



Hoogbouw in Rotterdam Central District

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD

Hoogbouw in Rotterdam Central District

Windklimaatonderzoek met behulp van CFD



opdrachtgever Gemeente Rotterdam - Stadsontwikkeling
rapportnummer OA 16281-2-RA-001
datum 10 maart 2020
referentie OO/JA//OA 16281-2-RA-001
verantwoordelijke O.E. Otten
opsteller ir. J.T. Akhnoukh
+31 858228676
j.akhnoukh@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2008

mook – zoetermeer – groningen – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

| | |
|---|-----------|
| 1 Inleiding | 4 |
| 2 Normstelling en uitgangspunten | 6 |
| 2.1 Beslismodel NEN 8100 | 6 |
| 2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100 | 6 |
| 2.2.1 Windhinder | 6 |
| 2.2.2 Windgevaar | 7 |
| 2.3 Windklimaat op de locatie | 8 |
| 2.4 Simulatie windsnelheden met CFD | 10 |
| 3 Rekenresultaten | 11 |
| 4 Samenvatting en conclusies | 15 |

1 Inleiding

In opdracht van Gemeente Rotterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing in Rotterdam Central District.

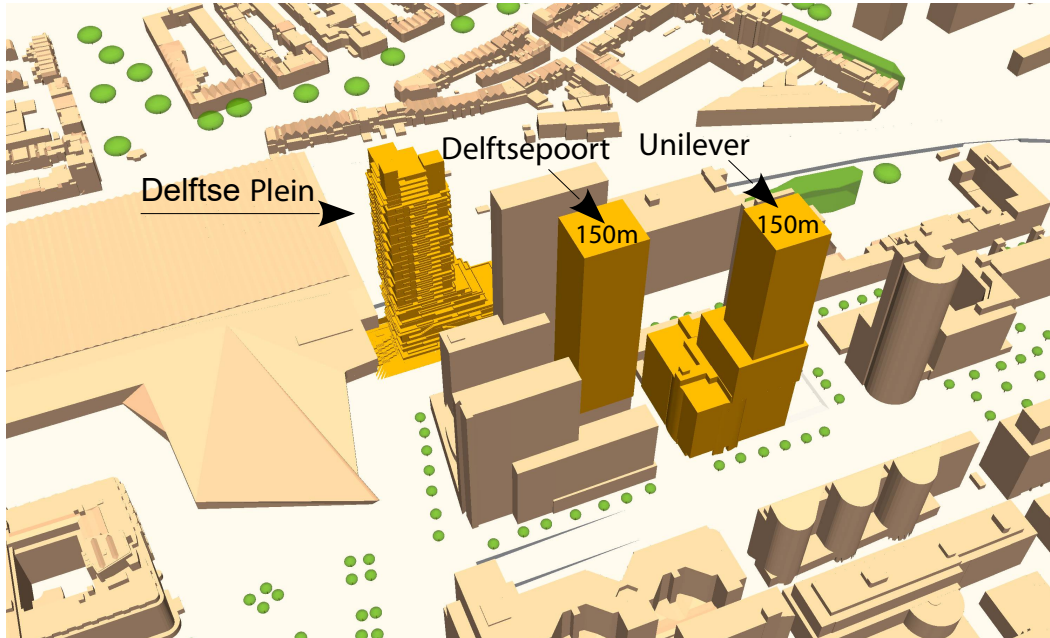
Voor het vervaardigen van het CFD model is onder meer gebruik gemaakt van een door de Gemeente Rotterdam aangeleverd 3D model bestaande uit het Delftsepleingebouw, een toevoeging van een 150 meter hoog volume op het Delftsepoortgebouw en op het Unileverkavel. De bestaande stedenbouwkundige omgeving en de begroeiing is meegenomen aan de hand van gegevens uit openbare bronnen. In totaal is een gebied gemodelleerd van circa 1350 bij 1050 meter.

Het doel van het onderzoek was het vaststellen en beoordelen van het te verwachten windklimaat in de directe omgeving van de geplande bebouwing. In figuur 1.1 is een aanzicht weergegeven van de geplande bebouwing. Ter referentie is ook de bestaande situatie doorgerekend.

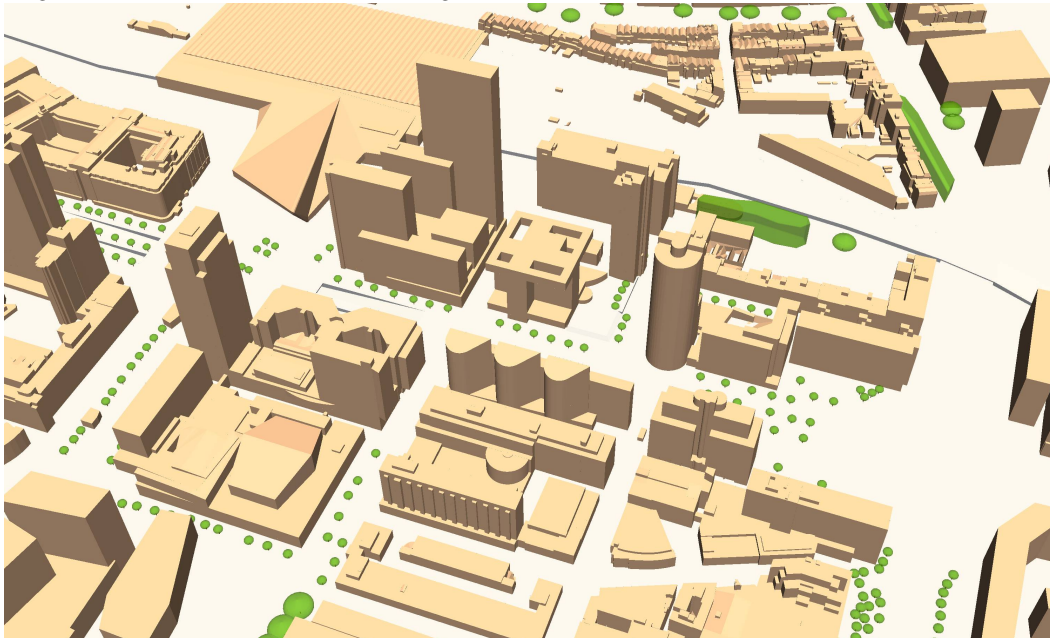
Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

In dit rapport wordt verslag gedaan van het verrichte onderzoek waarbij de volgende indeling is gehanteerd. In hoofdstuk 2 worden de normstelling en uitgangspunten van het onderzoek toegelicht. De rekenresultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 van dit rapport. Tot slot is in hoofdstuk 4 een samenvatting van het onderzoek opgenomen en worden conclusies gegeven.

f1.1 Het gehanteerde 3D-model voor de CFD berekeningen van de geplande situatie (geplande bebouwing in oranje)



f1.2 Het gehanteerde 3D-model voor de CFD berekeningen van de bestaande situatie



2 Normstelling en uitgangspunten

2.1 Beslismodel NEN 8100

De beoordeling van het windklimaat met betrekking tot windhinder en windgevaar, is in Nederland vastgelegd in de norm NEN 8100. Om te bepalen of windhinder en/of windgevaar te verwachten is, kan in eerste instantie gebruik worden gemaakt van het beslismodel in de NEN 8100. Hierin wordt onder meer beschreven in welke situaties windklimaatonderzoek nodig is. Voor gebouwen met een hoogte vanaf 30 meter wordt nader onderzoek met CFD- of windtunnelsimulatie noodzakelijk geacht. Gezien de geplande bouwhoogte van 150 meter, wordt het uitvoeren van een windklimaatonderzoek als noodzakelijk beschouwd.

2.2 Windhinder en windgevaar volgens NEN 8100

De gevoeligheid van de mens voor wind is sterk afhankelijk van de activiteit waarmee men bezig is. Bij een laag activiteitenniveau (bijvoorbeeld wachten bij een bushalte, op een terrasje zitten) zullen lagere windsnelheden als hinderlijk ervaren kunnen worden dan bij een hoger activiteitenniveau. In de NEN 8100 wordt voor de beoordeling van het windklimaat derhalve onderscheid gemaakt tussen verschillende activiteitenklassen. Bij hogere windsnelheden kan tevens sprake zijn van gevaarlijke situaties zoals evenwichtsverlies bij het passeren van gebouwhoeken en dergelijke. Hiervoor wordt getoetst aan het specifieke gevaarcriterium.

2.2.1 Windhinder

Windhinder is iets wat in geen geval geheel te voorkomen is: als het stormt is de wind hinderlijk, wat voor maatregelen er ook getroffen worden. Het is daarom ook de kans op windhinder, die maatgevend gehouden wordt voor de beoordeling van het windklimaat. Voor windhinder wordt een drempelwaarde $v_{DR,H}$ aangehouden van 5 m/s uurgemiddelde windsnelheid op loop- of verblijfsniveau. Bij deze windsnelheid gaan mechanische effecten bij de ervaring van het windklimaat een rol spelen zoals bijvoorbeeld het omslaan van paraplu's, in de ogen waaien van stof en in meer extreme vorm het dichtwaaien van een autoportier en dergelijke.

Aan de hand van onderstaande tabel 2.1, afkomstig uit de NEN 8100, wordt een beoordeling gegeven van de te verwachten mate van windhinder.

t2.1 Criteria windhinder volgens NEN 8100

| Overschrijdingskans $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR;H}})$ in procenten van het aantal uren per jaar | Kwaliteitsklasse | Activiteit | | |
|---|------------------|--------------|---------------|-----------------------|
| | | 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 |

Afhankelijk van de activiteitenklasse wordt de waardering van het lokale windklimaat gekwalificeerd met 'goed', 'matig' of 'slecht' (zie tabel 2.1). Bij een goed windklimaat ondervindt men geen overmatige windhinder. In een situatie zonder overmatige windhinder heeft het merendeel van het publiek onder normale omstandigheden geen last van windhinder. Bij een matig windklimaat ervaart men af en toe overmatige windhinder. In een slecht windklimaat ervaart men regelmatig overmatige windhinder. In een dergelijke situatie heeft het merendeel van het publiek last van windhinder.

Er wordt naar gestreefd, om binnen de verschillende activiteitenklassen, een goed, eventueel nog matig windklimaat te realiseren.

Activiteitenklasse 'langdurig zitten' is dusdanig kritisch dat deze met terughoudendheid wordt toegepast.

2.2.2 Windgevaar

Voor windgevaar wordt 15 m/s uurgemiddelde windsnelheid als drempelwaarde $v_{\text{DR;G}}$ gehanteerd.

Op basis van tabel 2.2, afkomstig uit de NEN 8100, wordt bepaald of sprake is van windgevaar.

t2.2 Criteria windgevaar volgens NEN 8100

| Overschrijdingskans $p(v_{\text{LOK}} > v_{\text{DR;G}})$ in procenten van het aantal uren per jaar | Kwalificatie |
|---|----------------|
| $0,05 < p < 0,30$ | Beperkt risico |
| $p \geq 0,30$ | Gevaarlijk |

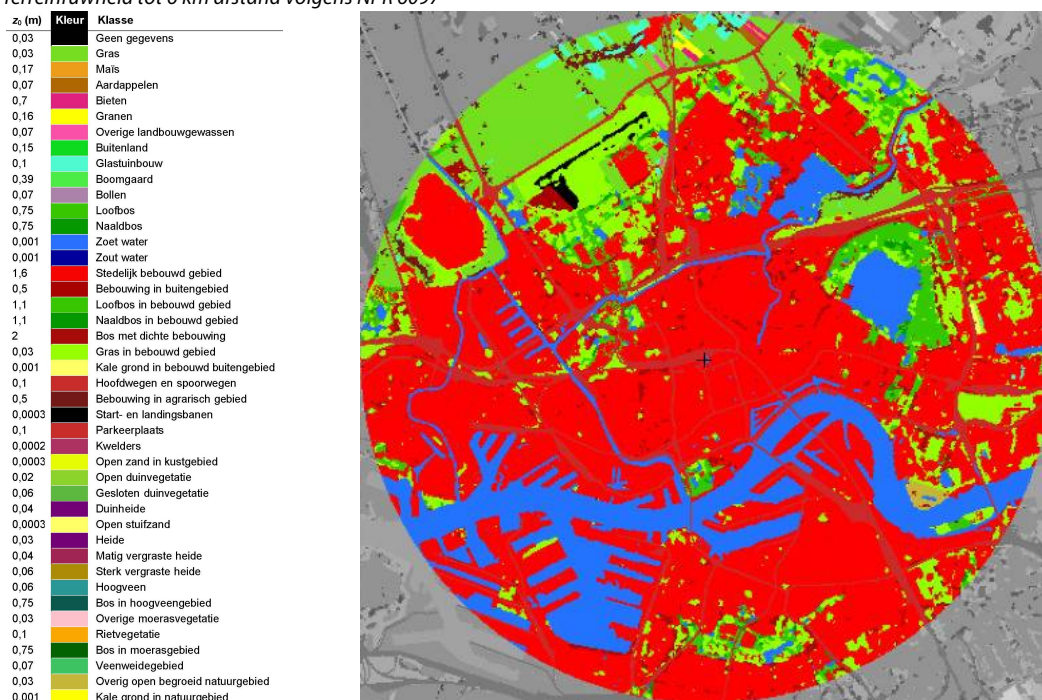
De norm stelt: "Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen activiteiten klasse I (doorlopen). Voor activiteiten klasse II en III geldt de eis $p \leq 0,05$.

Situaties met een overschrijdingskans van $p \geq 0,30$ zijn evident gevaarlijk en behoren te allen tijde te worden vermeden; het publiek mag hier niet aan worden blootgesteld."

2.3 Windklimaat op de locatie

Voor de vertaling van de resultaten van de berekeningen naar de werkelijke situatie wordt gebruik gemaakt van een windstatistiek. De NEN 8100 verwijst voor de benodigde meteogegevens naar de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van het plan. De terreinruwheden van het omliggend gebied worden per categorie weergegeven in figuur 2.1. De kleur geeft de terreinruwheid aan, rood staat bijvoorbeeld voor stedelijk bebouwd gebied.

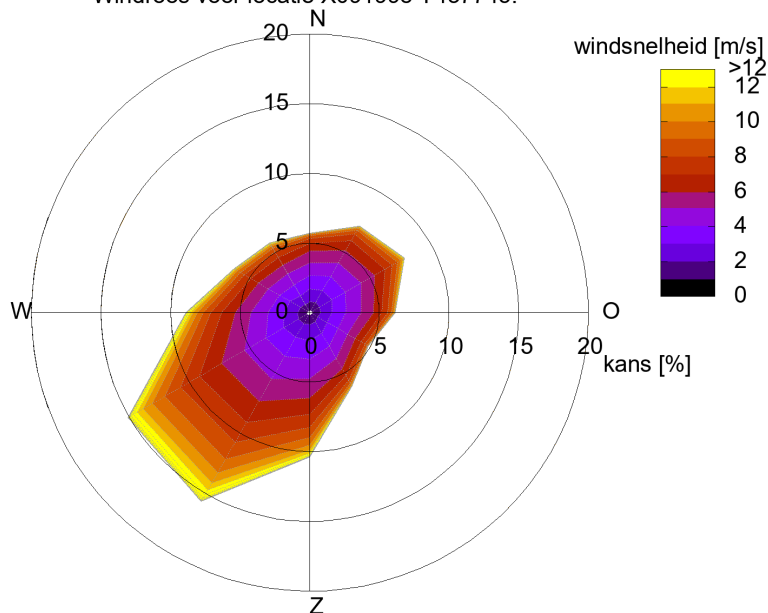
f2.1 *Terreinruwheid tot 6 km afstand volgens NPR 6097*



In figuur 2.2 is de op basis van de NPR 6097 berekende windroos op 60 meter hoogte boven de betreffende locatie weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting weergegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en onderstaande windstatistiek (tabel 2.3) blijkt dat op de planlocaties met name bij wind uit het zuiden tot westen de hoogste windsnelheden optreden en dat de wind relatief vaak uit het uit het zuidwesten (210° en 240°) komt. De zuidwesten wind is hiermee voor een groot deel bepalend voor het windklimaat op de planlocaties.

f2.2 Windroos betreffende locatie volgens NPR 6097

Windroos voor locatie X091998 Y437745.



t2.3 Windstatistiek van de betreffende locatie volgens NPR 6097

| wind snelheid | Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar | | | | | | | | | | | | totaal aantal uren: 8767,4 | |
|---------------------|--|-------|-------|-------------|-------|-------|--------------|--------|--------|--------------|-------|-------|------------------------------------|--|
| | Positie X091998 Y437745 Jaar 1963-2002 | | | | | | | | | | | | gemiddelde windsnelheid (m/s): 5,4 | |
| | Noord 0° | 30° | 60° | Oost 90° | 120° | 150° | Zuid 180° | 210° | 240° | West 270° | 300° | 330° | | |
| 0.0 - 0.9 | 16.5 | 16.6 | 17.7 | 18.0 | 15.3 | 16.5 | 16.8 | 17.8 | 20.9 | 18.6 | 15.3 | 13.9 | | |
| 1.0 - 1.9 | 54.8 | 59.3 | 56.3 | 50.0 | 44.4 | 53.3 | 60.3 | 61.0 | 65.9 | 58.6 | 55.2 | 46.0 | | |
| 2.0 - 2.9 | 79.2 | 85.2 | 89.8 | 72.2 | 67.2 | 81.8 | 100.2 | 100.4 | 105.0 | 85.9 | 73.6 | 63.5 | | |
| 3.0 - 3.9 | 87.1 | 104.6 | 98.3 | 87.9 | 76.9 | 94.7 | 117.4 | 139.6 | 128.3 | 99.9 | 79.8 | 77.8 | | |
| 4.0 - 4.9 | 78.5 | 98.8 | 112.2 | 94.7 | 71.0 | 90.3 | 121.6 | 166.0 | 157.0 | 111.8 | 81.9 | 82.3 | | |
| 5.0 - 5.9 | 71.7 | 89.6 | 98.8 | 79.5 | 57.1 | 73.6 | 121.2 | 159.9 | 165.4 | 96.8 | 68.9 | 64.0 | | |
| 6.0 - 6.9 | 49.5 | 69.3 | 74.9 | 52.1 | 41.6 | 47.1 | 102.5 | 155.0 | 160.3 | 85.8 | 57.0 | 54.5 | | |
| 7.0 - 7.9 | 31.4 | 46.1 | 52.4 | 37.5 | 27.1 | 33.5 | 83.8 | 144.9 | 138.3 | 68.4 | 45.0 | 38.5 | | |
| 8.0 - 8.9 | 15.8 | 28.9 | 38.0 | 23.7 | 15.3 | 20.9 | 64.6 | 120.4 | 115.0 | 48.5 | 30.7 | 27.5 | | |
| 9.0 - 9.9 | 8.4 | 16.2 | 24.0 | 11.9 | 6.1 | 12.6 | 45.2 | 98.4 | 90.1 | 36.7 | 20.4 | 18.2 | | |
| 10.0 - 10.9 | 4.8 | 9.4 | 14.5 | 6.6 | 2.5 | 6.1 | 31.8 | 74.4 | 65.1 | 24.9 | 11.9 | 10.6 | | |
| 11.0 - 11.9 | 2.2 | 3.6 | 7.8 | 3.5 | 1.0 | 2.7 | 19.4 | 52.1 | 45.8 | 18.5 | 7.2 | 5.5 | | |
| 12.0 - 12.9 | 1.3 | 2.3 | 3.5 | 1.3 | 0.1 | 0.8 | 11.5 | 35.3 | 26.9 | 11.6 | 2.8 | 3.3 | | |
| 13.0 - 13.9 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 6.1 | 22.0 | 17.9 | 6.8 | 1.4 | 1.9 | | |
| 14.0 - 14.9 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 3.1 | 11.5 | 9.9 | 3.8 | 0.9 | 0.8 | | |
| 15.0 - 15.9 | | | 0.1 | | | | 1.2 | 6.8 | 4.8 | 2.3 | 0.3 | 0.5 | | |
| 16.0 - 16.9 | | | | | | | 0.7 | 3.0 | 2.5 | 1.5 | 0.1 | 0.3 | | |
| 17.0 - 17.9 | | | | | | | 0.7 | 1.9 | 1.5 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | | |
| 18.0 - 18.9 | | | | | | | 0.1 | 1.1 | 0.6 | 0.1 | | | | |
| 19.0 - 19.9 | | | | | | | | 0.3 | 0.3 | 0.1 | | | | |
| 20.0 - 20.9 | | | | | | | | 0.1 | 0.3 | 0.1 | | | | |
| 21.0 - 21.9 | | | | | | | | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | | | |
| 22.0 - 22.9 | | | | | | | | | 0.1 | | | | | |
| 23.0 - 23.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 24.0 - 24.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 25.0 - 25.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 26.0 - 26.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 27.0 - 27.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 28.0 - 28.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 29.0 - 29.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30.0 - 30.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 31.0 - 31.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 32.0 - 32.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 33.0 - 33.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 34.0 - 34.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 35.0 - 35.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 36.0 - 36.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 37.0 - 37.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 38.0 - 38.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 39.0 - 39.9 | | | | | | | | | | | | | | |
| aantal uren | 501.9 | 630.7 | 689.3 | 539.5 | 425.9 | 534.6 | 908.2 | 1372.0 | 1322.0 | 781.4 | 552.7 | 509.2 | | |
| gemiddelde snelheid | 4.4 | 4.7 | 5.0 | 4.6 | 4.3 | 4.5 | 5.6 | 6.6 | 6.4 | 5.6 | 5.0 | 5.0 | | |

2.4 Simulatie windsnelheden met CFD

Voor het uitvoeren van een windklimaatonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Als het gaat om relatief eenvoudige bebouwingssituaties, of bebouwingssituaties waar op voorhand van wordt verwacht dat geen grote windproblemen op gaan treden, kan worden volstaan met een numerieke simulatie met Computational Fluid Dynamics (CFD). In deze situatie is in overleg met de opdrachtgever, vooruitlopend op een uitvoeriger onderzoek in de windtunnel, van deze onderzoeksmethode uitgegaan. De rekenmethode is aan de hand van eerder uitgevoerde windtunnelprojecten gevalideerd.

De grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit ten aanzien van het temperatuurprofiel) aanwezig is wordt aan de rand van het CFD-model opgewekt zodat het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door de direct omliggende bebouwing en begroeiing mee te modelleren.

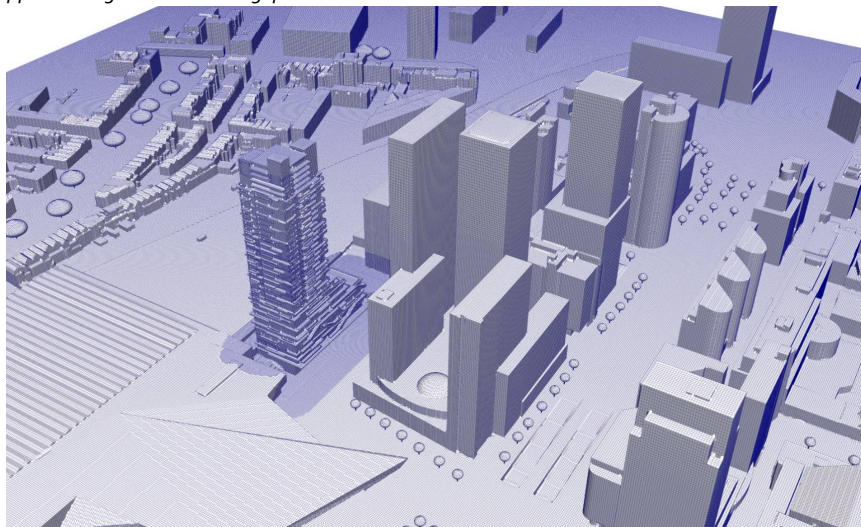
De windsnelheden rondom het project worden met het CFD-model voor 12 windrichtingen berekend. Met behulp van de windstatistiek voor de bouwlocatie, zoals berekend in navolging van de NPR 6097, wordt vervolgens per windrichting de overschrijdingskans voor de kritische uurgemiddelde windsnelheden van 5 en 15 m/s voor respectievelijk windhinder en windgevaar bepaald. De totale overschrijdingskans is de som van de overschrijdingskansen per windrichting, ook wel de hinderkans en de gevaarkans genoemd. Deze worden vervolgens getoetst aan de NEN 8100 om het lokale windklimaat te kunnen beoordelen.

In bijlage 1 is het technisch inlegvel, conform de NEN 8100, opgenomen. Het technisch inlegvel bevat een aantal rubrieken en aandachtspunten die een kort, schetsmatig overzicht geven van de relevante zaken van de CFD-berekeningen.

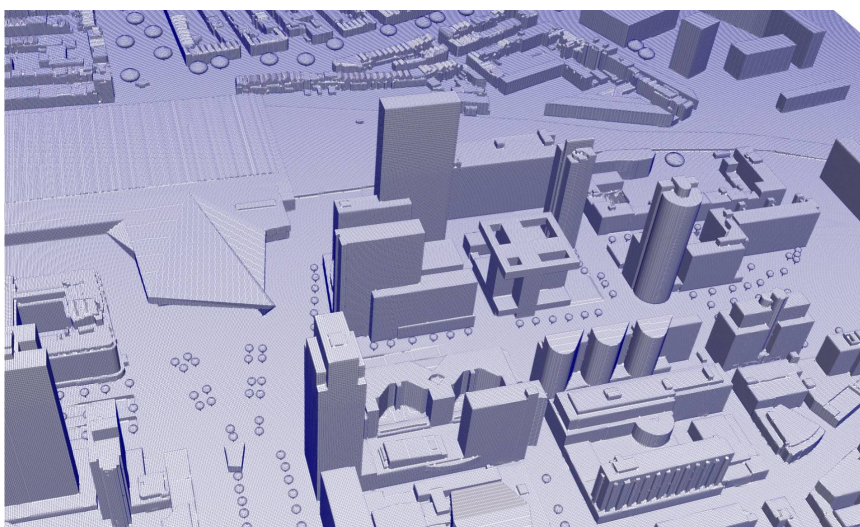
3 Rekenresultaten

In figuren 3.1 en 3.2 zijn aanzichten getoond van de gehanteerde rekengrids voor de geplande en bestaande situatie.

f3.1 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel geplande situatie



f3.2 Aanzicht oppervlakte grid rekenmodel bestaande situatie



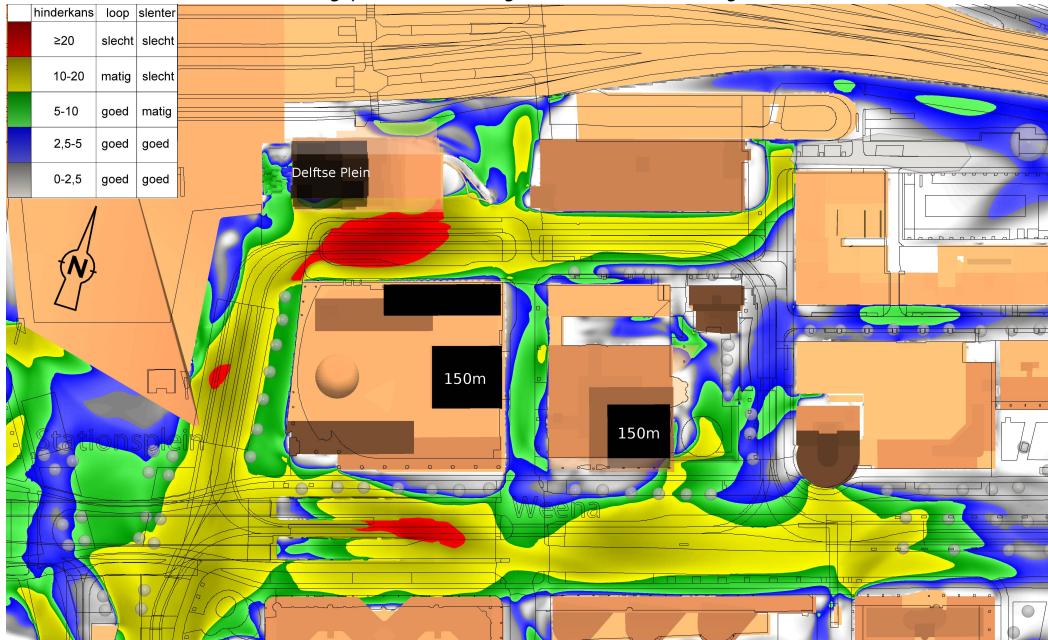
Het windklimaat wordt beoordeeld op basis van de uitgevoerde CFD-berekeningen, de windstatistiek van de betreffende locatie en de grenswaarden zoals beschreven in de paragrafen 2.2.1 en 2.2.2 betreffende windhinder en windgevaar.

In figuren 3.3 en 3.4 worden middels horizontale doorsneden op hoofdhoogte (1,75 meter boven plaatselijk maaiveldniveau) de berekende hinderkans met kleurcontouren voor de respectievelijk de geplande en bestaande bebouwingssituatie weergegeven. De kleuren zijn afgestemd op de beoordelingscriteria uit de NEN 8100. Bij de beoordeling van het windklimaat wordt onderscheid gemaakt tussen de categorieën doorlopen en slenteren. Het criterium voor slenteren is van toepassing bij de gebouwentrees, verder wordt het criterium voor doorlopen gehanteerd. In slentergebieden wordt een hinderkans van minder dan 5%, overeenkomend met een beoordeling goed, nagestreefd. Het criterium voor langdurig zitten is niet toegepast.

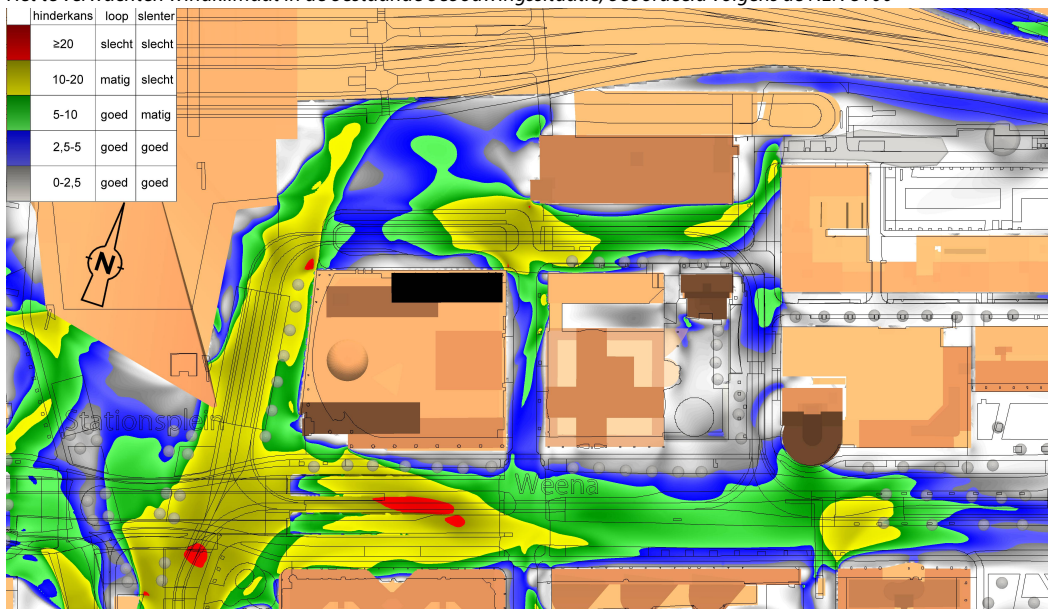
Uit de figuren kan worden opgemaakt dat in de bestaande situatie rondom Delftse Poort plaatselijk een matig tot slecht windklimaat heerst. In de geplande situatie zal in het grootste deel van het plangebied het windklimaat verder verslechteren, met name bij het Delftse Plein. Hier wordt in de geplande situatie een slecht windklimaat verwacht. Afgezien van de grote hoogte van de Delftse Plein toren komt dit doordat de ten zuiden hiervan gelegen bestaande hoogbouw fungeert als een massief blok. Zuidwestenwind (wind uit de meest voorkomende windrichting) die richting dit blok waait, zal deels afbuigen naar de straat Weena en deels richting het Delftse Plein worden geleid. De Delftse Plein toren is niet uitgelijnd met de westzijde van het Delftse Poort kavel, waardoor de gevels van de Delftse Plein toren vervolgens de zuidwestenwind opvangen. Door drukverschillen slaat een deel van deze wind naar beneden. Verder zorgt de interactie van de Delftse Plein toren met de noordelijke bestaande Delftse Poort toren voor een trechtereffect: wind die tussen de bestaande en geplande torens waait wordt versneld.

Door de geplande 150 meter hoge torens verslechterd het windklimaat op de straat Weena. Het windklimaat bij de huidige Unilever locatie is in de bestaande situatie goed voor lopen. Ook bij de entree is het windklimaat goed (beoordeeld als slenteren). Door de toegevoegde hoogbouw wordt in het loopgebied rondom de Unilever locatie plaatselijk een matig windklimaat voor doorlopen verwacht. Bij de huidige hoofdentree blijft het windklimaat goed.

f3.3 Het te verwachten windklimaat in de geplande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100



f3.4 Het te verwachten windklimaat in de bestaande bebouwingssituatie, beoordeeld volgens de NEN 8100

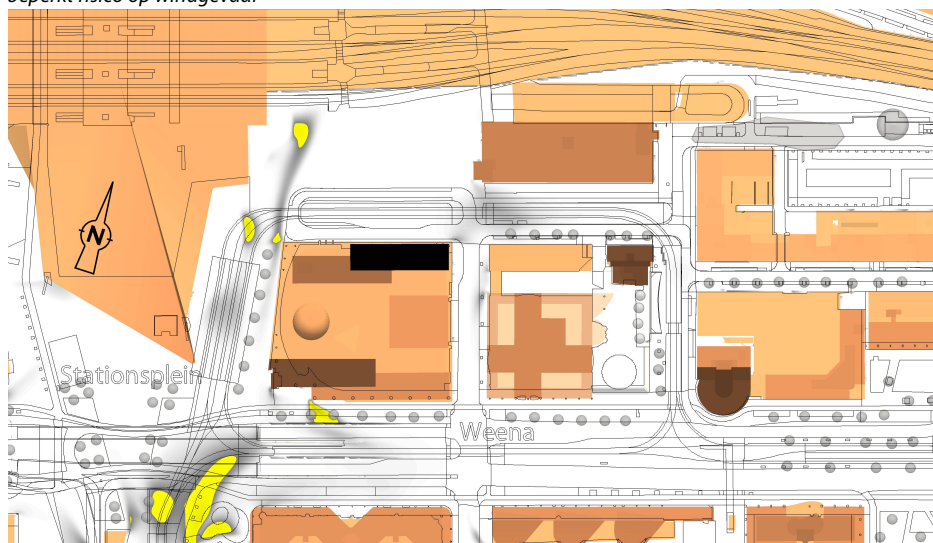


In figuren 3.5 en 3.6 zijn de contouren voor de gevaarkans weergegeven voor de geplande en bestaande bebouwingssituatie. Hierbij staat geel staat voor een beperkt risico op windgevaar en rood voor een overschrijding van het gevaarcriterium. Hieruit valt op te maken dat in de geplande situatie bij het Delftse Plein een relatief groot gebied wordt verwacht met beperkt risico op windgevaar, maar nergens in het plangebied een overschrijding van het gevaarcriterium optreedt (in beide situaties).

f3.5 Gevaarkans contouren in de geplande situatie, beoordeeld volgens de NEN 8100 met een drempelwaarde van 15 m/s; geel = beperkt risico op windgevaar



f3.6 Gevaarkans contouren in de bestaande situatie, beoordeeld volgens de NEN 8100 met een drempelwaarde van 15 m/s; geel = beperkt risico op windgevaar



4 Samenvatting en conclusies

In opdracht van Gemeente Rotterdam is met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) een indicatief onderzoek verricht naar de te verwachten windklimaatssituatie rondom de geplande bebouwing in Rotterdam Central District.

Voor de opzet van het onderzoek en de beoordeling van het windklimaat is uitgegaan van de Nederlandse norm NEN 8100:2006 *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*.

Uit de resultaten van het onderzoek kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- In de bestaande situatie heerst er plaatselijk een matig tot slecht windklimaat.
- Bij het Delftse Plein wordt in de geplande situatie een groot gebied met een slecht windklimaat verwacht evenals een relatief groot gebied met een beperkt risico op windgevaar. In de huidige situatie is het windklimaat hier grotendeels goed voor doorlopen.
- Door de toegevoegde hoogbouw wordt in het loopgebied rondom de Unilever locatie plaatselijk een matig windklimaat voor doorlopen verwacht. In de huidige situatie is het windklimaat hier goed. Bij de huidige hoofdentree blijft het windklimaat goed.
- Nergens in het plangebied wordt een overschrijding van het gevaarcriterium verwacht.
- Een verbetering van de windsituatie kan worden verkregen middels aanpassingen in de bouwmassa en de terreininrichting. Dit kan desgewenst in een later stadium nader worden onderzocht.

Mook,



Dit rapport bevat 15 pagina's
Bijlage 1: Technisch inlegvel numerieke simulatie

Bijlage 1 Technisch inlegvel numerieke simulatie

| Project | Projectgegevens | | | |
|---|--|--|--|-------------------|
| Projectnaam | Hoogbouw in Rotterdam Central District | | | |
| Opdrachtgever | Gemeente Rotterdam - Stadsontwikkeling | | | |
| Projectleider | ir. J.T. Akhnouk, O.E. Otten | | | |
| Datum | 10 maart 2020 | | | |
| Model | Algemene gegevens van het model | | | |
| Omvang gemodelleerd gebied | 1350 x 1050 meter | | | |
| Kerngebied | het gebied rondom de geplande nieuwbouw | | | |
| Omgeving | bebouwing/begroeiing | | | |
| Afmetingen model | 1500 x 1200 x 500 meter | | | |
| Blokkeringsgraad | <10% | | | |
| Gemodelleerd groen | jaargemiddelde situatie | | | |
| Onderzochte windrichtingen | 12 (rondom in stappen van 30 graden) | | | |
| Onderzochte configuraties | geplande en bestaande bebouwingssituatie | | | |
| Computeropstelling | Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur | | | |
| Programmatuur | OpenFoam 6 | | | |
| | ✓ | FVM (eindige volume methode) | | |
| | – | FEM (eindige elementen methode) | | |
| | – | anders | | |
| Algemeen | ✓ | drie-dimensionaal | – | twee-dimensionaal |
| | ✓ | tijd-onafhankelijk | – | tijd-afhankelijk |
| | ✓ | isothermisch | – | thermisch |
| | – | passieve scalars | – | actieve scalars |
| Rekenrooster | circa 35 miljoen cellen; verfijning t.p.v. de geplande bebouwing | | | |
| Turbulentiemodelling | k-ε-RNG-turbulentiemodel | | | |
| Convectieve differentieschema's | snelheidscomponenten: Gauss turbulentie grootheden: Gauss scalaire variabelen: - | | | |
| Randvoorwaarden | Gebruikte randvoorwaarden | | | |
| Instroombprofiel | logaritmisch snelheidsprofiel, windrichtingen 0° t/m 330°: z ₀ =0.7 m en bijbehorende profielen voor k en ε | | | |
| Uitlaat | constante druk | | | |
| Boven-/zijwanden | gesloten, wrijvingsloos | | | |
| Gegevensverwerking en -beoordeling | Informatie voor locatie en beoordeling windklimaat | | | |
| Amersfoortse coördinaten van de locatie | X = 91998 Y = 437745 | | | |
| Toegepaste eisen | V _{DR} [m/s] | Gewenste kwaliteitsklasse | Overschrijdingskans [%] | Beoordeling |
| Voor comfort | | | p(V _{LOK} > V _{DR,H}) | |
| Doorlopen | 5,0 | ≤ D | < 20 | ≤ matig |
| Slenteren | 5,0 | ≤ C | < 10 | ≤ matig |
| Zitten | 5,0 | ≤ B | < 5 | ≤ matig |
| Regionale correctie | Geen correctie | | | |
| Voor gevaar | | | p(V _{LOK} > V _{DR,G}) | |
| | 15 | n.v.t | 0,05 < p < 0,30 | beperkt risico |
| | 15 | n.v.t | p ≥ 0,30 | gevaarlijk |
| Gepresenteerde resultaten | | windhinder: figuren met p (V _{LOK} > V _{DR,H})-waarden, gevaar: figuren met p (V _{LOK} > V _{DR,G})-waarden | | |
| Opmerkingen | | | | |