

# Kanaalzone te Malden

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Kanaalzone te Malden

CFD-onderzoek naar windhinder en windgevaar

Opdrachtgever	Antea Group
Contactpersoon opdrachtgever	Karst Keijzers
Projectnummer	7547
Rapportversie	1.0
Status	Concept
Datum	17-12-2024

©2024 [Actiflow BV](#)

Auteur ir. Ashly Berghuizen



Controleur ir. Reinier Maas



**Actiflow BV**  
Tramsingel 5  
4814 AB Breda  
+31 (0)76 5422 220  
contact@actiflow.com  
[www.actiflow.com](http://www.actiflow.com)

# Inhoudsopgave

---

1. Introductie	4
2. Normstelling	6
2.1 Windhinder en windgevaar	
2.2 Classificatie en beoordeling van windhinder en windgevaar	
3. Opzet van de berekening	8
3.1 3D-Model en rekenrooster	
3.2 Vegetatie	
3.3 Methodiek	
3.4 Software	
3.5 Aannames en randvoorwaarden	
4. Resultaten	11
4.1 Vergelijking windklimaat openbare buitenruimte	
5. Analyse en discussie	16
5.1 Stromingsfenomenen	
5.2 Aanbevelingen	

# 1 Introductie

Voorliggende notitie omschrijft een windonderzoek uitgevoerd door [Actiflow](#) in opdracht van Antea Group. Dit windonderzoek is uitgevoerd voor de ontwikkeling van het project Kanaalzone te Malden, eerder windonderzoek (rapportage [Actiflow](#) van 22-07-2024) heeft aangetoond dat de nieuwbouw zoals gepland zou leiden tot een ongunstig windklimaat. Deze notitie omschrijft een nieuwe variant om dit windklimaat mogelijk te verbeteren en zal verdere aanbevelingen doen.

Het plangebied van de ontwikkeling bevindt zich aan de oostelijke oever van het Maas-Waalkanaal, ten westen van het centrum van Malden (zie figuur 1.1). Vanuit het zuiden en westen wordt de ruime omgeving van het plangebied gekenmerkt door open weilanden. Ten noorden en oosten bevindt zich vooral laagbouw in de vorm van industriële en residentiële gebouwen.

De beoogde nieuwbouw conform het onderzoek uit juli 2024 bestaat uit vijf torens waarvan de hoogste toren een hoogte van 60 meter heeft, de lagere torens hebben allen een hoogte van 43 m. Verder bestaat de nieuwbouw uit lagere volumes variërend in hoogte van 6 m tot 24 m. Figuur 1.3 toont een impressie van het model van de nieuwbouw in deze situatie. Naar aanleiding van het onderzoek van juli 2024 zijn aanpassingen gedaan aan de bouwvolumes (figuur 1.4). Om het windrijke klimaat te proberen te verzachten is ervoor gekozen om de bouwvolumes meer uit elkaar te plaatsen om het tunneleffect te verminderen tussen de torens en de hoek van de wind op het hoogste gebouw te veranderen. Dit heeft geresulteerd in het draaien van T1, de toren is over zijn eigen verticale as gedraaid. De torens T2 en T3 en de torens T4 en T5 zijn samengevoegd om zo een grotere opening tussen de gebouwen te creëren.

Daarnaast is op verzoek ook het huidige windklimaat berekend (zonder de nieuwbouw) om meer inzicht te geven in de veranderingen die de nieuwbouw teweegbrengt in het gehele gebied en voor de huidige omwonenden (figuur 1.2).

[Actiflow](#) maakt het windklimaat inzichtelijk 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 bebouwomgeving'.



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



**Figuur 1.2:**  
Impressie van het  
model van de huidige  
situatie

Zicht vanuit het  
zuidzuidwesten



**Figuur 1.3:**  
Impressie van  
het model van  
de toekomstige  
situatie conform het  
onderzoek uit juli  
2024 - (V1)

Zicht vanuit het  
zuidzuidwesten



**Figuur 1.4:**  
Impressie van  
het model van de  
toekomstige situatie  
conform voorliggend  
onderzoek - (V2)

Zicht vanuit het  
zuidzuidwesten

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

<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 onderscheid 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 (Lokaal windsnelheid > 15 m/s) (% 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

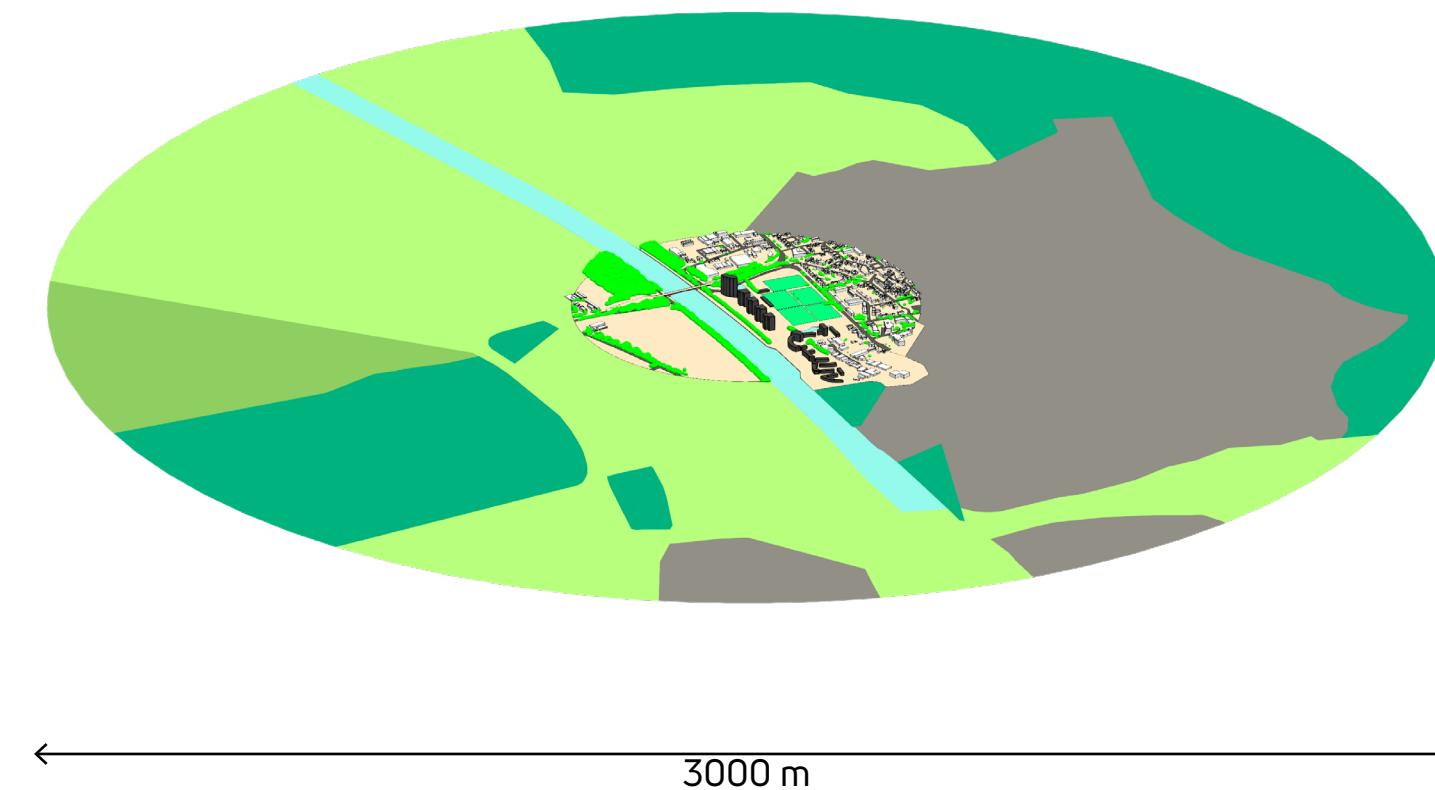
Het windonderzoek is uitgevoerd aan de hand van de richtlijnen in NEN 8100:2006. Hierbij hanteert Actiflow een 'Kwaliteitsrapport', zoals dit ook benoemd wordt in NEN 8100:2006. Hiermee wordt de kwaliteit van ons onderzoek en de betrouwbaarheid van de resultaten gewaarborgd. In dit hoofdstuk worden de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

## 3.1 3D-Model en rekenrooster

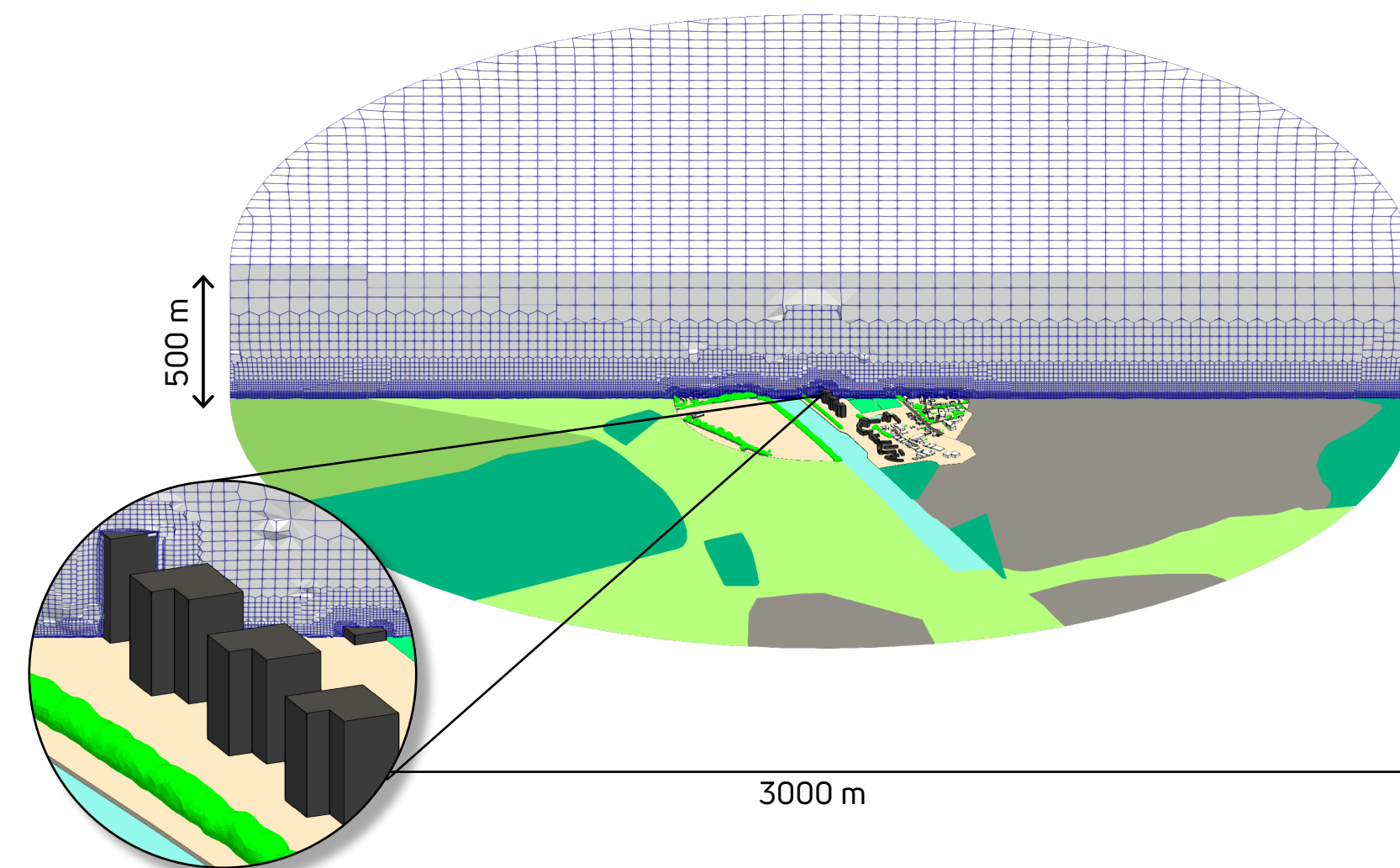
De geometrie van het model is gebaseerd op de verkregen tekeningen van de opdrachtgever. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van minimaal 300 m. Dit betreft de toekomstige situatie na toevoeging van de nieuwbouw conform figuur 1.3.

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). De roosters voor dit onderzoek bestaan uit +/- 40.000.000 cellen. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen met anisotrope verfijning geplaatst. Hierbij is de resolutie hoger loodrecht op de betreffende wand. Deze lagen zorgen voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de (atmosferische) grenslaag.



**Figuur 3.1:**  
Impressie van een van de modellen  
Zicht vanuit het zuiden



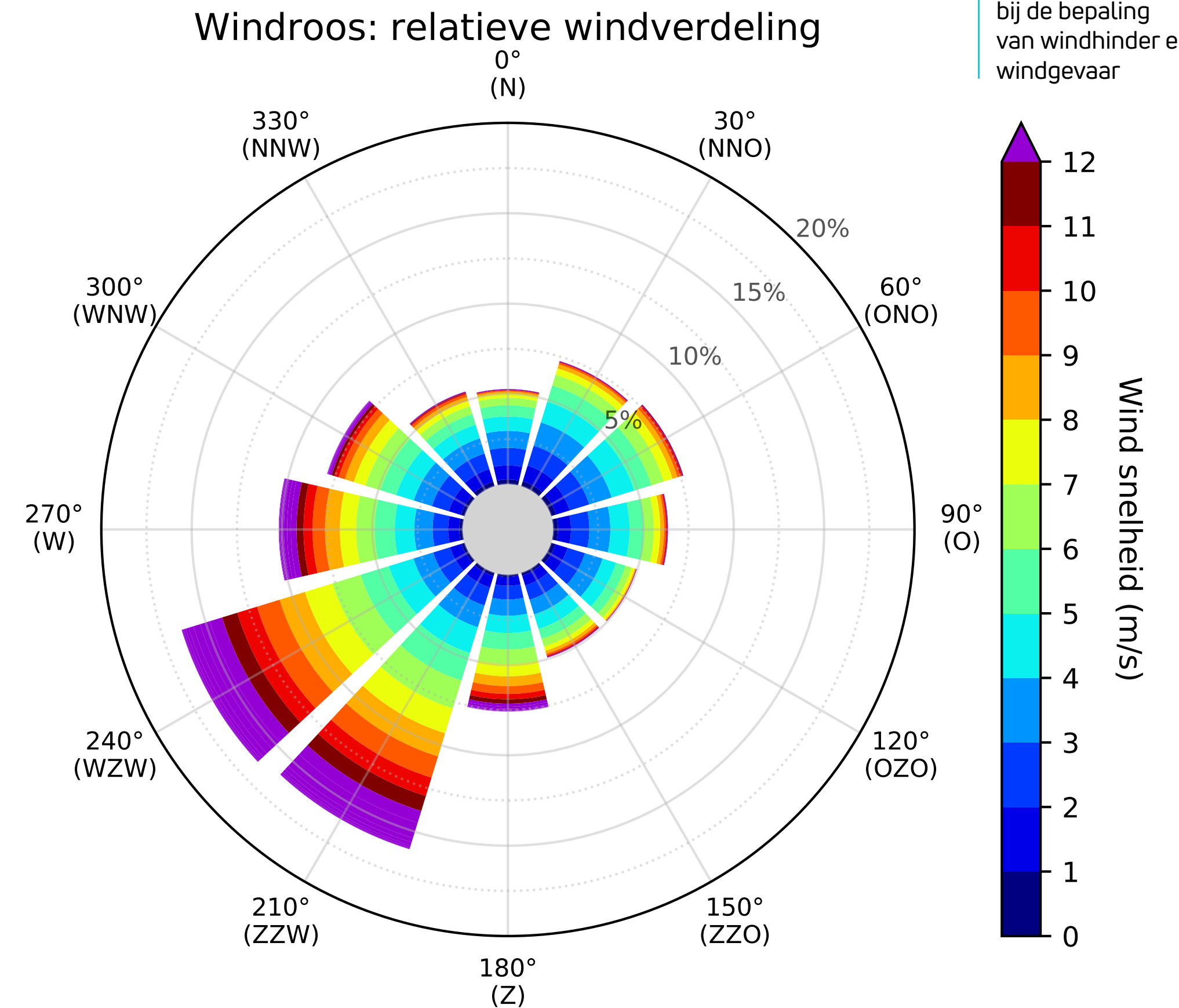
**Figuur 3.2:**  
Doorsnede van het rekenrooster  
Zicht vanuit het zuiden

### 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). 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 v2406, 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

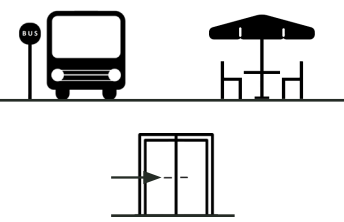
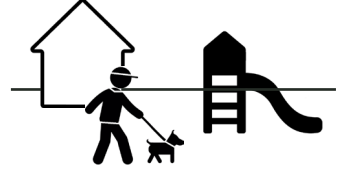

## 4.1 Vergelijking windklimaat openbare buitenruimte

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 en 4.2 tonen de resultaten van de openbare buitenruimte. In figuur 4.1 tonen we de resultaten van het windhinder op voetgangersniveau van zowel de huidige, de initiële toekomstige variant (V1) conform het onderzoek uit juli 2024 als de toekomstige variant met potentiële verbeteringen (V2) conform voorliggend onderzoek. In figuur 4.2 maken we dezelfde vergelijking tussen de drie varianten voor het windgevaar op voetgangersniveau.

Als richtwaarden voor de gewenste windhinderklassen wordt tabel 4.1 aangehouden.

Tabel 4.1: Richtwaarden van de windhinderklassen per activiteit

		Goed	Matig	Slecht
	<i>Langdurig zitten</i> en voetgangersactiviteiten ter plaatse van gebouw-entrees, etc.	A	B	C, D en E
	<i>Slenteren</i> en op locaties die gezien kunnen worden als verblijfsgebied voor voetgangers	A en B	C	D en E
	<i>Doorlopen</i> 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				

#### 4.1.1 Vergelijking V1 en V2

Het resultaat van het onderzoek uit juli 2024 (figuur 4.1B en 4.2B) laat zien dat na realisatie van de nieuwbouw er een zeer windrijk klimaat zal optreden. De optredende condities rondom de nieuwbouw worden gekenmerkt door het beperkt optreden van windhinderklassen A en B (matig tot goed voor iedere activiteit) tot en met het veelvuldig optreden van windhinderklasse D en E (biedt voor elke activiteit een slecht klimaat en dient vermeden te worden) (zie figuur 4.1B). Ook in de variant V2 is er een optreden van alle windhinderklassen te zien (zie figuur 4.1C)

Bij V1 bevindt het meest windrijke gebied zich tussen de hoogste toren (T1) en de nabijgelegen lagere toren (T2). Hier kenmerkt het klimaat zich hoofdzakelijk door windhinderklassen D en E met windgevaar. In mindere mate is een soortgelijk klimaat aan de westelijke zijde van T1 zichtbaar. Door het veranderen van de bouwvolumes in V2 is er te zien dat dit gedeelte nog steeds het meest windrijke gebied zal zijn. Voornamelijk door de draaiing van T1 is het windklimaat aan de westzijde verbeterd, waardoor er geen klasse E meer zichtbaar is. Tussen T1 en T2 is het windklimaat iets verbeterd ten opzichte van V1, het percentage windhinderklasse E is iets afgenomen en er is een luwere zone tussen de klassen E zones in.

Bij V1 zijn er tussen de lagere torens (T2, T3, T4 en T5) eveneens windrijke condities waargenomen die behoren tot windklassen D en E met de aanwezigheid van een beperkt risico op windgevaar.. Ten noordoosten en zuidwesten van deze torens bevinden zich vooral kalme condities die voor alle activiteiten geschikt zijn en zich kenmerken door windklassen A en B. Ten zuiden van T5 zijn condities waargenomen die nog enkel matig geschikt zijn om doorheen te lopen (klasse D). Bij variant V2 zijn er door het samenvoegen van T2/T3 en T4/T5 minder zones waar windhinderklasse E voorkomt maar is er een groter oppervlak met windhinderklasse D te zien. Het windklimaat is hierdoor minder extreem, maar nog steeds relatief windrijk. Voornamelijk aan de zuidwestzijde is er een toename van windhinderklasse C en D zichtbaar waardoor ook hier slechts doorlopen als geschikte activiteit kan worden gezien.

Figuur 4.2 toont het resultaat voor windgevaar. In de figuur 4.2B is te zien dat er zich tussen T1 en T2 een zone bevindt waar windgevaar heerst. Nabij de westelijke hoek van T1 bevindt zich een kleine zone met een beperkt risico op windgevaar, dezelfde condities zijn tussen T2, T3, T4 en T5 waargenomen.

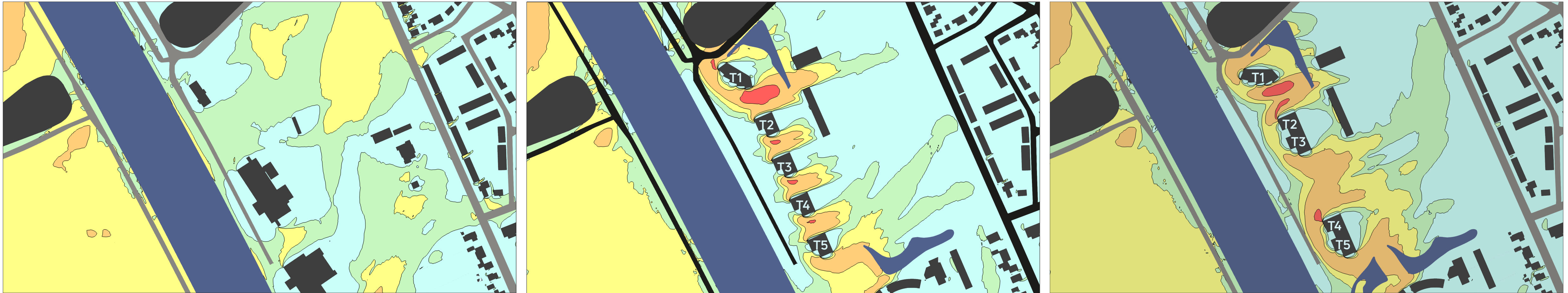
Hier is in figuur 4.2C te zien dat de draaiing van gebouw T1 er voor heeft gezorgd dat er tussen T1 en T2 geen windgevaar meer is. Ook is de zone met een beperkt risico op windgevaar kleiner geworden. Langs de hoeken van T2, T3, T4 en T5 zijn er ook nog steeds kleine zones van beperkt risico op windgevaar te zien.

De gevonden resultaten van zowel variant V1 uit het onderzoek uit juli 2024 als de variant V2 conform voorliggend onderzoek tonen condities die een slecht tot mogelijk gevaarlijk windklimaat voor voetgangers bieden. Gezien de omvang van deze gebieden en het verwachte gebruik van de buitenruimte zijn aanvullende maatregelen gewenst.

#### 4.1.2 Effect op huidige situatie

Figuur 4.1A en 4.2A laat zien wat het huidige windklimaat is op de beoogde nieuwbouwlocatie. Hier is te zien dat het effect van de nieuwbouw in beide varianten V1 en V2 slechts een minimaal tot zelfs een gunstig effect zal hebben op de omgeving van de achterliggende bebouwing in het gebied. De nieuwbouw blokkeert hier de maatgevende zuidwestelijke tot westelijke windrichtingen. Hierdoor zal wind in mindere mate en met lagere snelheid de omliggende bebouwing bereiken.

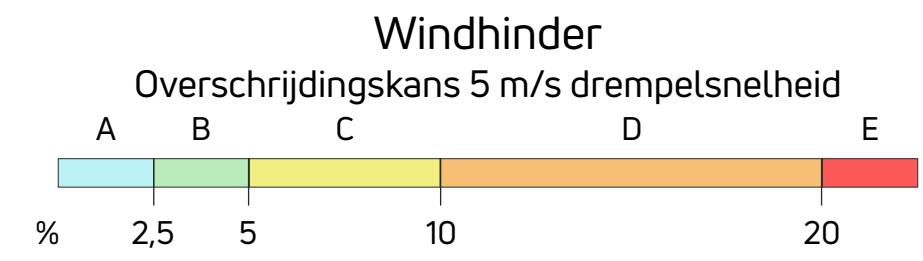
**Figuur 4.1:**  
Windhinder op  
voetgangsniveau



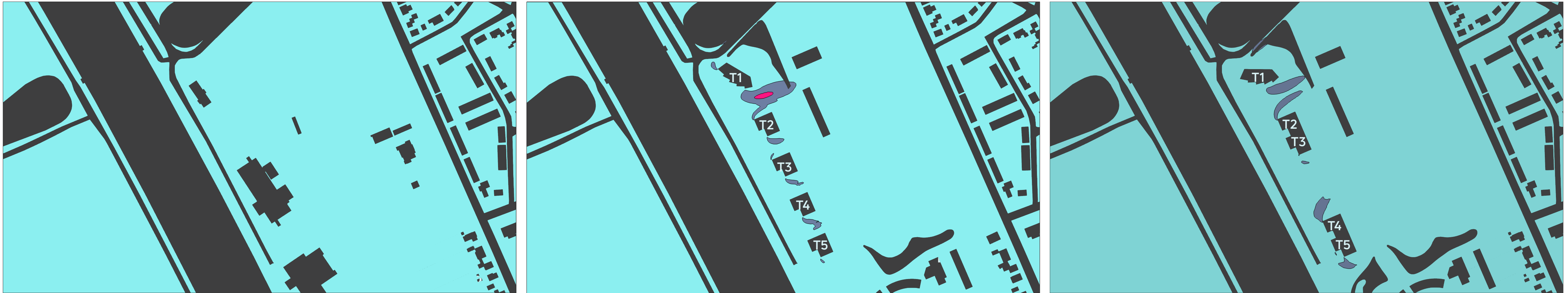
A) Huidige situatie

B) Toekomstige  
situatie conform het  
onderzoek uit juli  
2024 - (V1)

C) Toekomstige  
situatie conform  
voorliggend  
onderzoek - (V2)



**Figuur 4.2:**  
Windgevaar op  
voetgangsniveau



A) Huidige situatie

B) Toekomstige  
situatie conform het  
onderzoek uit juli  
2024 - (V1)

C) Toekomstige  
situatie conform  
voorliggend  
onderzoek - (V2)

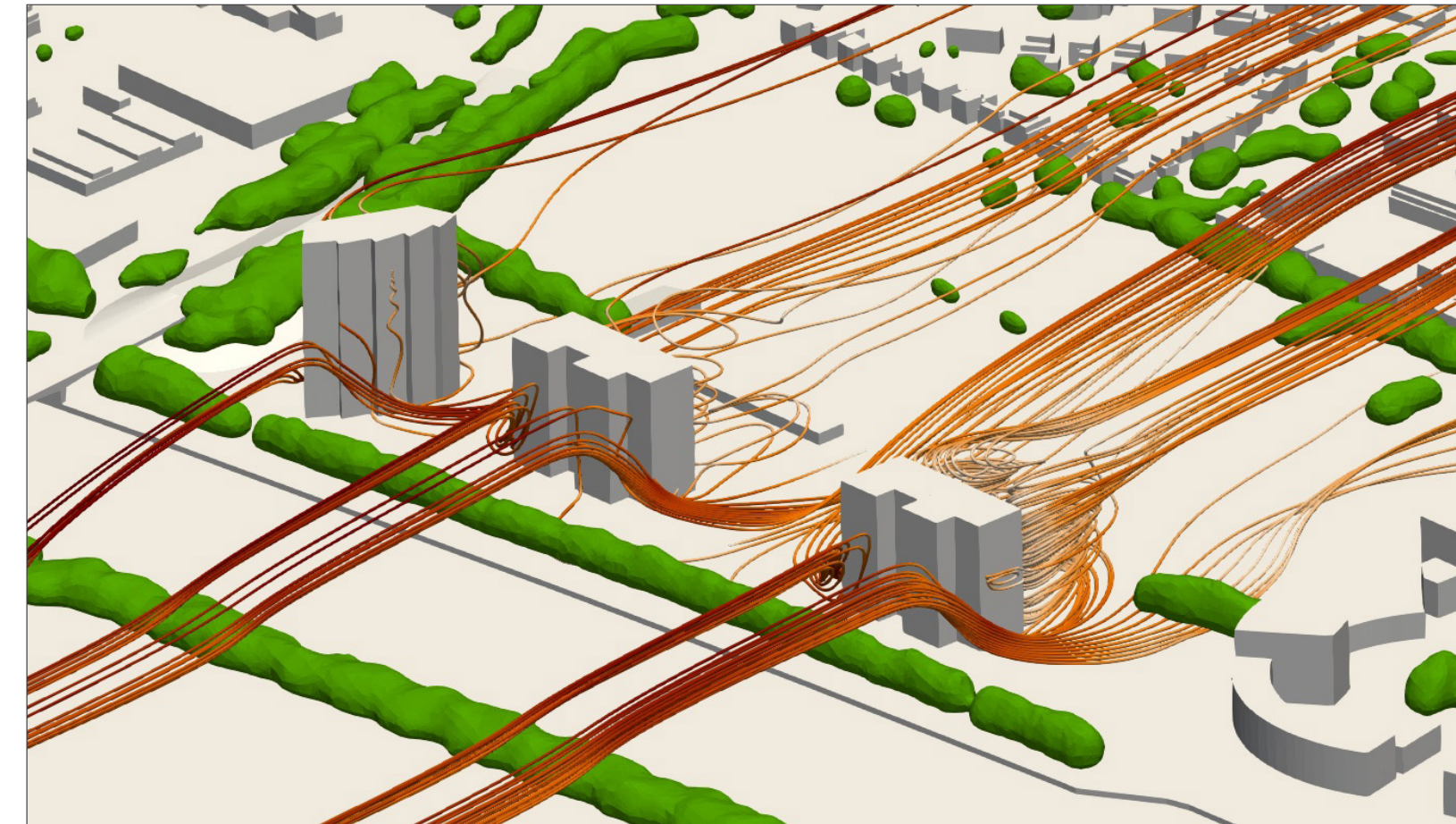


# 5 Analyse en aanbevelingen

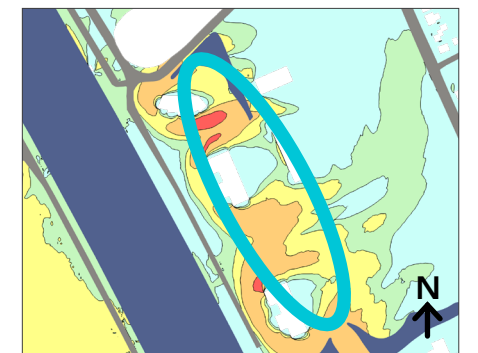
## 5.1 Stromingsfenomenen

In figuren 5.1 en 5.2 laten de stroomlijnen zien wat er gebeurt wanneer de wind uit de meest voorkomende windrichting komt (westzuidwest) en tegen de gebouwen aankomt. In figuur 5.1 is te zien dat de wind tegen de westgevel van de gebouwen komt, naar beneden wordt geleid en uiteindelijk versneld om de hoeken en tussen de gebouwen doorkomt. Doordat er meer ruimte is dan bij V1 is er te zien dat de wind niet ook nog eens wordt versneld door het zogehete tunneleffect.

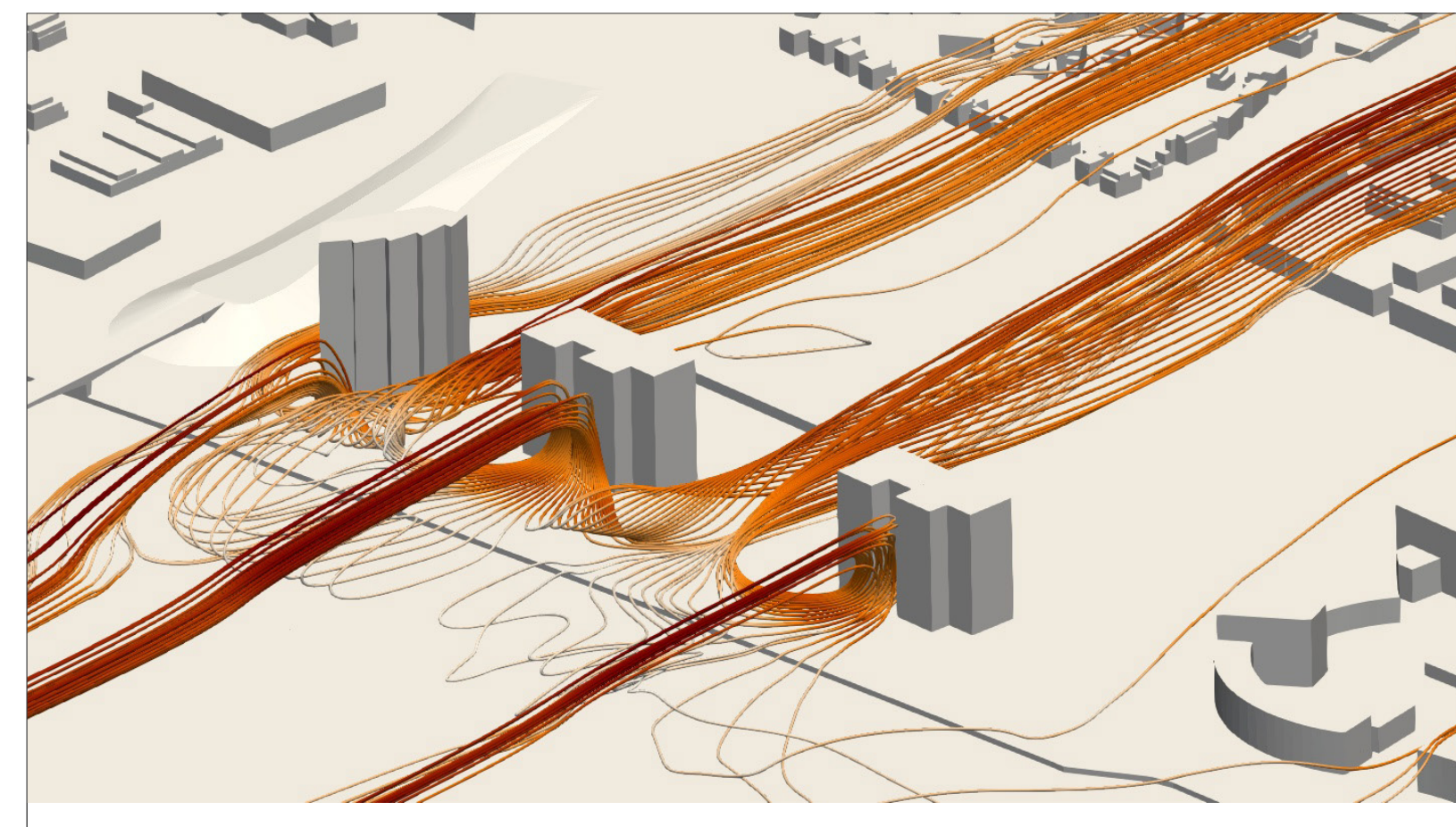
In figuur 5.2 is te zien dat doordat de gebouwen T2/T3 en T4/T5 zijn geclusterd er meer ruimte is tussen de gebouwen maar er wel een nieuw fenomeen ontstaat. Doordat het gebouwoppervlak van de westgevel groter is, is er een groter middenstuk waar de wind niet direct de hoeken om wordt geleid. Daarentegen wordt het eerst naar beneden geleid waar eerst versneld in het gebied aan de zuidwestzijde van de gebouwen. Vervolgens stroomt het alsnog de tussen de gebouwen door. Hierdoor ontstaat er ook in het gebied ten westen van de nieuwbouw een minder comfortabel windklimaat.



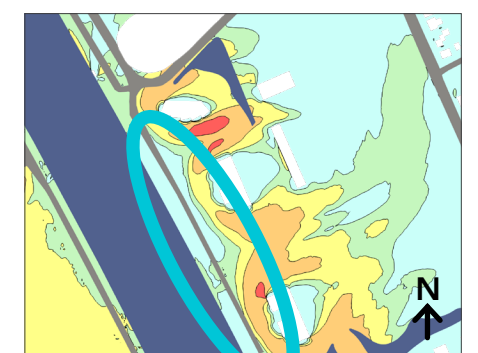
Figuur 5.1:  
Stroomlijnen V2



Wind vanuit WZW



Figuur 5.2:  
Stroomlijnen V2



Wind vanuit WZW



## 5.2 Aanbevelingen

De oriëntatie en ligging van de nieuwbouw is relatief ongunstig in relatie tot wind. De oriëntatie is loodrecht op de maatgevende zuidwestelijke tot westelijke windrichting. Daarnaast komt wind aangestroomt over een open gebied met water en velden, waardoor wind ongeremd de nieuwbouw bereikt. Toch is het mogelijk om een voor de omstandigheden zo gunstig mogelijk windklimaat te creëren. Er wordt als vuistregel een hiërarchie van oplossingen voorgesteld:

1. Er wordt gekeken naar oplossingen in de volumes van het stedenbouwkundig plan, hoe zijn de gebouwen gepositioneerd tov van hun omgeving en de dominante windrichtingen.
2. Er wordt gekeken de gebouwvolumes zelf, hier vallen zaken onder als afrondingen, setbacks en plinten;
3. "Kleine" maatregelen aan het gebouw zoals luifels of toevoegen van reliëf kunnen worden overwogen;
4. Maatregelen in de buitenruimte op eigen terrein, zoals schermen of winterharde vegetatie;
5. Maatregelen in de publieke buitenruimte, zoals schermen of winterharde vegetatie.

### 5.2.1 Oplossingen in de volumes van het stedenbouwkundig plan

#### 1. Oriëntatie van de gebouwen

Wat er bij V2 ten opzichte van V1 al is te zien, is dat wanneer T1 wordt gedraaid, om minder gevel oppervlak loodrecht op de dominante windrichting te creëren, het windklimaat rondom dit gebouw verbeterd. De gebouwen zodanig positioneren dat het zuidwestelijk georiënteerde oppervlak zo klein mogelijk is, is te prefereren. (zie figuur 5.3)

#### 2. "Kronkels" creëren

In plaats van de gebouwen in de exact zelfde oriëntatie te plaatsen kan het gunstig zijn om de gebouwen zo te plaatsen dat de windstroom tussen de gebouwen door wordt onderbroken. Er zullen dan geen rechte paden tussen



**Figuur 5.3:**  
Verandering van oriëntatie van de gebouwen



**Figuur 5.4:**  
Geometrie van het gebouw aanpassen zodat er "kronkels" ontstaan

de gebouwen doorlopen (zie figuur 5.4). Let er hierbij wel op dat de stroming in de doorgang niet volledig luv is. Het gebruik van deze ruimte is dan ook waarschijnlijk beperkt.

### 3. Clusteren van gebouwen

Minder doorgangen, dus meer ruimte tussen de gebouwen geeft minder mogelijkheid tot het tunneleffect om op te treden. Dit is in versie V2 ten opzichte van V1 al te zien. Hier was te zien dat er nog steeds een windrijk gebied is, maar minder windhinderklasse E.

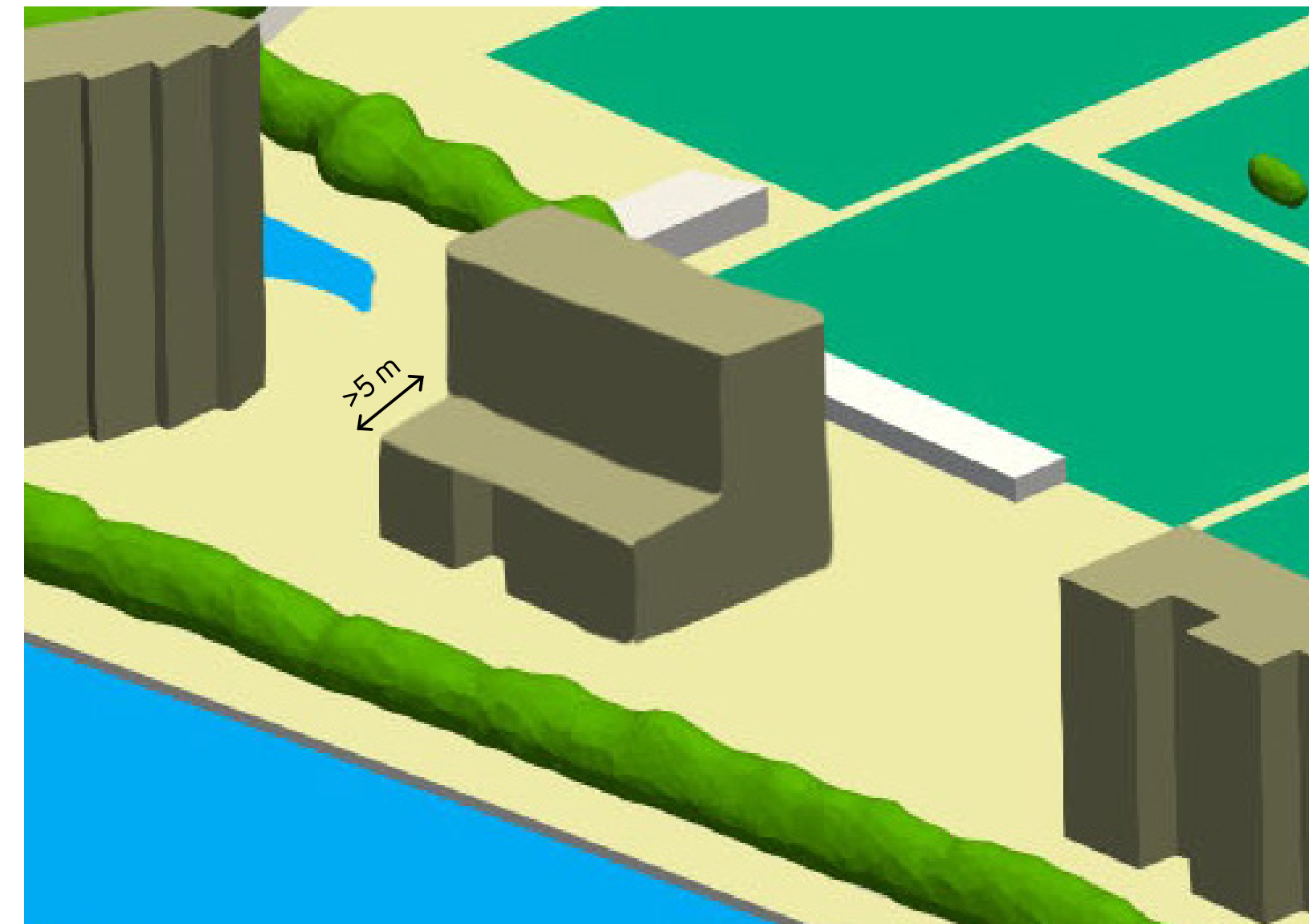
#### 5.2.2 Oplossingen in de volumes van de gebouwen

##### 1. Plinten / Setbacks

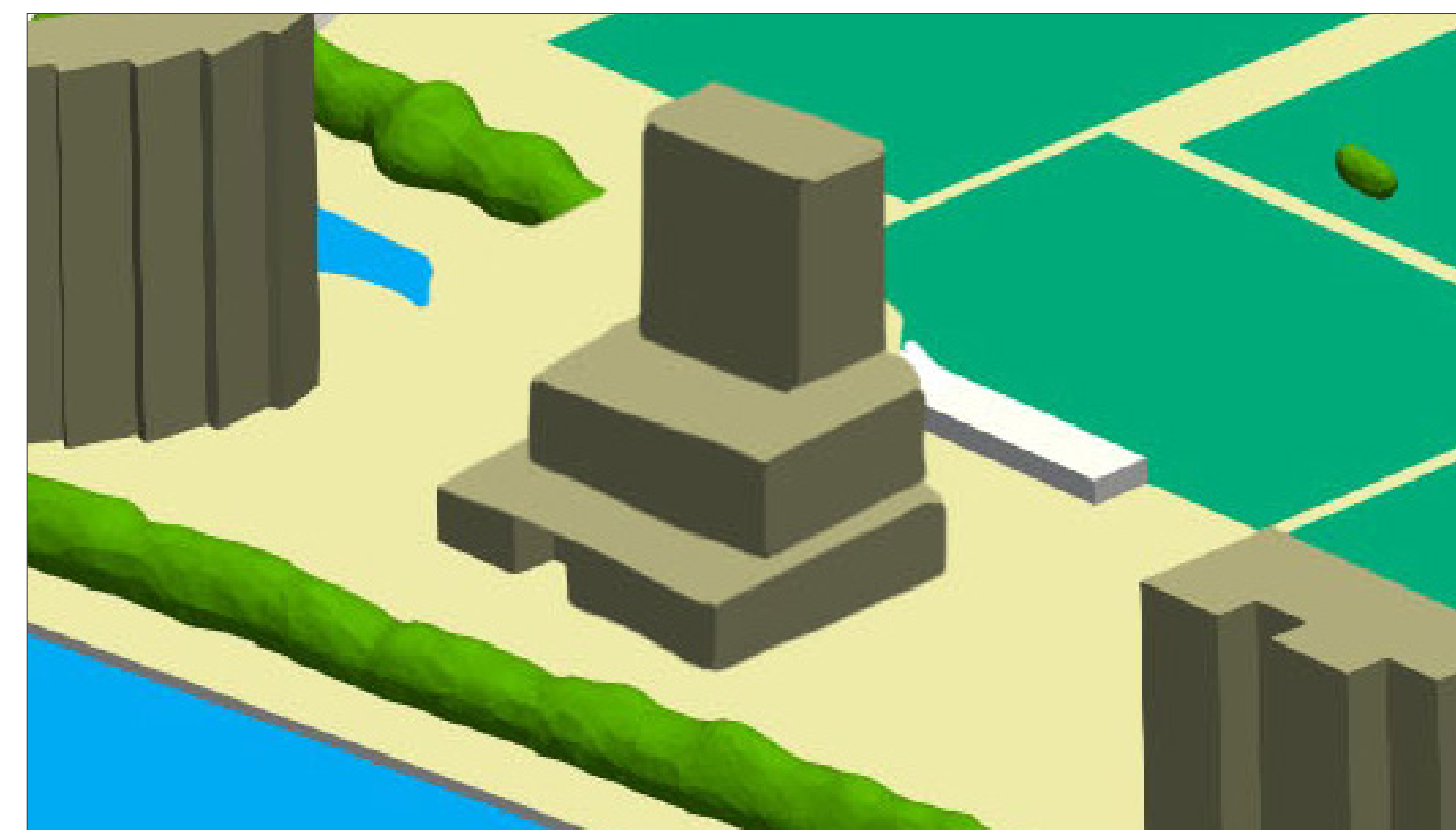
In hoofdstuk 5.1 is te zien dat een groot gedeelte van de hoge windsnelheden ontstaan door wind die van bovenaf naar beneden wordt geleid en versneld op voetgangersniveau. Het toevoegen van een plint of setback van een voldoende breedte (minstens  $>5\text{m}$ ) kan er voor zorgen dat de wind niet op het voetgangersniveau versneld maar al op de plint / setback (zie figuur 5.5). De hoogte van de plint is afhankelijk van de hoogte van het gebouw. Denk hierbij aan een setback op een hoogte van ca. 10 m als richtlijn aanbevolen.

##### 2. Getrapte gebouwen, hoger en slanker

Naast het plaatsen van een enkele setback / plint kan het ook gunstig zijn om het gebouw trapsgewijs op te bouwen. De onderkant van het gebouw is dan breder en het gebouw wordt hoe hoger hoe slanker. Hierdoor is er op de hogere niveau's, waar de windsnelheid hoger is, minder geveloppervlak die de wind naar het voetgangersniveau zal leiden. Daarnaast fungeren de tussenliggende verdiepingen als onderbrekingen van de wind waardoor er ook minder versnelling plaatsvindt in het naar beneden stromen (zie figuur 5.6).



**Figuur 5.5:**  
Een setback van minstens 5m kan de wind minder hard laten versnellen op voetgangersniveau



**Figuur 5.6:**  
Verschillende setbacks waardoor er een slanker maar hoger gebouw ontstaat

### 5.2.3 Kleine maatregelen aan het gebouw

#### 1. Plaatsing entrees

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.

#### 2. Luifels

Lokaal kan een luifel geplaatst worden als alternatief voor een setback, of plint. Echter kan een luifel nooit een evengroot effect hebben waardoor de voorkeur altijd uitgaat naar een aanpassing in het gebouwvolume zelf.

### 5.2.4 Maatregelen in de buitenruimte - vegetatie / inrichting

Mocht er na het toepassen van bovengenoemde maatregelen nog verbetering gewenst zijn kan er worden gekeken naar het toepassen van vegetatie. Gunstig positioneren van vegetatie kan de wind lokaal afremmen, echter is geen oplossing om van een slecht naar goed windklimaat te gaan. Slechts om van goed naar nog beter te gaan.

Ook kan het slim inrichten van de buitenruimte ervoor zorgen dat locaties met een oncomfortabel windklimaat niet begaanbaar zijn. Hierdoor zal er geen overlast worden ervaren op deze locaties, aangezien er geen voetgangers kunnen of mogen komen.. Dit is een maatregel die bij voorkeur pas als laatste mogelijkheid wordt ingezet. De gedachte hierachter is dat het altijd de voorkeur heeft om de omgeving vrij indeelbaar te houden.

Het effect van de genoemde maatregelen dient nader te worden onderzocht en gevalideerd.

Voor de maatvoering van deze maatregelen kan [Actiflow](#) geraadpleegd worden en is nader onderzoek gewenst.



Actiflow BV

Tramsingel 5

4814 AB Breda

+31 (0)76 5422 220

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

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