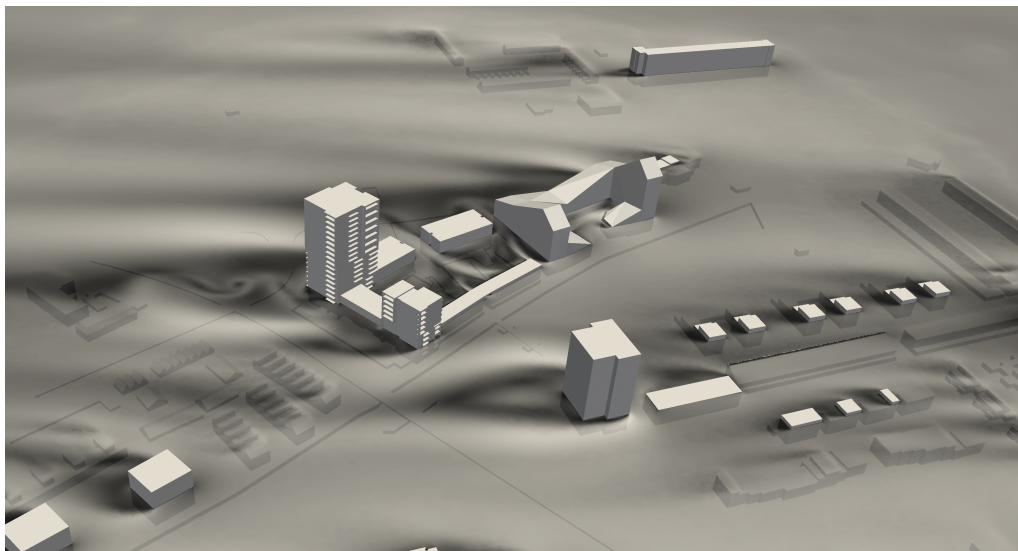


ACM-locatie te Groningen

CFD-studie windklimaat



AFR-4422
5-9-2017
Versie 3.0

2017 © Actiflow
Auteur(s): [REDACTED]
Controleur(s): [REDACTED]

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
2	Normstelling	2
2.1	Windklimaat in de openbare buitenruimte	2
2.2	Windklimaat voor scheepvaart	3
3	Opzet van de berekening	4
3.1	Software	4
3.2	Geometrie en rekenrooster	4
3.3	Aannames en randvoorwaarden	7
4	Resultaten	8
4.1	Windklimaat in de openbare buitenruimte	8
4.2	Windklimaat voor scheepvaart	13
5	Conclusies	19
5.1	Windklimaat in de openbare buitenruimte	19
5.2	Windklimaat voor scheepvaart	20
A	Inlegvel NEN 8100:2006	21
B	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	22

1

Introductie

Men is voornemens aan de Friesestraatweg te Groningen nieuwbouw te realiseren. Het betreft een woningbouwcomplex op de ACM-locatie dat gelegen is aan het Reitdiep, ter hoogte van het Donghornsterpad grenzend aan de ACM-brug.

Het bouwplan bestaat uit 7 bouwvolumes, welke worden gescheiden door het Donghornsterpad. Hierbij is aan de Friesestraatweg een hoogbouwaccent gepland met een hoogte van circa 60 m. Op de binnenterreinen, die bereikbaar zijn vanaf de Friesestraatweg, wordt geparkeerd op het maaiveld.

Het gebouw staat aan de ene zijde aan het open water van het Reitdiep en aan de andere zijde liggen sportvelden. De vorm en hoogte van het gebouw in combinatie met het open terrein kunnen leiden tot een windstromingspatroon dat zorgt voor hinder of gevaar in de omgeving. Dit kan leiden tot een verminderde bruikbaarheid van de ruimte, maar dit kan ook reeds in de bestaande situatie het geval zijn.

In het kader van de hoogbouw effect rapportage wordt bij dit onderzoek het windklimaat in de omgeving op maaiveld vergeleken tussen de bestaande en nieuwe situatie, om daarmee het effect van de nieuwbouw op het windklimaat in beeld te brengen. Daarnaast wordt het windklimaat voor de scheepvaart op het Reitdiep in kaart gebracht.

Actiflow is gevraagd om voor de genoemde nieuwbouw het windklimaat inzichtelijk te maken met behulp van berekeningen op basis van Computational Fluid Dynamics, CFD. Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van de normstelling omtrent windhinder en windgevaar, conform de Nederlandse norm NEN 8100:2006 'windhinder en windgevaar in de gebouwomgeving'. Op basis van deze normering is een studie uitgevoerd voor de bestaande en nieuwe situatie.

Hoofdstuk 2 van onderhavige rapportage gaat in op de gebruikte normstelling waaraan getoetst is. De gebruikte geometrie van het gebouw, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden zijn vermeld in hoofdstuk 3. De resultaten van de berekeningen worden weergegeven in hoofdstuk 4, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 5.

2

Normstelling

2.1 Windklimaat in de openbare buitenruimte

In onderhavige windstudie wordt het windklimaat ter plaatse van openbare buitenruimten in kaart gebracht. De toetsing hiervan vindt plaats aan de hand van de normstelling uit NEN 8100:2006.

In de norm wordt onderscheid gemaakt tussen windhinder en windgevaar. De definitie van windhinder is het ondervinden van hinder door wind. Dit zal bij een gemiddeld persoon gebeuren wanneer de lokale uurgemiddelde windsnelheid meer dan 5 m/s bedraagt. Windgevaar is het optreden van een dergelijk hoge windsnelheid waarbij in ernstige mate problemen optreden bij het lopen, zoals evenwichtsverlies, waardoor het onmogelijk wordt zich staande te houden of zich lopend voort te bewegen. Windgevaar vindt vooral tijdens vlagen plaats. Dit fenomeen wordt vanwege de benodigde rekenkracht en conform de norm, niet gemodelleerd in een tijdsafhankelijke berekening, maar in een aanvulling op de statistische windhinderanalyse. Hier wordt aangenomen dat windgevaar optreedt als de uurgemiddelde lokale windsnelheid meer dan 15 m/s bedraagt.

NEN 8100:2006 geeft een indeling voor windhinder naar kwaliteitsklassen. Deze indeling is terug te vinden in tabel 2.1. Aan de hand van de kans op overschrijding van de grenswaarde voor windhinder wordt bepaald in welke klasse een locatie valt. Afhankelijk van het gebruiksdoel van de locatie wordt een bepaalde klasse gekarakteriseerd als goed, matig of slecht.

Tabel 2.1: Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder

Overschrijdingskans $P(V_{LOK} > V_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitseis	Activiteiten		
		I. Doorlopen	II. Slenteren	III. Langdurig zitten
< 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

Tabel 2.2 toont de indeling en kwalificatie voor de kans op windgevaar op vergelijkbare wijze als voor windhinder wordt gedaan. Hierbij dient te worden opgemerkt dat voor activiteitsklassen II. en III. zelfs een beperkt risico al onacceptabel is. Voor deze activiteitsklassen geldt dat enkel $p \leq 0.05$ acceptabel is. Een gevaarlijk windklimaat moet te allen tijde worden vermeden.

Tabel 2.2: Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar

Overschrijdingskans	Kwaliteitseis
$P(V_{LOK} > V_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar	
0,05 - 0,30	Beperkt risico
> 0.30	Gevaarlijk

Toetsing vindt voor zowel windhinder als windgevaar plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak. Hierbij wordt de vergelijking gemaakt tussen de bestaande en de nieuwe situatie.

2.2 Windklimaat voor scheepvaart

De genoemde norm NEN 8100:2006 biedt geen criteria die betrekking hebben op scheepvaart. Doch stelt de *Richtlijnen Vaarwegen 2011* in paragraaf 3.4 voor toetsing op windhinder bij hoge gebouwen langs een vaarweg het volgende:

3.4.3 Bij hoge bouwwerken

Dicht langs de vaarweg staande hoge bouwwerken kunnen tot niet te voorspellen onregelmatigheden in het windveld leiden, die voor (lege) binnenvaartschepen buitengewoon hinderlijk zijn en gevaarlijke situaties op de vaarweg kunnen veroorzaken. Alvorens toestemming voor het optrekken van dergelijke bouwwerken te geven, dient het ontwerp op hinder voor de scheepvaart getoetst te worden.

Om een uitspraak te doen over de mate van hinder zijn toetsingscriteria nodig, zoals deze voor windhinder en windgevaar voor voetgangers bestaan in NEN 8100:2006. Helaas zijn er geen normen en/of richtlijnen beschikbaar die criteria vermelden om dit aan te toetsen, gericht op de effecten voor de scheepvaart. Bij gebrek aan criteria is het gebruikelijk om allereerst de windsnelheden bij alle windrichtingen te beschouwen voor de bestaande en toekomstige situatie. Hierbij wordt specifiek gekeken naar de windsnelheid boven de vaarweg. Mocht hieruit blijken dat de situatie nabij de nieuwbouw vergelijkbaar of gunstiger is dan een reeds bestaande situatie boven het vaarwater, dan zal de nieuwbouw zeer waarschijnlijk niet leiden tot meer hinder voor de scheepvaart. Dit wordt geanalyseerd op basis van de windsnelheden uit 12 windrichtingen, zoals deze reeds in het onderzoek conform NEN 8100:2006 in beeld zijn gebracht.

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, 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 incompressible Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd in het $k-\omega$ SST model.

3.2 Geometrie en rekenrooster

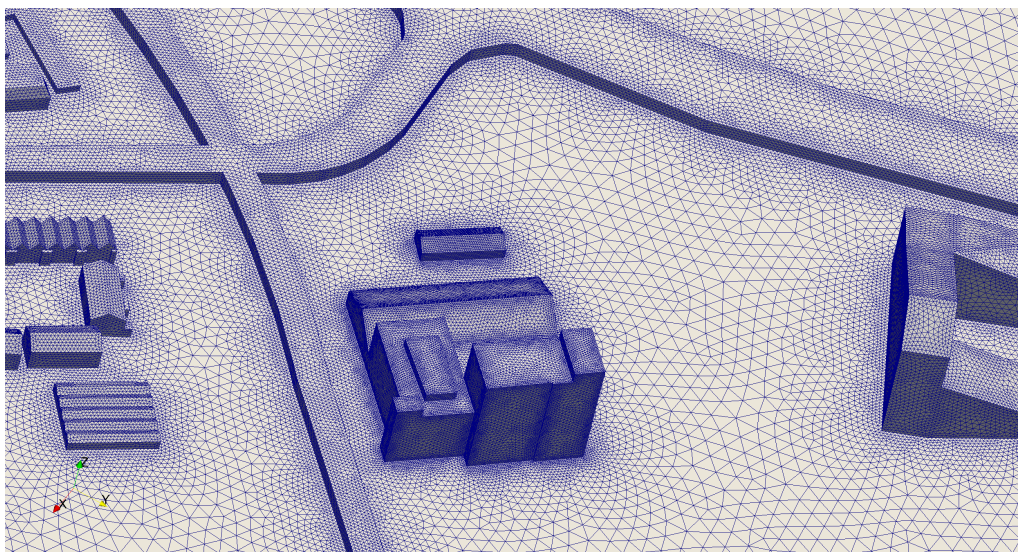
Er zijn twee driedimensionale modellen gebruikt. Het model van de bestaande situatie is weergegeven in figuur 3.1, voor de nieuwe situatie in figuur 3.2. Het model omvat de bebouwing in een straal van ten minste 300 m rond het plangebied. De omliggende bebouwing is als massa's weergegeven. Het detailniveau is dichterbij de nieuwbouwlocatie steeds groter met de grootste mate van detail bij de nieuwbouw, vanwege de interesse in de wind op deze locatie.

Bomen en groenstroken zijn niet in het model opgenomen. Vanwege de invloed van dergelijke elementen wordt dit bij windstudies zelden gedaan. Hierbij wordt geredeneerd dat loofbomen - in de voor wind maatgevende seizoenen - bladloos en hierdoor in hoge mate permeabel zijn, zodat de invloed op het windstromingspatroon beperkt is. Slechts bij een zeer grote zone met bomen (bospercelen) zal de invloed significant zijn. In onderhavige situatie is zeer beperkt bossages aanwezig.

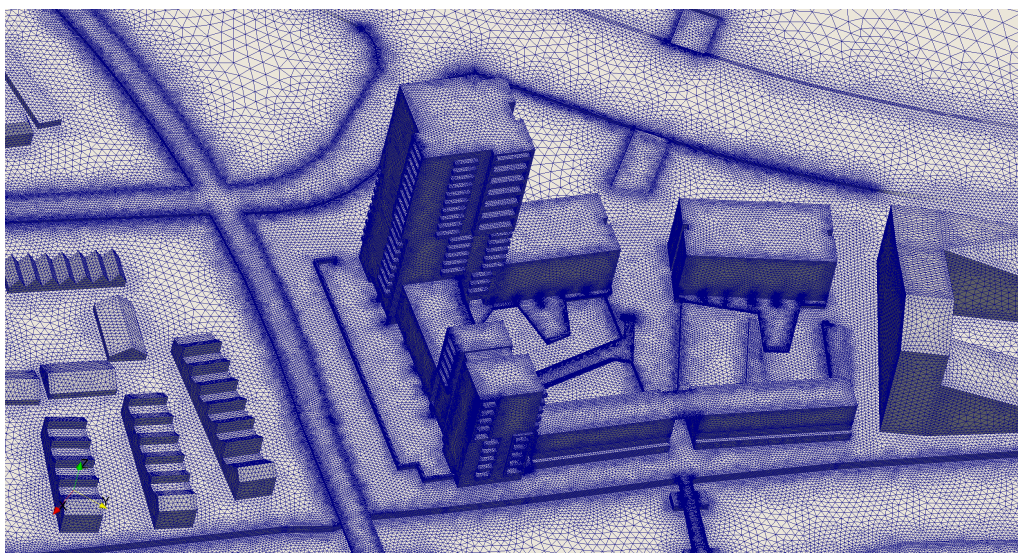
In de huidige situatie is het naastgelegen nieuwbouwplan 'De Kristallen' opgenomen. De invloed van dit plan op het windklimaat is reeds inzichtelijk gemaakt. Onderhavig onderzoek geeft inzicht in de toevoeging van nieuwbouw op de ACM-locatie.

Rond het driedimensionaal model is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3.000 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, inclusief water, is afgestemd op de werkelijke situatie.

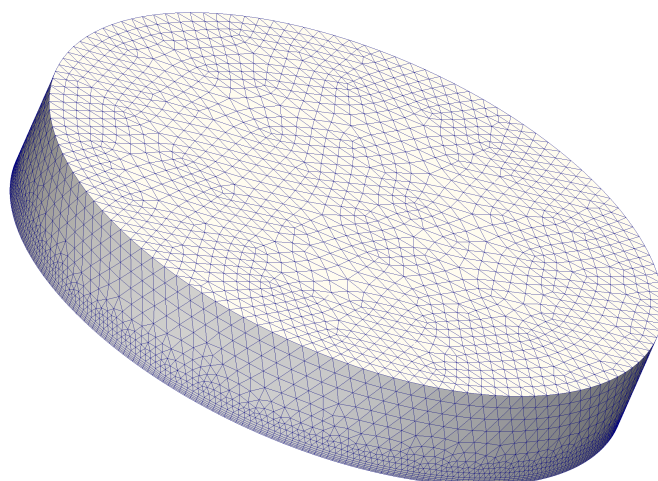
Op basis van de hierboven beschreven geometrie is een rekenrooster opgesteld, zie figuur 3.3 (nieuwe situatie). Dit rooster bestaat uit 7 574 111 cellen bij de bestaande situatie en 19 271 515 cellen bij de nieuwe situatie. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma's geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.



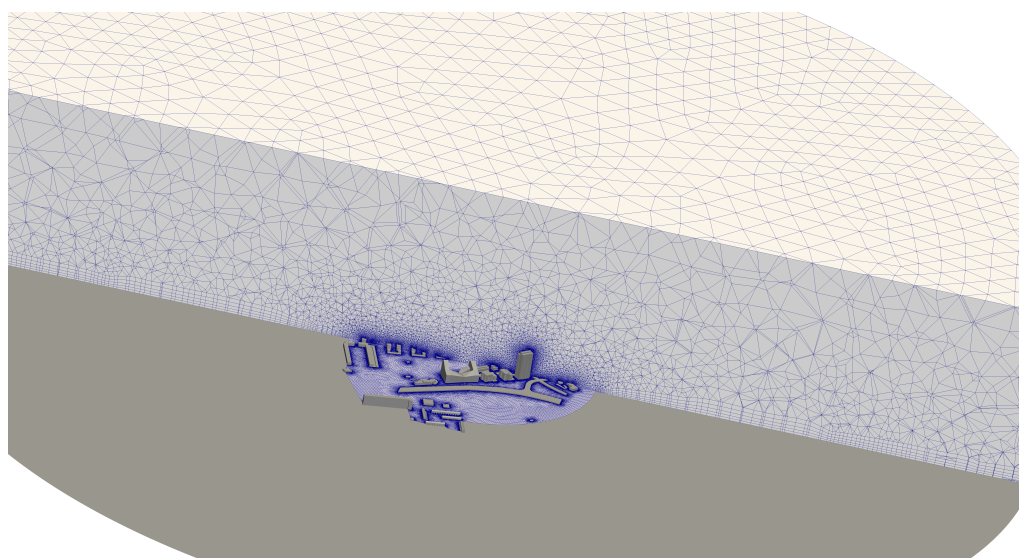
Figuur 3.1: Impressie model bestaande situatie



Figuur 3.2: Impressie model nieuwe situatie



(a) Beeld van het volledige rekengrid



(b) Doorsnede over het rekengrid

Figuur 3.3: Impressie rekengrid (nieuwe situatie)

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, en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat $\kappa = 0,41$. Deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties. 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).

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

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

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

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

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 lokale windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van de drempelwindsnelheid. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een acceptabel windklimaat kan zijn.

Het is mogelijk om de resultaten uit de berekening betrouwbaar op te schalen wanneer de dimensieloze grootheden van de stroming van dezelfde orde blijven. Het Reynoldsgetal is een dergelijke dimensieloze grootheid. Het Reynoldsgetal voor de stroming rond niet-gestroomlijnde lichamen, zoals gebouwen is hierbij van invloed op de karakteristiek van de stroming. Een laag Reynoldsgetal zorgt voor een laminaire stroming en een hoog Reynoldsgetal voor een turbulente stroming. Het Reynoldsgetal wordt als volgt uitgedrukt:

$$Re = \frac{\rho U_{ref} L}{\mu} \quad (3.5)$$

Hierbij is L een referentielengte (bijvoorbeeld gebouwhoogte of -breedte), ρ de dichtheid van lucht, μ de dynamische viscositeit van lucht en U_{ref} de referentiesnelheid.

Omslag van laminair naar turbulente stroming vindt typisch plaats bij een Reynoldsgetal tussen de 10 000 en 100 000. Bij onderhavige berekeningen is het Reynoldsgetal op basis van de maximale hoogte van de nieuwbouw circa 25 000 000. Een dergelijk Reynoldsgetal zorgt dat schaling binnen de relevante windsnelheden geen significante veranderingen oplevert in de stromingskarakteristiek, zodat de resultaten uit de berekeningen betrouwbaar geschaald zouden kunnen worden op basis van dimensieloze schalingswetten. Dit betekent dat op basis van de gekozen referentiesnelheid ook per windrichting een vergelijking kan worden gemaakt van de optredende windsnelheden die geldig is voor de gehele windstatistiek uit die betreffende windrichting.

4

Resultaten

4.1 Windklimaat in de openbare buitenruimte

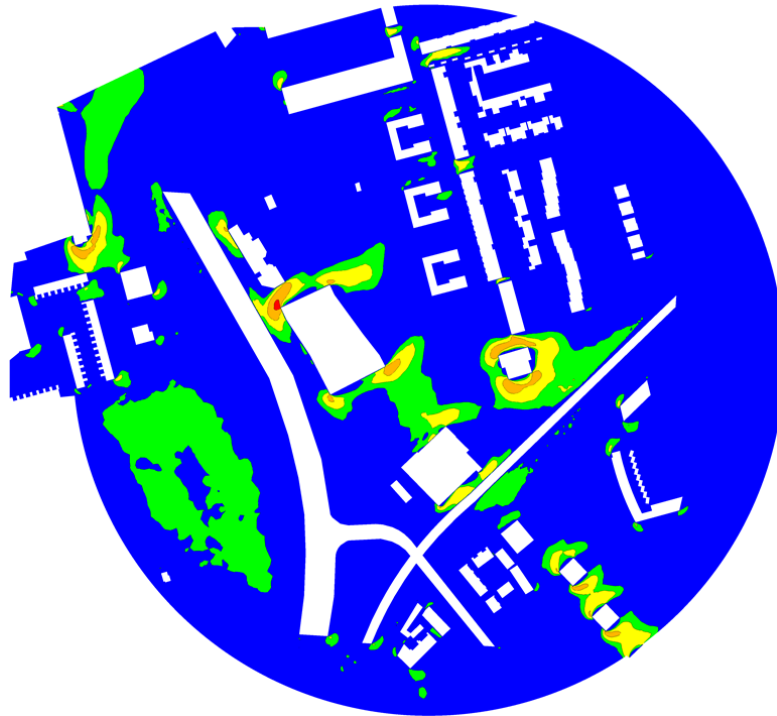
De resultaten zijn bepaald voor de openbare buitenruimten in de omgeving van de nieuwbouw ten behoeve van de hoogbouw effect rapportage. De resultaten worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Hiervoor worden afbeeldingen gebruikt op twee schaal-niveau's, namelijk een overzicht en een close-up van het plan met de directe omgeving. Bij de figuren wordt, ten behoeve van de vergelijking, de bestaande en nieuwe situatie getoond.

Voor de openbare buitenruimten (trottoirs) geldt de volgende normstelling, conform hoofdstuk 2:

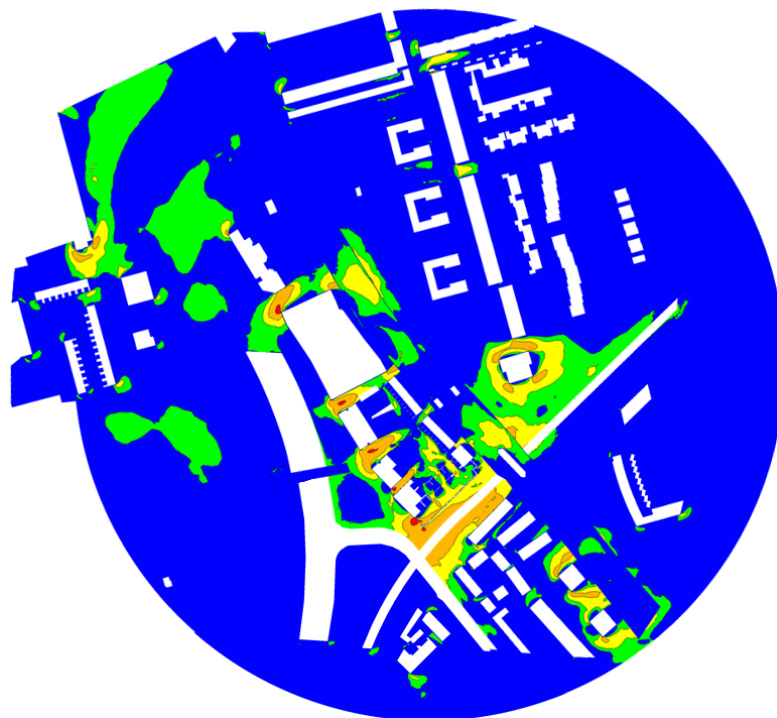
- Het windklimaat in de nieuwe situatie dient niet substantieel te verslechteren ten opzichte van de bestaande situatie.
- Het gehele gebied dat hier ter beschouwing voor ligt, wordt gekenmerkt door de activiteit *I. Doorlopen*¹. Windhinder dient bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau, maar kan in beperkte mate geaccepteerd worden. Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.
- Nabij gebouwentrees dient bij voorkeur windhinderklasse A behaald te worden. Klasse B biedt een matig niveau, maar kan in beperkte mate geaccepteerd worden. Hogere klassen dienen hier vermeden te worden.

Figuren 4.1 t/m 4.5 tonen de resultaten.

¹NB. Voor de plaatsing van terrassen in de openbare buitenruimte ten behoeve van langdurig en/of comfortabel zitten is meer stringente normstelling van toepassing

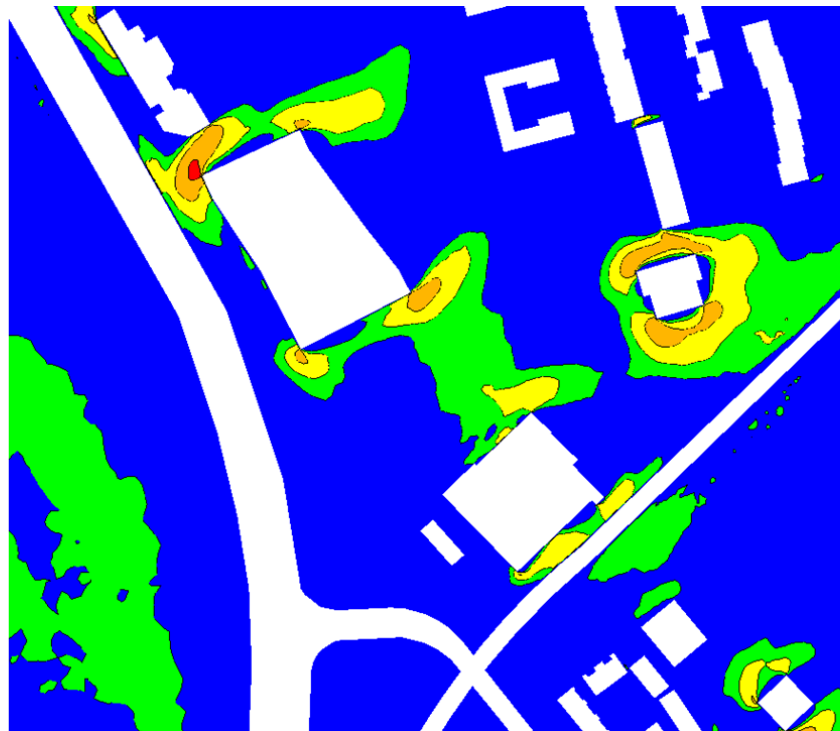


(a) Bestaande situatie

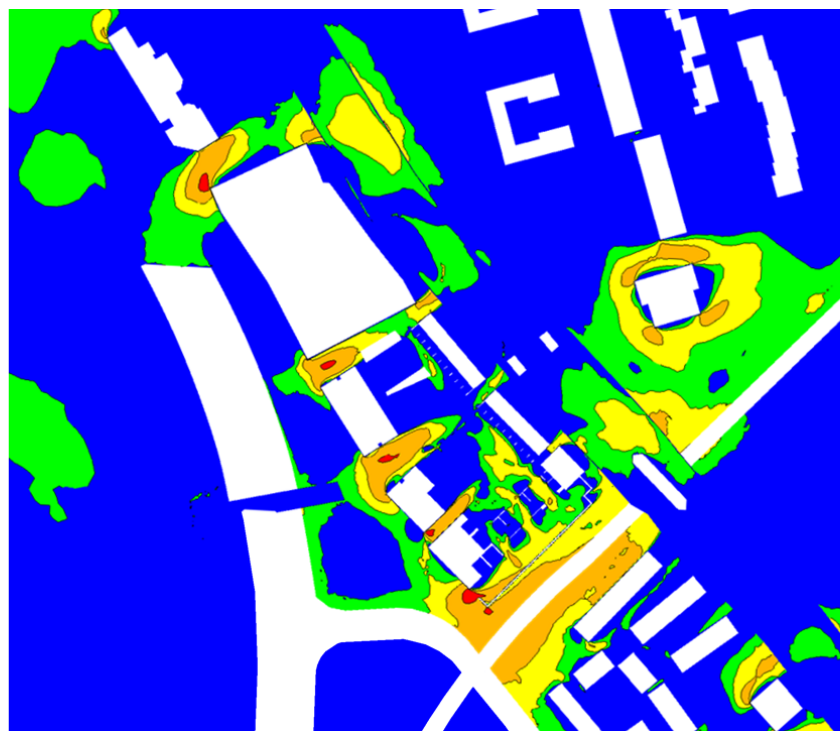


(b) Nieuwe situatie

**Figuur 4.1:** Overzichtsbeeld met windhinder op voetgangersniveau



(a) Bestaande situatie

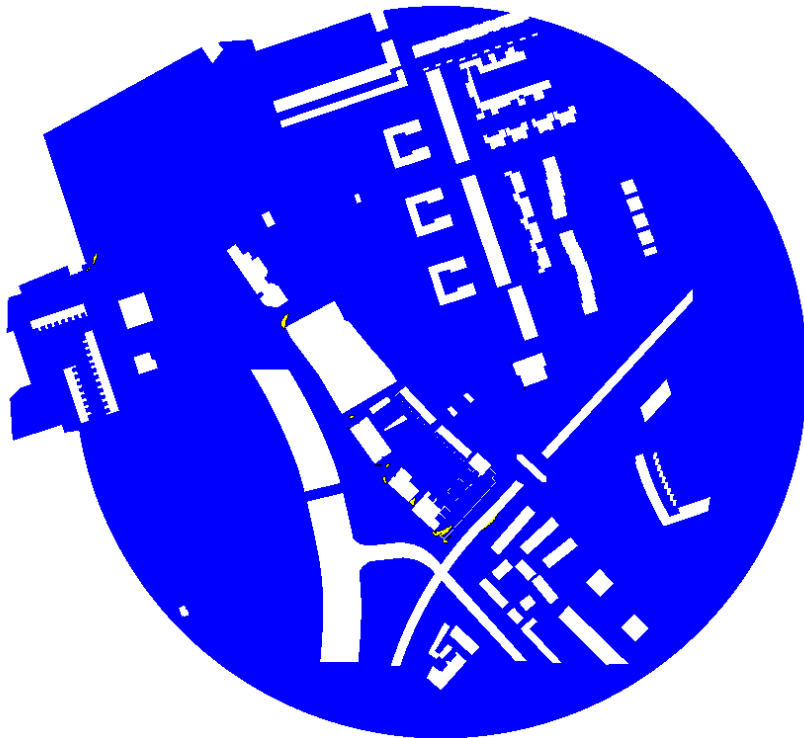


(b) Nieuwe situatie

**Figuur 4.2:** Windhinder op voetgangersniveau nabij de het plan



(a) Bestaande situatie



(b) Nieuwe situatie

**Figuur 4.3:** Overzichtsbeeld van windgevaar op voetgangersniveau



(a) Bestaande situatie

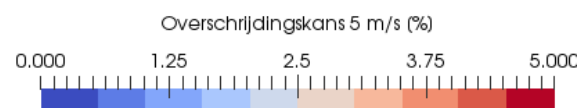
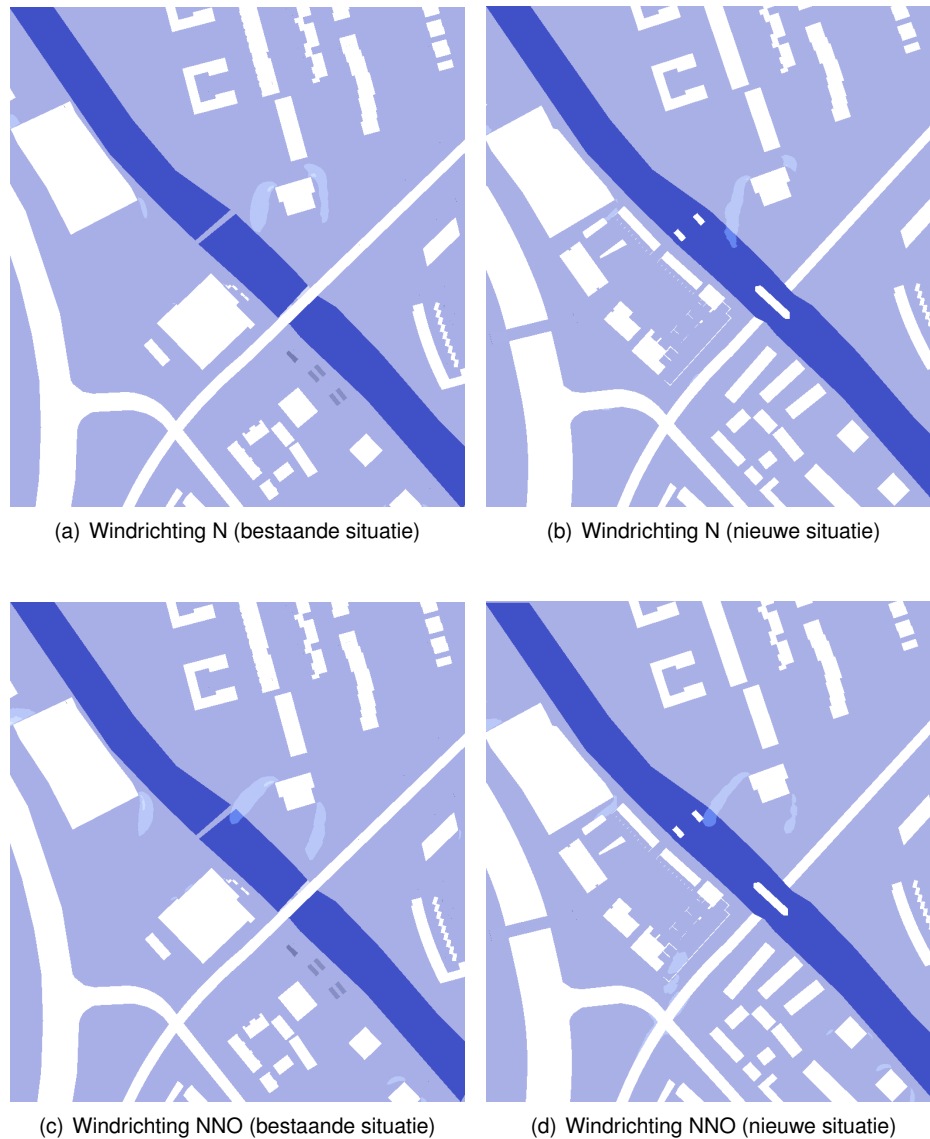


(b) Nieuwe situatie

**Figuur 4.4:** Windgevaar op voetgangersniveau nabij het plan

4.2 Windklimaat voor scheepvaart

De invloed van de nieuwbouw op het windklimaat boven het Reitdiep wordt beschouwd in figuur 4.5. Hierbij is per figuur het resulterende 5 m/s windsnelheid overschrijdingskans boven het Reitdiep gegeven. Dit is gedaan voor 12 windrichtingen en voor zowel de bestaande als nieuwe situatie.





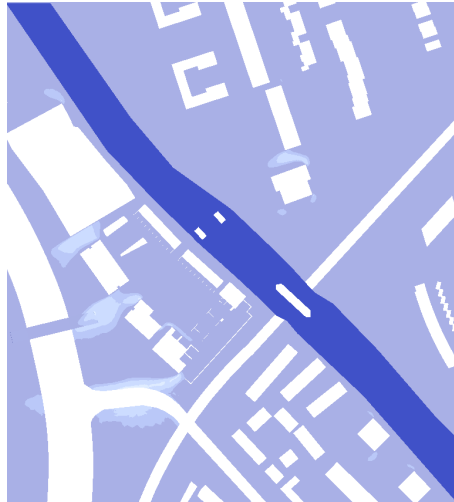
(e) Windrichting ONO (bestaande situatie)



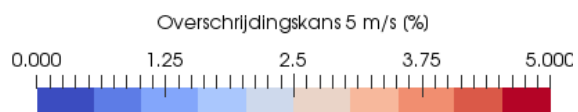
(f) Windrichting ONO (nieuwe situatie)



(g) Windrichting O (bestaande situatie)



(h) Windrichting O (nieuwe situatie)





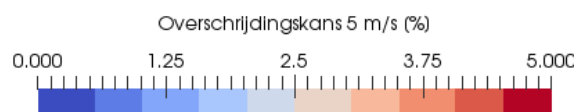
(i) Windrichting OZO (bestaande situatie)

(j) Windrichting OZO (nieuwe situatie)



(k) Windrichting ZZO (bestaande situatie)

(l) Windrichting ZZO (nieuwe situatie)

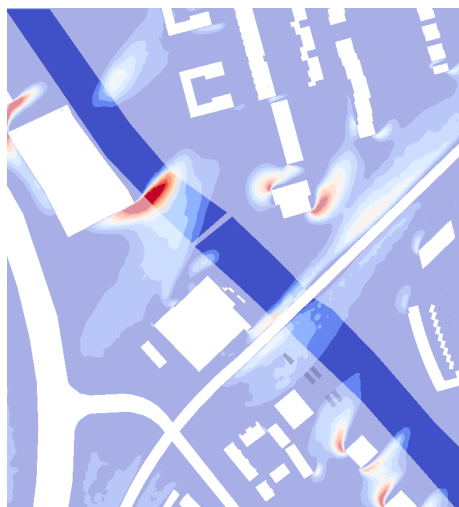




(m) Windrichting Z (bestaande situatie)



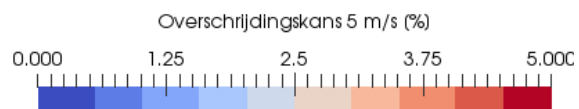
(n) Windrichting Z (nieuwe situatie)



(o) Windrichting ZZW (bestaande situatie)

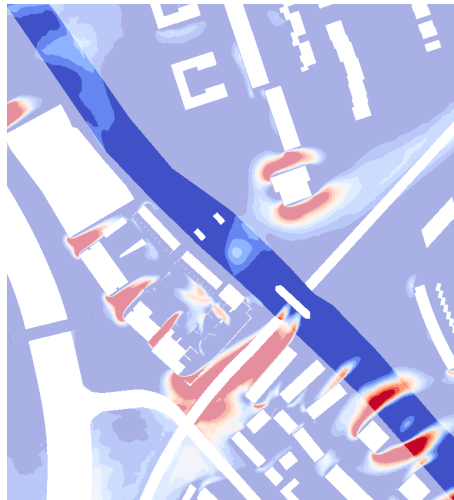


(p) Windrichting ZZW (nieuwe situatie)

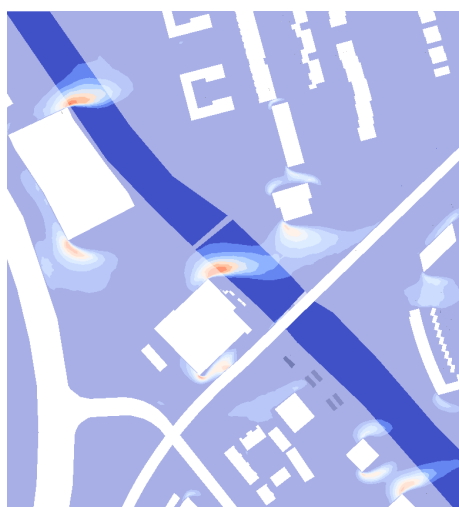




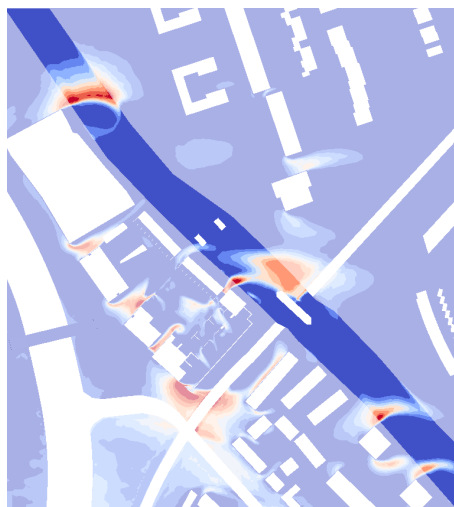
(q) Windrichting WZW (bestaande situatie)



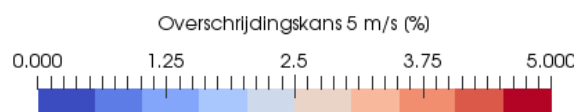
(r) Windrichting WZW (nieuwe situatie)

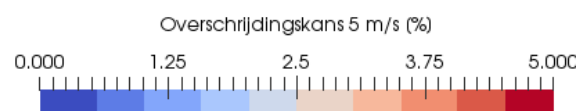
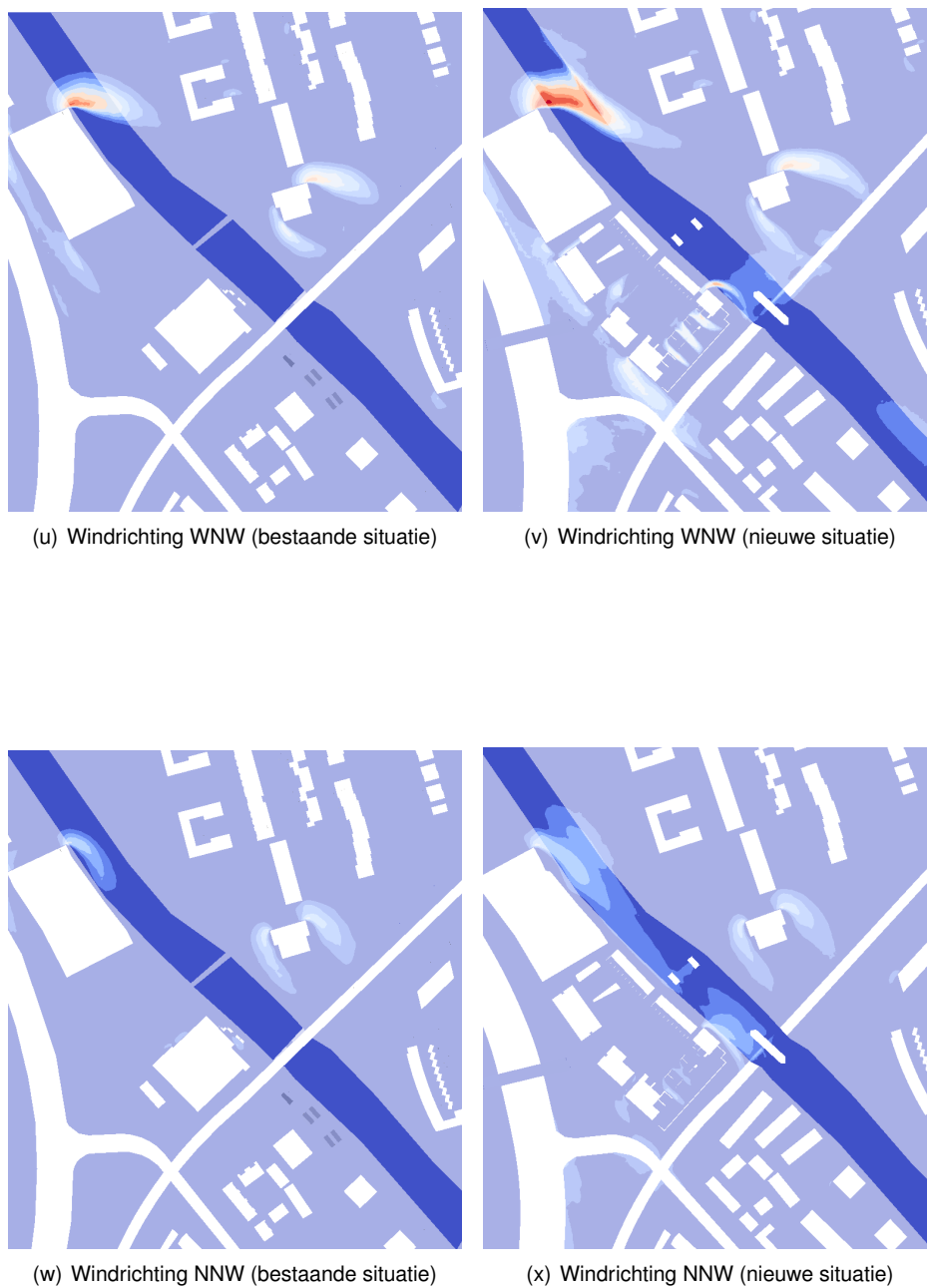


(s) Windrichting W (bestaande situatie)



(t) Windrichting W (nieuwe situatie)





Figuur 4.5: Overschrijdingskans 5 m/s boven het Reitdiep

5

Conclusies

5.1 Windklimaat in de openbare buitenruimte

De resultaten laten het volgende beeld zien:

- In de huidige situatie is het windklimaat matig tot goed. Er zijn grote gebieden met windhinderklasse B en enkele gebieden met klasse C en D. Nabij de Kristallen is een kleine zone aanwezig met windhinderklasse E. In de nieuwe situatie, met toevoeging van de nieuwbouw op de ACM-locatie verbetert het windklimaat op enige afstand van de nieuwbouw en in de zone direct grenzend aan het Reitdiep. Hierbij zien we een beperkte reductie van de gebieden met windhinderklasse B, C en D.

Op de sportvelden ten westen van de ACM-locatie, waar grotendeels windhinderklasse B in de bestaande situatie zichtbaar is, wordt dit in de nieuwe situatie veelal klasse A.

Aan de andere zijde van de ACM-locatie, aan de overzijde van het Reitdiep, blijft het windklimaat veelal onveranderd. Er is een kleine afname van zones met windhinderklasse D en een toename van zones met windhinderklasse B. De beleving van het windklimaat zal hierdoor niet significant veranderen.

- De zone direct grenzend aan het Reitdiep (zowel de west- als de oostzijde) zal door toevoeging van de nieuwbouw veelal een meer gematigd windklimaat ervaren. Grote zones met windhinderklasse B, C en in mindere mate D worden gereduceerd in omvang met tussengelegen gebieden met windhinderklasse A.
- In de bestaande situatie zijn er rond de woontoren aan de Reitdijk enkele kleine zones met een beperkt risico op windgevaar. In de nieuwe situatie wordt het windgevaar op die locatie geheel weggenomen.
- De grotere mate van blokkering van de wind heeft een positieve invloed op de omgeving, echter tonen de relatief kleine doorgangen tussen de gebouwvolumes binnen het plangebied gebieden met relatief hoge snelheden. Dit effect wordt verminderd door de aanwezige muren rondom de gebouwen op de ACM-locatie. Deze schermen de locatie ten dele af, waardoor de windstroming wordt geremd. De hogere windsnelheden treden met name op aan de zijde van de Friesestraatweg, wat mede veroorzaakt wordt door de overheersende zuidwestelijke windrichting. De zijde van het Reitdiep ligt in de luwte van de nieuwe gebouwen; waardoor het windklimaat op deze locatie als gematigd kan worden bestempeld.

Op de hoeken aan de zuidwestzijde zijn kleine gebieden met windhinderklasse E. Op deze locaties is een beperkt risico op windgevaar. Over het algemeen kan gesteld worden dat het windklimaat ten zuidwesten van de nieuwbouw een beperkt niveau heeft.

Dit is op gebouwniveau en geen toetsingscriterium voor de hoogbouw effect rapportage. Enige aandacht voor de impact van dit windklimaat op het gebruik en de beleving van de nieuwbouw is echter gewenst.

Geconcludeerd kan worden dat de nieuwbouw op de ACM-locatie geen nadelige invloed heeft op het windklimaat in de omgeving. Er kan zelfs gesteld worden dat de invloed van de nieuwbouw positief is en zorgt voor een betere windhinderklasse en minder windgevaar.

5.2 Windklimaat voor scheepvaart

Het effect van de nieuwbouw op de ACM-locatie op de omgeving, in het kader van windhinder voor de scheepvaart, is sterk afhankelijk van de heersende windrichting.. Afhankelijk van de windrichting, zal het windklimaat voor de scheepvaart op het Reitdiep vergelijkbaar blijven, verbeteren of beperkt slechter worden dan de huidige situatie.

Het effect van de nieuwbouw op het windstromingspatroon op het Reitdiep is voor de windrichtingen noord, noordnoordoost, oostnoordoost, oost en oostzuidoost zeer beperkt. Bij deze windrichtingen ligt de nieuwbouw stroomopwaarts ten opzichte van het Reitdiep.

Bij de windrichting zuidzuidoost ontstaat een zone met verhoogde windsnelheden boven het Reitdiep ter plaatse van de Kristallen richting de spoorbrug. De omstroming van de nieuwbouw nabij de oostelijke hoek van het perceel zorgt voor deze verhoging van de windsnelheid.

Voor de windrichtingen zuid, zuidzuidwest, westzuidwest, west en westnoordwest vormt de nieuwbouw op de ACM-locatie een blokkering voor de wind op het Reitdiep. Hierdoor wordt de windsnelheid op het Reitdiep lager, echter alleen direct achter de bouwblokken. In het verlengde van de tussengelegen doorgangen ontstaat versterking van de wind wat doorzet tot boven het Reitdiep. De resulterende windsnelheden zijn echter gelijk aan de maximale snelheden die ook in de huidige situatie verwacht kunnen worden (zie windrichting zuidzuidwest), zij treden echter op meer locaties op.

Het resulterende windveld na voltooiing van de onderhavige nieuwbouw zal gelijkaardig zijn aan hetgeen in de huidige situatie ervaren wordt op het Reitdiep. Hierbij treden op enkele locaties versnellingen van wind op, echter zijn deze hogere windsnelheden vergelijkbaar, in absolute snelheid en omvang van de zone waarin zij optreden, aan hetgeen ook reeds in de huidige situatie ervaren wordt. Hiermee treedt geen wezenlijke verslechtering van het windklimaat op het Reitdiep op.



Inlegvel NEN 8100:2006

Project	Projectgegevens			
Projectnaam	Windstudie ACM locatie te Groningen			
Opdrachtgever	Geveke Bouw & Ontwikkeling			
Projectleider	[REDACTED]			
Datum	20 december 2016			
Model	Algemene gegevens van het model			
Omvang gemodelleerd gebied	Bebouwing binnen ca. 300 m rondom de nieuwbouw			
Kerngebied	Twee geschematiseerde modellen met respectievelijk de bestaande en nieuwe situatie			
Omgeving	Omgeving in massa's, gedetailleerd nabij het kerngebied			
Afmetingen model	Rond met straal 1.500 m en hoogte 500 m.			
Blokkeringsgraad	Maximaal 4 %			
Onderzochte windrichtingen (minimaal 12 over de windroos)	12			
Onderzochte configuraties	Bestaande en nieuwe situatie			
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 Programmatuur: OpenFOAM Versie: 3.0.x-a1452788c2e2			
Algemeen	<input checked="" type="checkbox"/> drie-dimensionaal <input checked="" type="checkbox"/> tijd-onafhankelijk <input checked="" type="checkbox"/> isothermisch <input type="checkbox"/> passieve scalars <input type="checkbox"/> twee-dimensionaal <input type="checkbox"/> tijd-afhankelijk <input type="checkbox"/> thermisch <input type="checkbox"/> actieve scalars Overige:			
Rekenrooster	Hybride ongestructureerd: tetraëders met prismalaag, bestaande situatie 7 574 111 cellen, nieuwe situatie 18 600 973 cellen			
Turbulentiemodellering	k-omega SST			
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: linearUpwindV Turbulente grootheden: upwind Scalaire variabelen: n.v.t.			
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden			
Instroomprofiel	Logaritmische atmosferische grenslaag: wind stedelijk gebied, $z_0 = 1.6$ m			
Uitlaat	Druk-uitlaat			
Boven-/Zijwanden	Slip-wanden			
Vloer/bodem	No-slip, ruwe wand			
Overige	No-slip, ruwe wand			
Gegevensverwerking en -beoordeling	informatie voor locatie en berekening windklimaat			
Amersfoortse coördinaten van de locatie	X: n.v.t.		Y: n.v.t.	
Toegepaste eisen	V_{DR} m/s	Gewenste kwaliteits-klasse	Overschrijdings-kans %	Beoordeling
Voor comfort			$p(V_{LOK} > V_{DR,H})$	
Doorlopen	5.0	A, B, C, D	< 20	Matig
Slenteren	5.0	A, B, C	< 10	Matig
Zitten	5.0	A, B	< 5	Matig
Regionale correctie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Voor gevaar				
	15	n.v.t.	$0,05 < p < 0,30$	beperkt risico
	15	n.v.t.	$p \geq 0,3$	gevaarlijk
Gepresenteerde resultaten	Windhindercontouren en klassenindeling, windgevaarcontouren			
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang				

B Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid

FREQUENTIETABEL VAN DE 60,0 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF RELATIEF

Windsnelheid (m/s)	Windrichting (*10 graden)												Cum.
	35-01	02-04	05-07	08-10	11-13	14-16	17-19	20-22	23-25	26-28	29-31	32-34	
	Distributief in percentages												
0,0 - 0,9	0,15	0,17	0,19	0,17	0,19	0,14	0,13	0,11	0,16	0,13	0,14	0,13	1,80
1,0 - 1,9	0,48	0,57	0,61	0,6	0,67	0,59	0,47	0,46	0,58	0,46	0,52	0,45	6,45
2,0 - 2,9	0,72	0,87	1,01	1,03	0,97	0,94	0,90	0,86	1,00	0,79	0,77	0,70	10,56
3,0 - 3,9	0,85	1,08	1,26	1,21	1,11	1,08	1,09	1,14	1,23	0,95	0,93	0,75	12,69
4,0 - 4,9	0,79	1,01	1,27	1,23	0,99	0,98	1,20	1,32	1,30	1,03	0,95	0,70	12,76
5,0 - 5,9	0,64	0,88	1,12	1,04	0,86	0,74	1,06	1,50	1,46	1,05	0,93	0,68	11,98
6,0 - 6,9	0,50	0,65	0,88	0,83	0,62	0,53	0,96	1,47	1,44	1,01	0,89	0,62	10,40
7,0 - 7,9	0,32	0,41	0,67	0,55	0,37	0,36	0,76	1,36	1,41	0,94	0,79	0,54	8,48
8,0 - 8,9	0,21	0,27	0,47	0,42	0,22	0,22	0,62	1,21	1,31	0,87	0,67	0,40	6,88
9,0 - 9,9	0,13	0,15	0,28	0,22	0,10	0,11	0,45	1,03	1,18	0,72	0,59	0,30	5,26
10,0 - 10,9	0,08	0,08	0,17	0,12	0,04	0,07	0,33	0,81	0,96	0,58	0,40	0,22	3,84
11,0 - 11,9	0,04	0,03	0,09	0,08	0,02	0,03	0,22	0,62	0,73	0,43	0,26	0,15	2,72
12,0 - 12,9	0,02	0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	0,15	0,50	0,61	0,33	0,19	0,09	2,02
13,0 - 13,9	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01	0,11	0,41	0,46	0,24	0,12	0,05	1,45
14,0 - 14,9	0,01	0,00	0,01	0,00	-	0,00	0,06	0,28	0,33	0,18	0,07	0,03	0,98
15,0 - 15,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,19	0,24	0,14	0,05	0,02	0,67
16,0 - 16,9	0,00	-	-	0,00	-	0,00	0,01	0,11	0,15	0,10	0,03	0,01	0,42
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	0,01	0,07	0,09	0,05	0,02	0,01	0,25
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	0,01	0,05	0,05	0,04	0,01	0,00	0,15
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	0,00	0,03	0,03	0,03	0,01	0,00	0,10
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	0,00	0,02	0,02	0,02	0,00	0,00	0,06
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,04
22,0 - hoger	-	-	-	-	-	-	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02

Actiflow BV
Halstraat 31a
4811 HV Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl

