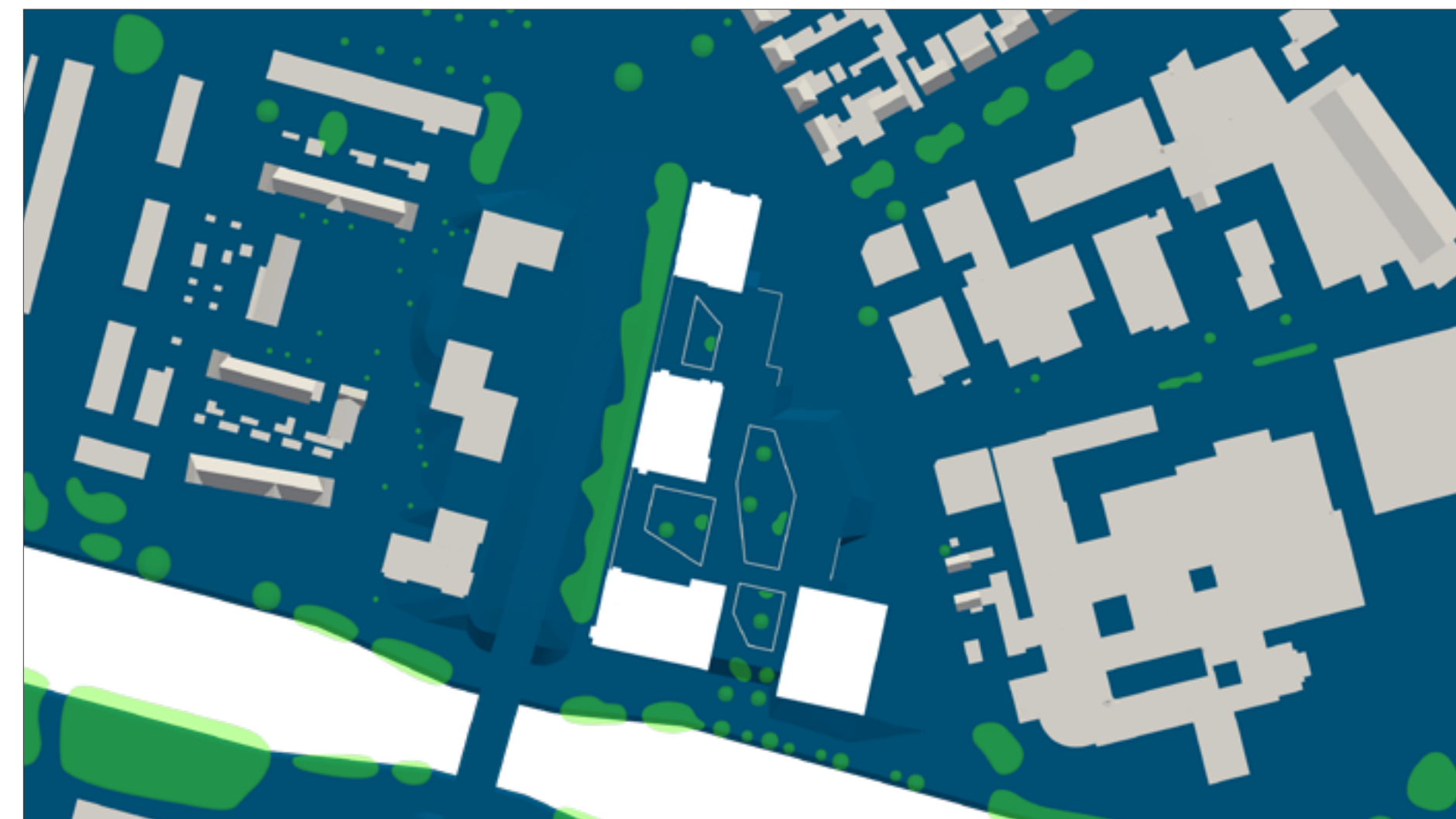
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



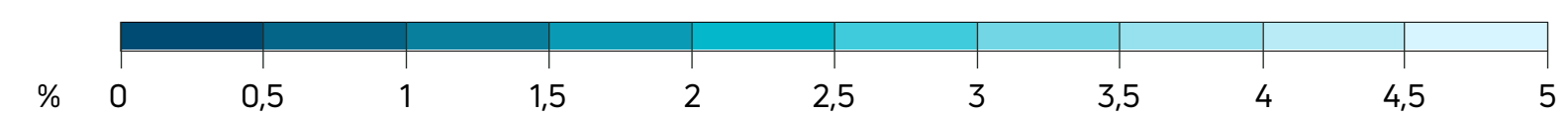
Windrichting:  
120° Oostzuidoost



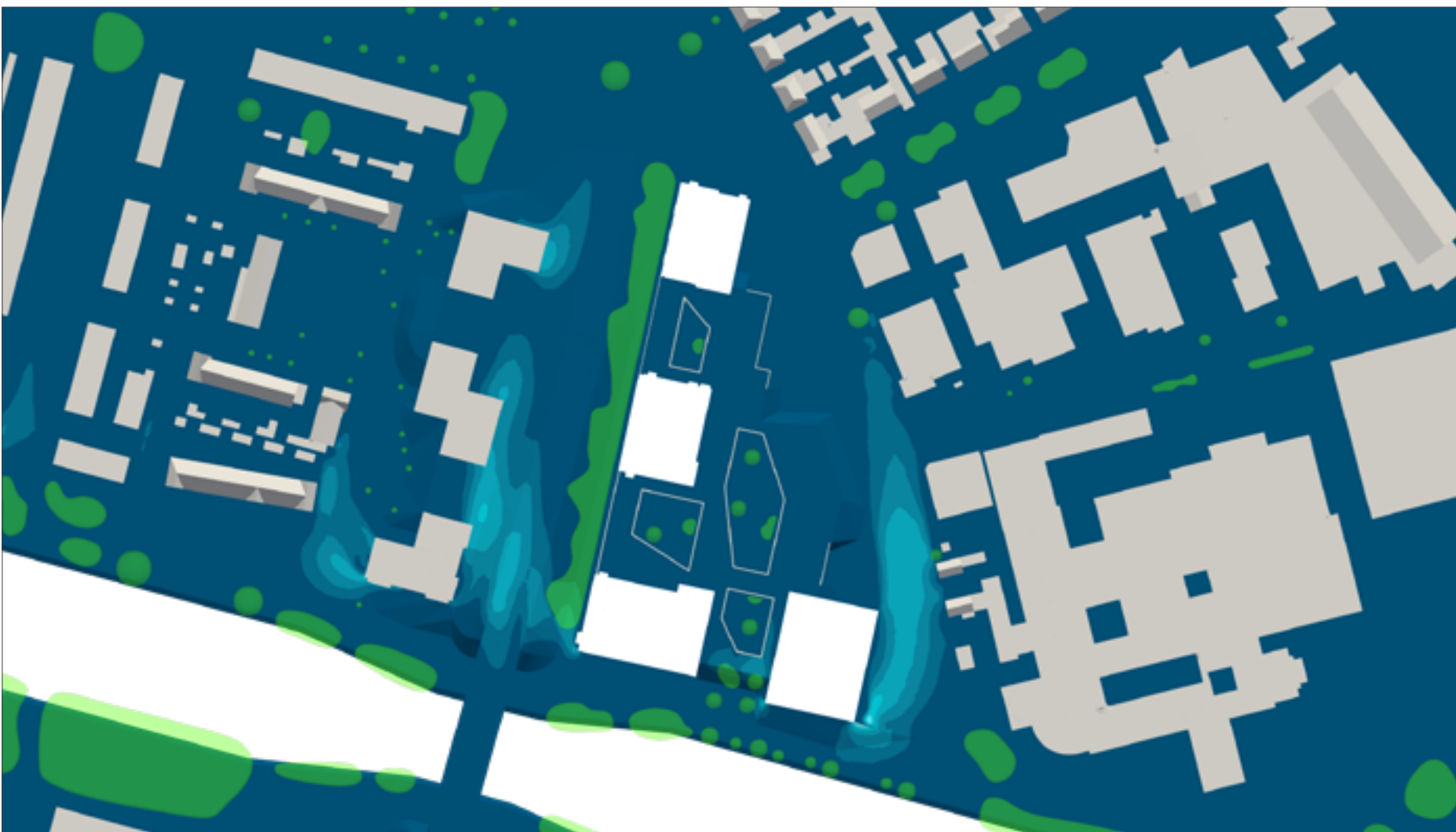
Windrichting:  
150° Zuidzuidoost



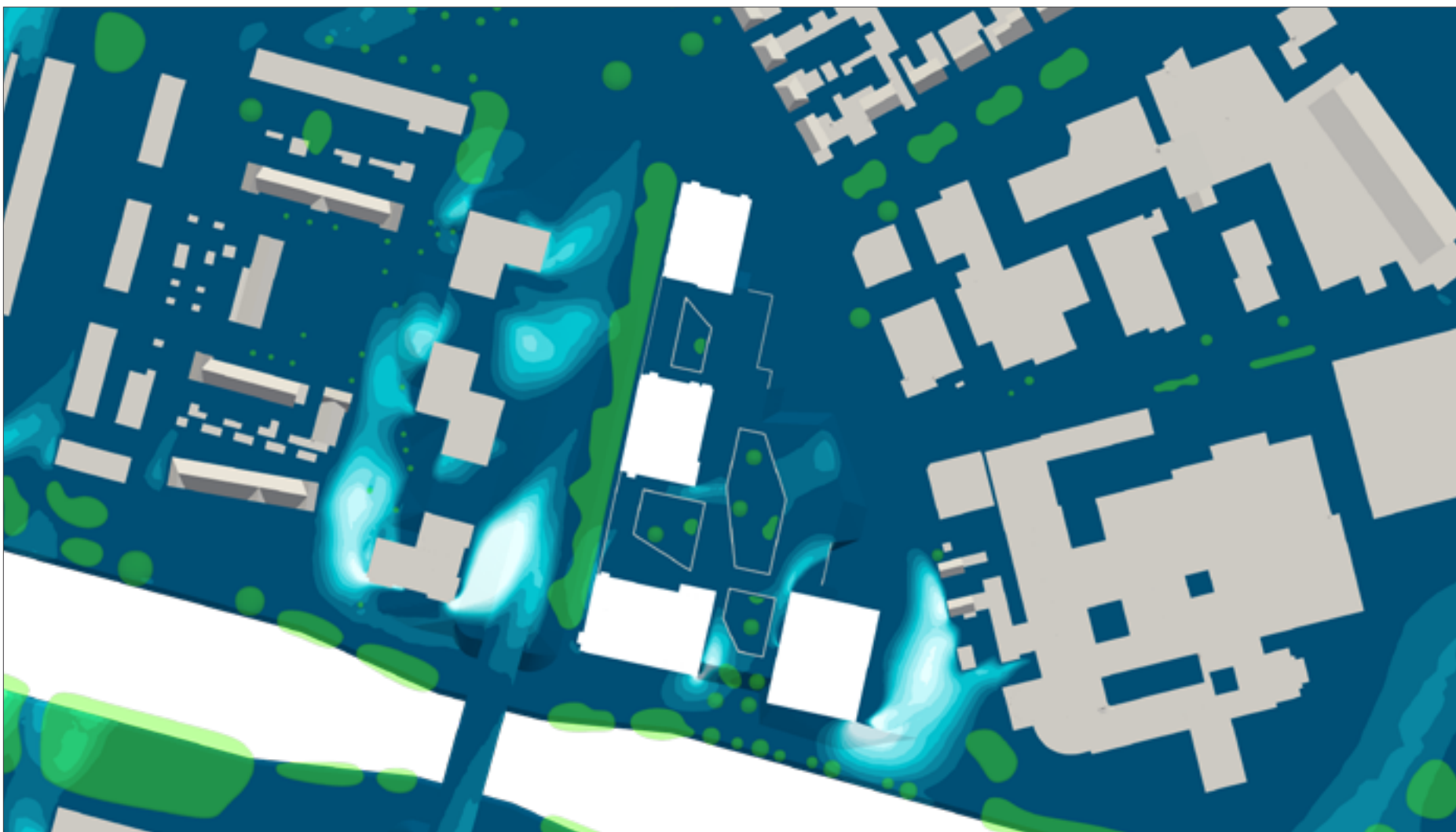
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



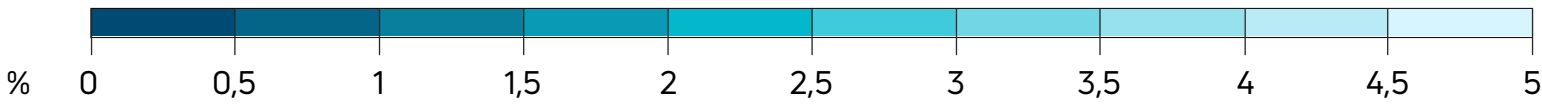
Windrichting:  
180° Zuid



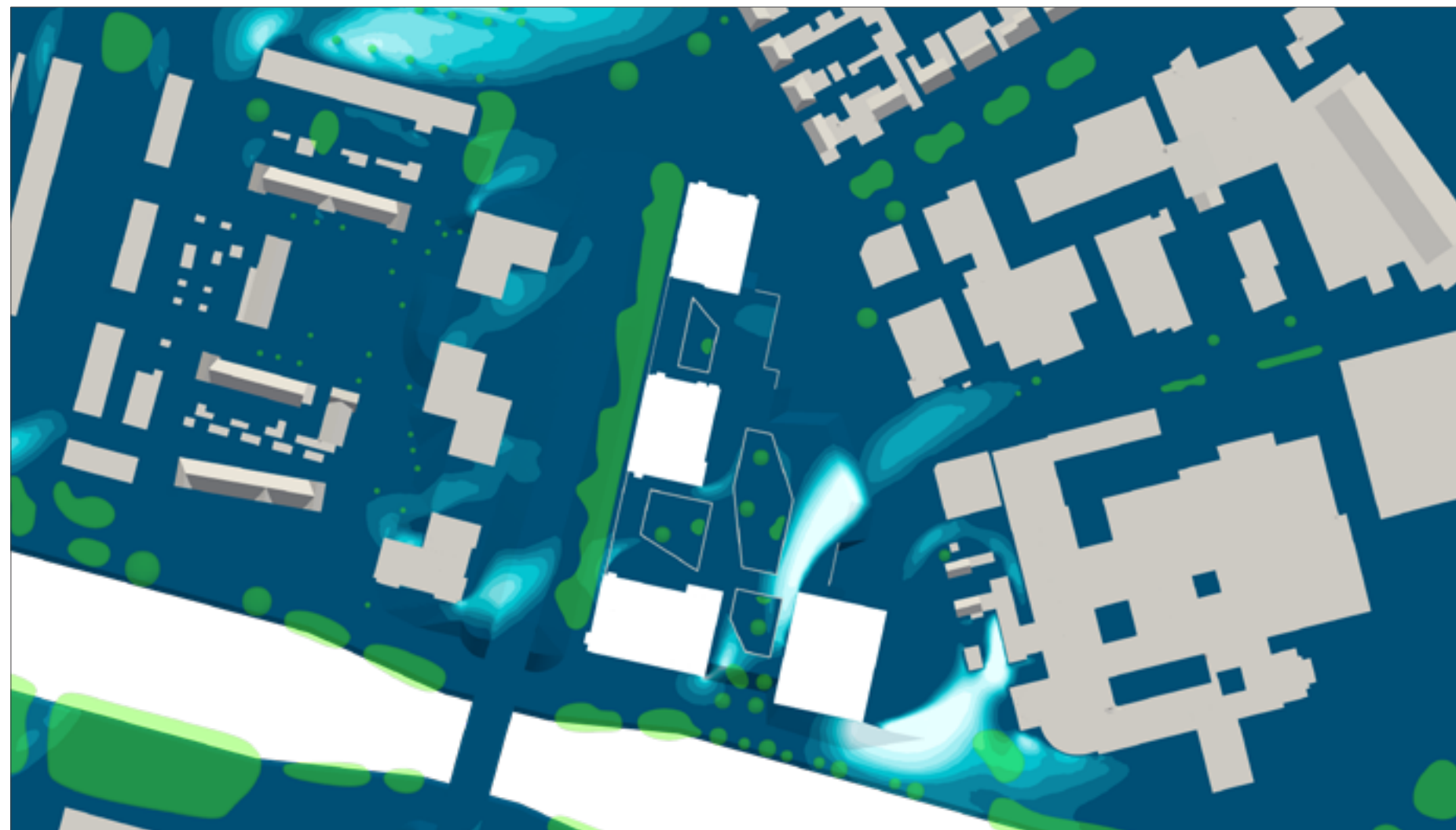
Windrichting:  
210° Zuidzuidwest



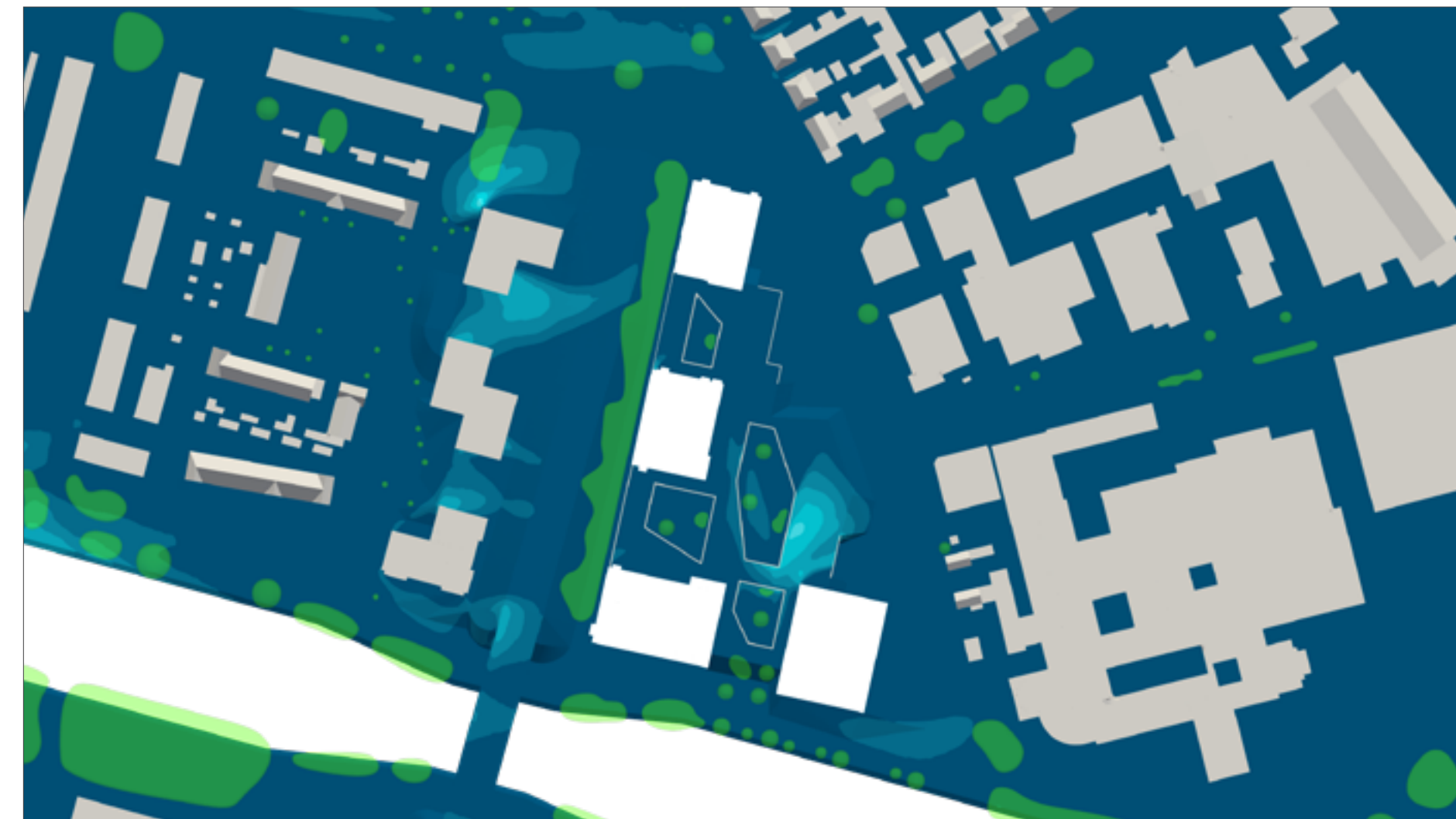
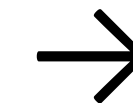
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



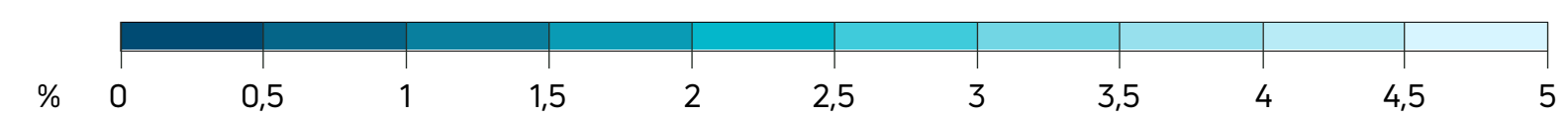
Windrichting:  
240° Westzuidwest



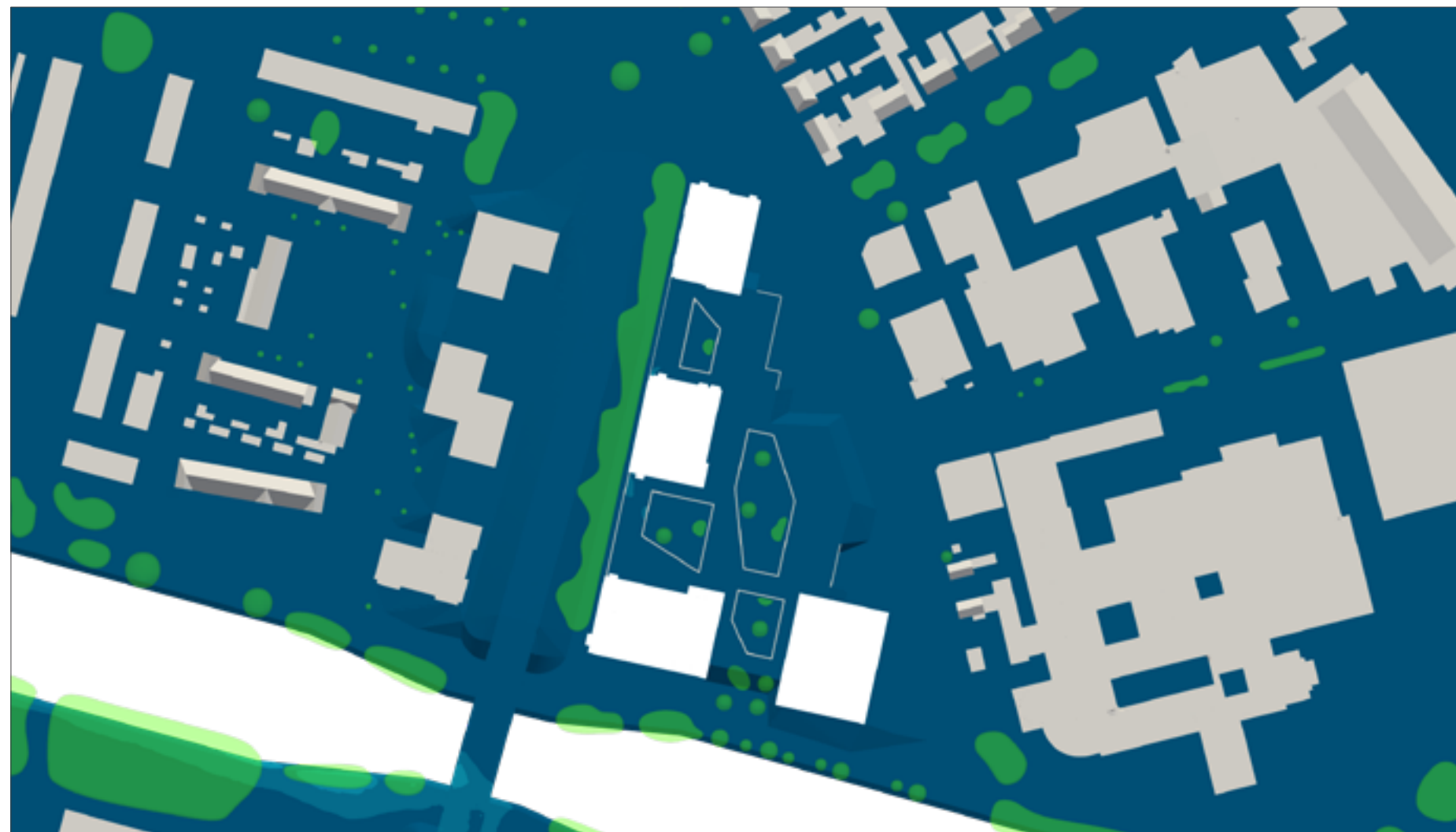
Windrichting:  
270° West



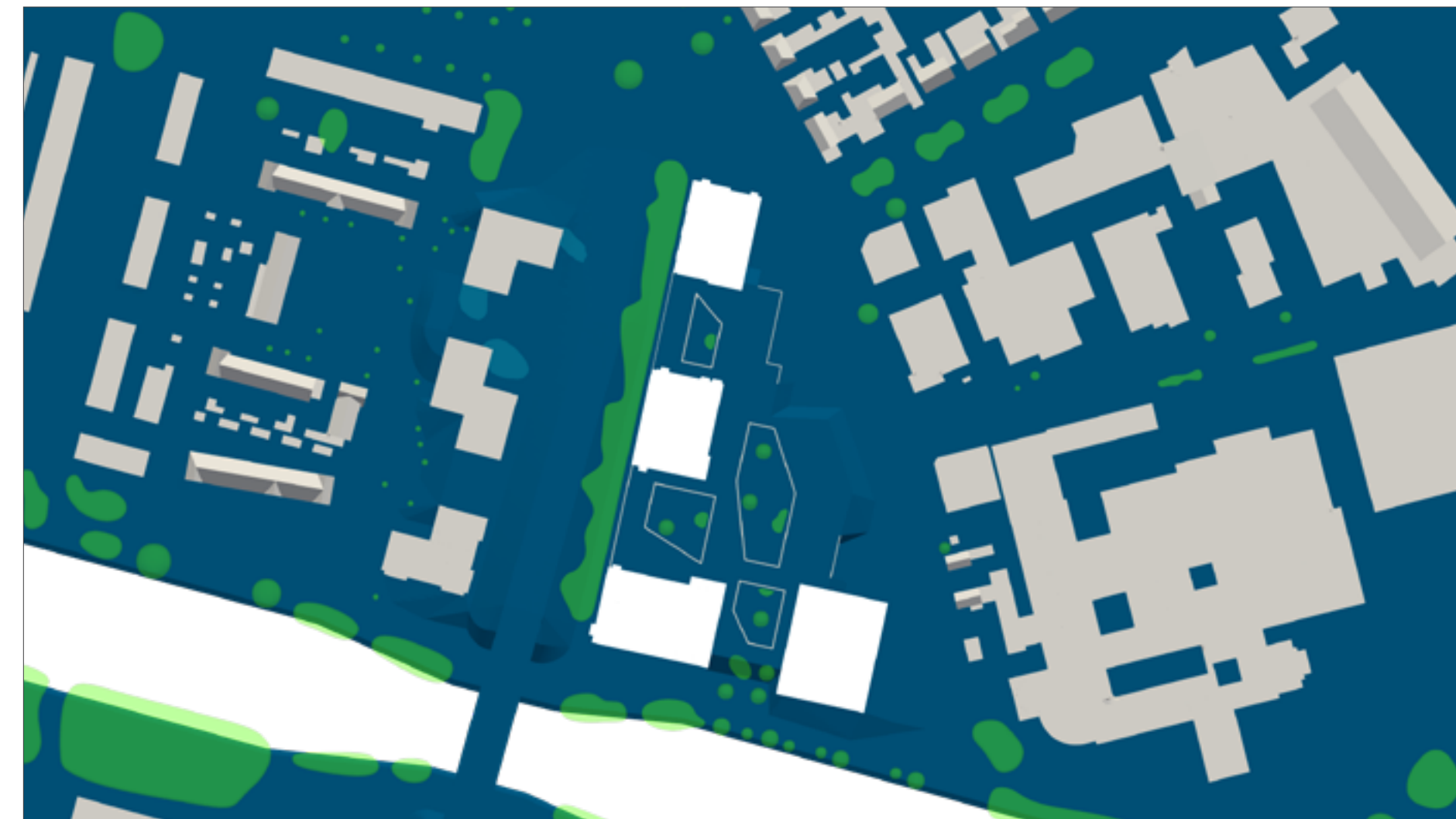
Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid



Windrichting:  
300° Westnoordwest

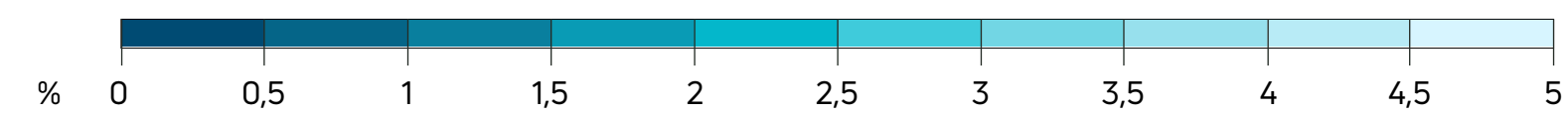


Windrichting:  
330° Noordnoordwest



N  
↑

Overschrijdingskans 5 m/s drempelsnelheid





Actiflow BV

Tramsingel 1

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

[contact@actiflow.com](mailto:contact@actiflow.com)

[www.actiflow.com](http://www.actiflow.com)