



RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

VOORONDERZOEK WINDHINDER

WOH/Toernooiveld in Schiedam

VOORONDERZOEK WINDHINDER

WOH/Toernooiveld in Schiedam

Heembouw Wonen B.V.
De Lasso Zuid 22
2371 EW Roelofarendsveen

Vertegenwoordigd door: De heren B. Gouka en K. Sant

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030 - 241 34 27
utrecht@nieman.nl
www.nieman.nl

Uitgevoerd door: dr. ir. F.J.R. van Mook

Referentie:	2018.0194
Status:	definitief
Datum:	28 februari 2018

Inhoudsopgave

Hoofdstuk 1 Inleiding	2
Hoofdstuk 2 Uitgangspunten	3
2.1 Plangebied	3
2.2 Documenten	3
2.3 Gebouwwolumes in het plangebied en zijn omgeving	3
2.4 Gebruik van gebouwen en buitenruimten	6
2.5 Toepasselijkheid van NEN 8100	6
Hoofdstuk 3 Wind in de gebouwde omgeving	8
3.1 Over terreinen	8
3.2 Rondom een gebouw	8
3.3 Tussen gebouwen	10
3.4 Risicofactoren voor windhinder en windgevaar	14
3.5 Maatregelen om windhinder en –gevaar te beperken	14
3.6 Criteria voor windhinder en windgevaar	15
Hoofdstuk 4 Buitenruimten	18
Hoofdstuk 5 Kwalitatieve analyse	20
5.1 De omgeving en het plangebied	20
5.2 Het plangebied en de directe omgeving	20
5.3 Knelpunten en oplossingsrichtingen	22
5.3.1 <i>Buiten het project</i>	22
5.3.2 <i>Binnen het project</i>	22
Hoofdstuk 6 Noodzaak van nader onderzoek	24
6.1 Beslisschema uit NEN 8100	24
6.2 Windtunnel- of numerieke simulatie	24
Hoofdstuk 7 Conclusie	26
Hoofdstuk 8 Literatuur	27
Bijlage 1 Ruwheidskaart	



Bijlage 2 Windroos

Hoofdstuk 1 Inleiding

In opdracht van Heembouw Wonen B.V., vertegenwoordigd door de heren B. Gouka en K. Sant, doet Nieman Raadgevende Ingenieurs onderzoek naar windhinder en windgevaar in het project "WOH/Toernooiveld" in Schiedam. In dit rapport beschrijven we de uitgangspunten en bevindingen van ons vooronderzoek.

Sinds maart 2006 bestaat er in Nederland de norm NEN 8100, die eisen voor de overschrijdingskans van windhinder en windgevaar voor voetgangers en eisen aan het onderzoek naar windhinder en windgevaar stelt. De norm beschrijft twee (kwantitatieve) bepalingsmethoden: namelijk met een windtunnel of met numerieke simulatie¹.

In voorbereiding op toepassing van een van de bepalingsmethoden (vanaf hier "het windhinderonderzoek" genoemd) wordt een vooronderzoek gedaan, om relevante uitgangspunten en andere gegevens vast te stellen en om aandachtspunten in beeld te brengen.

Indeling van het rapport

In Hoofdstuk 2 worden de gegeven uitgangspunten genoemd.

Hoofdstuk 3 geeft een korte algemene introductie over het fenomeen van de wind in de gebouwde omgeving.

De aanwijzing van de relevante buitengebieden en het voorstel voor het gewenste windklimaat komen in Hoofdstuk 4 aan bod.

In Hoofdstuk 5 geven we een analyse van het te verwachten windklimaat in en rond het project. Mogelijke risico's op windhinder worden *op een kwalitatieve manier* aan de hand van ervaring, vuistregels en literatuur ingeschat. Daarbij noemen we aandachtspunten, knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen.

Hoofdstuk 6 gaat in op de eventuele noodzaak, volgens NEN 8100, van het windhinderonderzoek.

Hoofdstuk 7 vat de conclusies samen.

¹ Ook wel computerberekeningen of computational fluid dynamics (CFD) genoemd.

Hoofdstuk 2 Uitgangspunten

2.1 Plangebied

Onder het plangebied verstaan we het gebied dat door de Vlaardingerdijk, Pieter Loopuytstraat en de Arnoldus Daalmeijerstraat begrensd wordt.

Het windklimaat op balkons en daken worden hier niet onderzocht. (In het project zijn balkons voor wind geheel afsluitbaar. Alleen de balkons op de westhoek van toren A zijn niet voor wind afgesloten.)

2.2 Documenten

De volgende tekeningen en andere documenten over het project zijn bij het vooronderzoek gebruikt:

- situatietekening van 21-02-2018 door UNO in Rotterdam;
- tekeningen van plattegronden, aanzichten, doorsneden en driedimensionale impressie van januari 2018 door Habeon Architecten in Roelofarendsveen.

2.3 Gebouwwolumes in het plangebied en zijn omgeving

Figuur 1 geeft een impressie van het project gezien vanuit zuidwest. Figuur 2 geeft de situatie en de inrichting van het plangebied weer. Figuur 3 toont een satellietopname van de ruimere omgeving. Figuur 4 tot en met Figuur 6 geven beelden van de bestaande situatie in de omgeving van het project weer.

Het project bestaat uit twee torens op een gezamenlijke plint bestaande uit twee bouwlagen (garage plus commerciële ruimten). Het gebouw heeft een totale footprint van circa 85×55 m. In het project wordt het peil vanaf het dek van de garage gemeten. Dit peil ligt op 5,7 m boven NAP. De Vlaardingerdijk komt ongeveer 1 m onder het peil uit; het straatniveau van de Pieter Loopuytstraat ligt op ongeveer 2,5 m onder het peil. De begane grond met entrees en commerciële functies (boven de garage) heeft een hoogte van 4,5 m.

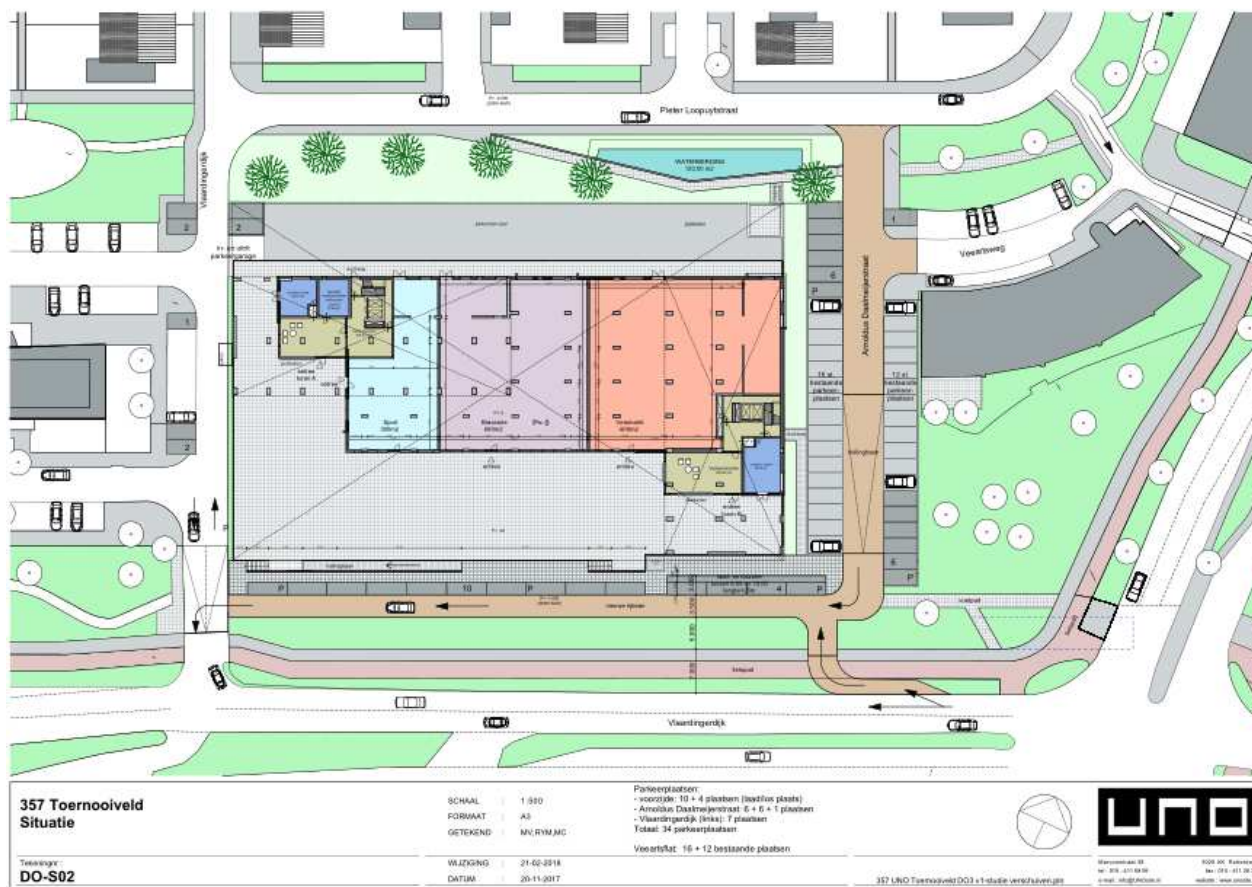
Toren A (de westelijke toren van het project) bestaat uit 10 bouwlagen bovenop de garage, heeft een hoogte van circa 32 m boven het peil, en heeft een footprint van circa 44×19 m. Toren B (oostelijke toren) bestaat uit 15 bouwlagen bovenop de garage, heeft een hoogte van circa 47 m boven het peil, en heeft een footprint van circa 44×19 m. De afstand tussen beide torens is ongeveer 25 m.

Op circa 20 m ten westen van toren A staat een bestaand gebouw van 12 bouwlagen (circa 36 m hoog). Verder naar het westen staat nog zo'n hoog flatgebouw. Op circa 22 m ten oosten van toren B staat een flatgebouw van 7 bouwlagen (circa 21 m hoog).

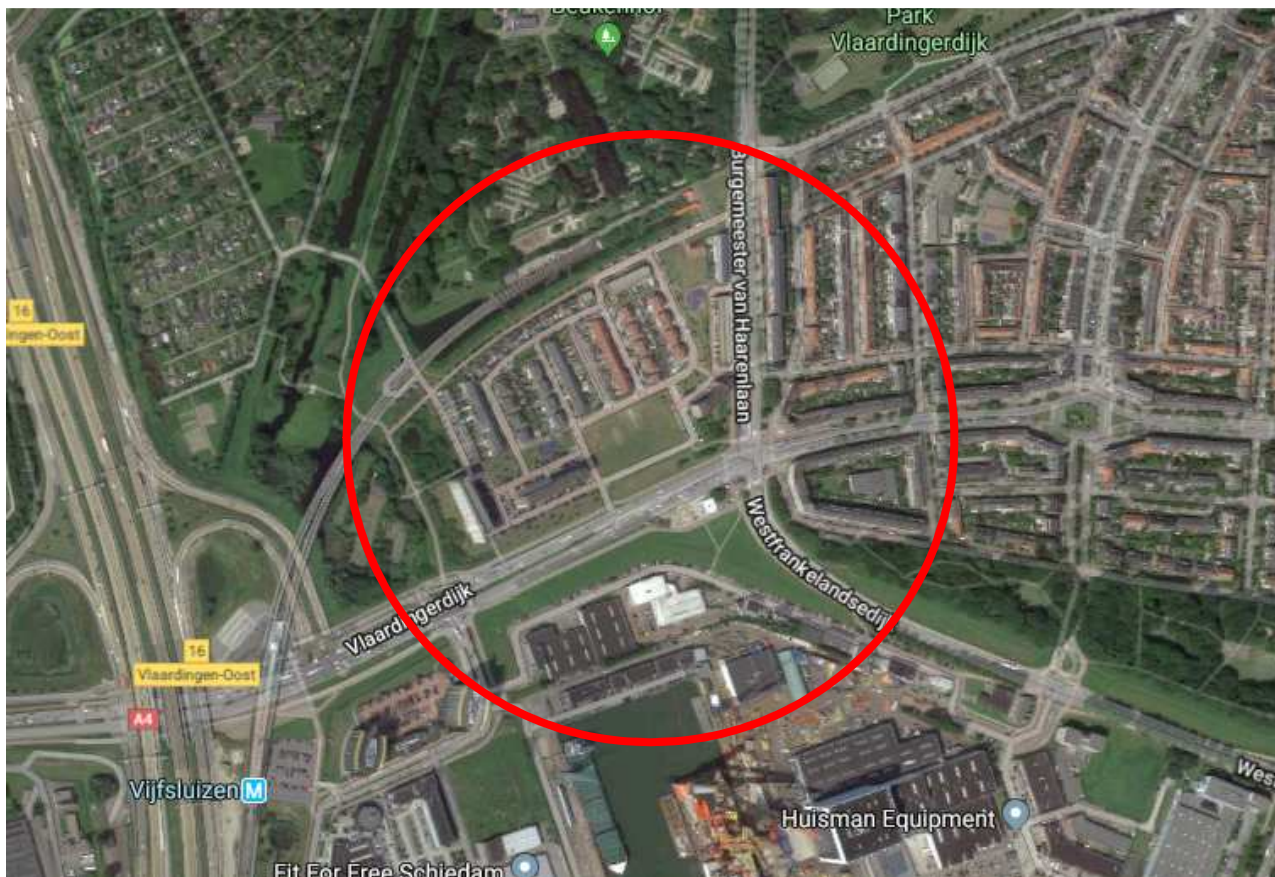
Ten noorden van het plangebied bevinden zich eengezinswoningen. De afstand tot de torens is minimaal 35 m. Op circa 250-300 m ten zuidwesten van het plangebied zijn nog twee kantooortorens van circa 39 à 42 m hoog.



Figuur 1: Impressie van het project gezien vanuit zuidwest.



Figuur 2: Situatie.



Figuur 3: Satellietopname (Google Maps, februari 2018; datum van de opname(n) is onbekend). De cirkel heeft een straal van 300 m.



Figuur 4: Beelden van de bestaande situatie, gezien vanuit zuidwest (Google Street View, februari 2018; datum van de opname is onbekend).



Figuur 5: Beelden van de bestaande situatie, gezien vanuit noordoost (Google Street View, februari 2018; datum van de opname is onbekend).



Figuur 6: Beelden van de bestaande situatie, met zicht op zuid (Google Street View, februari 2018; datum van de opname is onbekend).

2.4 Gebruik van gebouwen en buitenruimten

In het project en in de omringende bebouwing ten westen, ten noorden en ten oosten ervan is wonen de belangrijkste functie. In het project is ook ruimte gereserveerd voor commerciële functies, die vooralsnog bestaan uit een sportschool, brasserie en versmarkt. De buitenruimten bestaan uit straten, parkeerplaatsen, groen, tuinen (bij de eengezinswoningen).

De appartementen in het project zijn bedoeld voor alleenstaanden, kleine gezinnen en senioren.

Ten zuiden van het project bevindt zich een grote doorgaande weg (Vlaardingerdijk). Verder naar het zuiden zijn er kantoren en andere bedrijfsgebouwen.

2.5 Toepasselijkheid van NEN 8100

NEN 8100 wordt niet door nationale wetgeving aangewezen. Wel kan de norm in private afspraken tussen bouwpartijen van toepassing worden verklaard, ook kan de gemeente de toepassing met gemeentelijke verordeningen verplicht stellen.

Voor het plangebied gelden (nog) geen concrete officiële gemeentelijke regels ten aanzien van windhinder. Het plangebied is bovendien onderdeel van een aan te passen bestemmingsplan.

Vanwege de afwezigheid van officiële gemeentelijke regels stellen we voor in het project van toepassing van NEN 8100 uit te gaan, en het gewenste windklimaat voor voetgangers in het plangebied in overleg met de gemeente vast te stellen.

Overigens heeft de gemeente Schiedam in november 2008 de notitie "Hoogbouwvisie Schiedam 26 augustus 2008" vastgesteld. Over windhinder zegt de notitie het volgende:

"Windhinder: hoge gebouwen kunnen windhinder veroorzaken. Inmiddels is door ervaring met hoogbouw in het verleden een beleid in ontwikkeling om gebouwen vanaf een bepaalde hoogte tot totale stedenbouwkundige plannen in een windtunnel op windhinder te testen. Aanpassingen in vorm, opbouw en met name de onderste lagen (de plint) kunnen een positief effect hebben op de windhinder."

En: "Aanbevelingen (...) • Een terughoudend beleid ten aanzien van het toepassen van wanden. Deze hebben zowel qua bezonning, zichthinder als windhinder meer negatieve impact op de omgeving dan de andere vormen. (...) • Een standaard windhinderonderzoek op alle bebouwing van acht lagen en hoger in de ontwerpfase. En een beoordeling van een deskundige voor de noodzaak tot een windhinderonderzoek bij gebouwen hoger dan vijf lagen."

Hoofdstuk 3 Wind in de gebouwde omgeving

3.1 Over terreinen

De snelheid van de wind die een plangebied inkomt, is afhankelijk van de afremming of versnelling die bovenwinds door grote waters, terreinhoogteverschillen, begroeiing, gebouwen en obstakels ontstaat. De aard van het aardoppervlak die de afremming of versnelling van de wind veroorzaakt, wordt ruwheid genoemd. Hoe groter de ruwheid, hoe meer afremming.

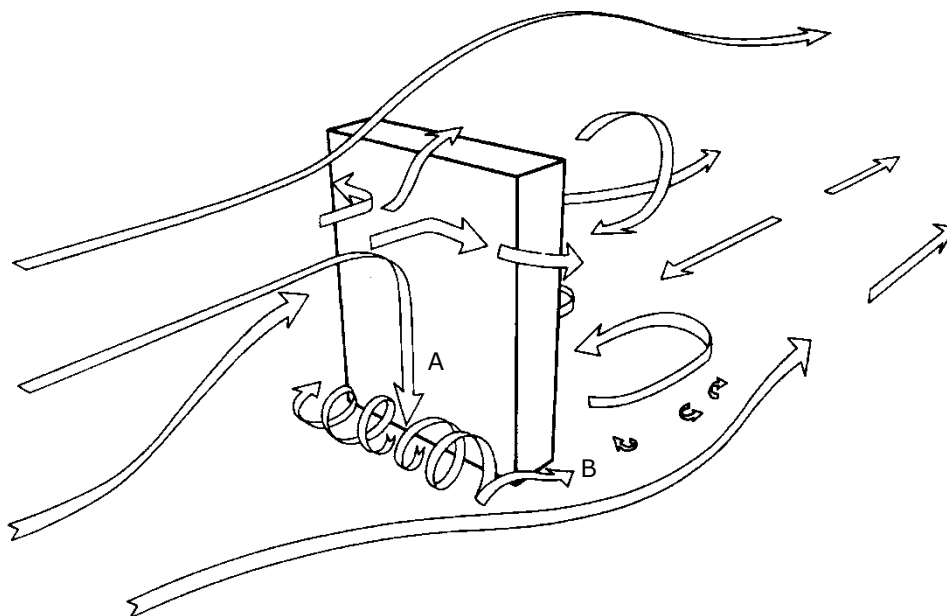
De uitgebreide omgeving wordt in de abstracte termen van (meso-)ruwheden beschreven. Voor Nederland bestaat er NPR 6097:2006. Met het computerprogramma en de data van de NPR kan een kaart met de mesoruwheden in een straal van 6 km rond een plangebied worden gegenereerd. De kaart is op satellietfoto's van het landgebruik in 1995 en 1997 gebaseerd.

Binnen een straal van 300 m van het plangebied wordt daarentegen de aard van het terrein in veel meer detail beschreven. De beschrijving van deze directe omgeving bestaat dan uit de posities, hoogten, breedten, lengten en oriëntaties van gebouwwolumen, bomen, andere (grote) obstakels en de ruwheden van de straten en andere oppervlakten. Voor het plangebied zelf geldt hetzelfde, maar dan in nog meer detail.

Alzo is het stromingspatroon van de wind die een plangebied inkomt, nogal complex. Men kan dit inzien door zich eerst voor te stellen dat de windsnelheid door de afstanden waarover de wind over een terrein met een zekere ruwheid blaast, en door veranderingen van de ruwheden van de terreinen verandert. Vervolgens komt de wind aan/in het plangebied en moet de wind over en om de verschillende obstakels gaan.

3.2 Rondom een gebouw

Wanneer de wind langs een obstakel gaat, ontstaan versnellingen en wervelingen. Om het simpel en kort te houden beschouwen we het algemene windpatroon rond een hoog gebouw in een verder onbebouwde omgeving. Figuur 7 toont dit voor een eenvoudige rechthoekige toren wanneer de wind loodrecht op de breedste gevel blaast. Het windklimaat aan de voet van het gebouw wordt bepaald door een grote neerwaartse beweging (aangeduid met "A" in de figuur), door zijwaartse stromingen aan de voorzijde aan de voet, en vervolgens door de hoekstromingen ("B"). Zo ontstaan verhoogde snelheden op loophoogte voor- en zijlangs het gebouw. Veel van de wind die op loophoogte ervaren wordt, "komt van boven".

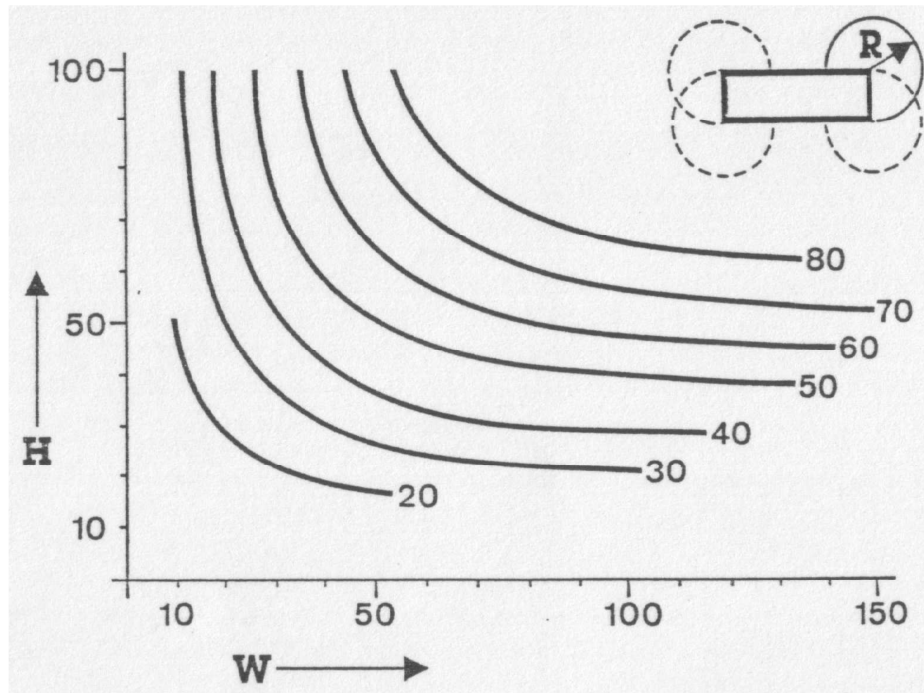


Figuur 7: Gemiddeld windpatroon bij loodrechte aanstroming van een hoog gebouw (Beranek et al. 1979).

De pijlen in Figuur 7 geven slechts de globale richtingen van de luchtstromingen aan. De grootte van de windsnelheden rondom het gebouw hangt van de vorm en de hoogte/breedte/diepte-verhoudingen van het gebouw. Het gebied rond het gebouw op straatniveau waar de windsnelheden vanwege het gebouw (zoals bij hoekstromingen "B" in Figuur 7) met minimaal 20% zijn vergroot, wordt invloedsgebied genoemd. De omvang van het invloedsgebied hangt af van de vormverhoudingen van het gebouw, maar een grove schatting kan men met Figuur 8 maken.

Uit Figuur 8 blijkt bijvoorbeeld dat een gebouw met een gevel van circa 45 m breed en 45 meter hoog (waarop de wind staat) een invloedsgebied van circa 45 m heeft. Als dat gebouw 30 m hoog zou zijn, moet men rekening houden met een invloedsgebied van circa 30 m.

Figuur 8 wordt pas bij gebouwen vanaf 20 m hoogte gebruikt. Hoewel de figuur gebaseerd is op onderzoek naar gebouwen in het vrije veld, kunnen we deze schatting bij eerste benadering ook voor gebouwen in de gebouwde omgeving gebruiken. Daarbij moet wel bedacht worden dat het windpatroon tussen gebouwen meestal erg lastig in te schatten is, en dat het invloedsgebied in werkelijkheid dus groter of kleiner kan zijn.

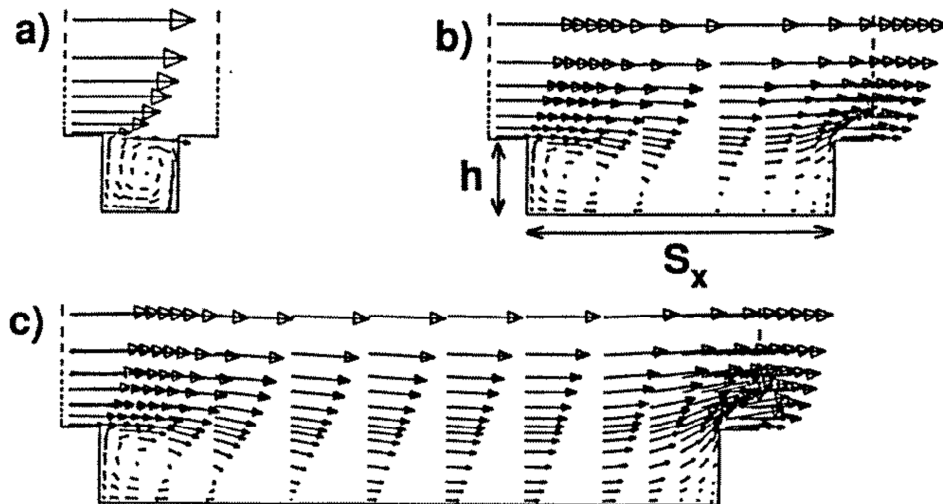


Figuur 8: Invloedsgebied van een enkel hoog gebouw met breedte W en hoogte H meter (Bottema 1993). De straal R geeft ongeveer het gebied rond de hoeken aan waarbinnen de windsnelheden op looppniveau minimaal 20% groter zijn dan in het open veld op looppniveau.

3.3 Tussen gebouwen

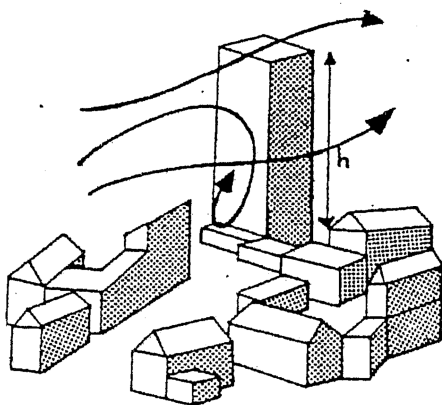
Tussen twee evenwijdige stroken gebouwen —ofwel in een rechte straat— is de mate van beschutting afhankelijk van de afstand tussen de stroken S_x en de hoogte van de stroken h , in het geval dat de wind loodrecht op de as van de straat waait. In Figuur 9 zijn windpatronen in het verticale vlak afgebeeld. Hoe kleiner de verhouding S_x/h is, hoe meer beschutting. Bij $S_x/h < 3$ à 4 gaat de wind grotendeels over de stroken en de straat heen. Dan is er dus beschutting in de straat. Als de wind evenwijdig of bijna evenwijdig aan de straatas waait, is er geen beschutting.

Voor de (on)beschutting in pleinen en binnenplaatsen gelden bij eerste benadering ongeveer dezelfde verhoudingen.

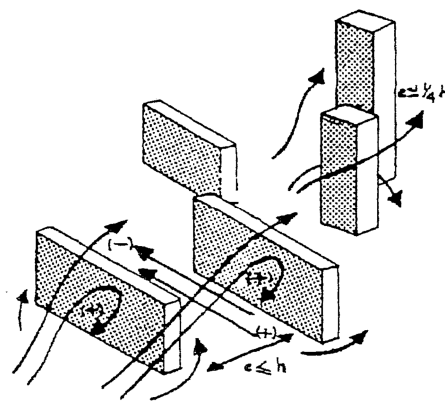


Figuur 9: Windpatronen over twee evenwijdige stroken: a) $S_x/h = 1$, "skimming flow"; b) $S_x/h = 4$, "wake interference flow" en c) $S_x/h = 8$, "isolated roughness flow" (Bottema 1993).

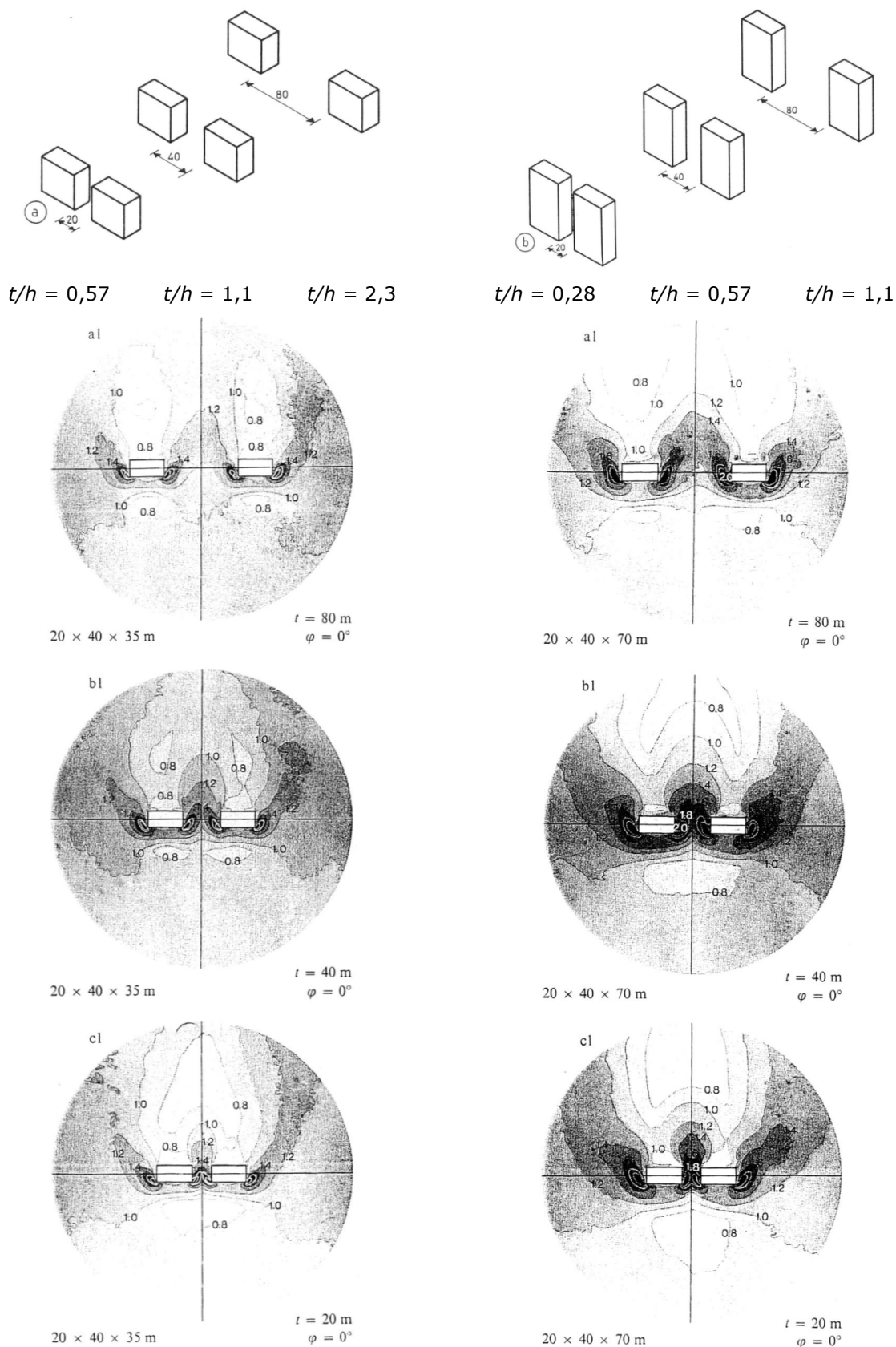
Langs straten en pleinen wordt het windklimaat ook sterk door doorgangen tussen gebouwen en onregelmatigheden in gebouwhoogten bepaald. Als vuistregel wordt bijvoorbeeld vaak genomen, dat een gebouw aan een plein of straat dat minimaal 1,5 maal hoger is dan het gemiddelde, de beschutting teniet kan doen. Zoals boven met Figuur 7 geïllustreerd zorgt zo'n duidelijk hoger gebouw ervoor dat een belangrijk deel van de wind naar beneden en langs de hoeken van het gebouw moet gaan, waardoor het windklimaat op straatniveau nadelig beïnvloed wordt. Figuur 10 is een voorbeeld van een configuratie waar na de bouw van het hoge gebouw de beschutting die oorspronkelijk door de gebouwen van ongeveer gelijke hoogte langs straten en pleinen was ontstaan, voor een belangrijk deel teniet is gedaan.



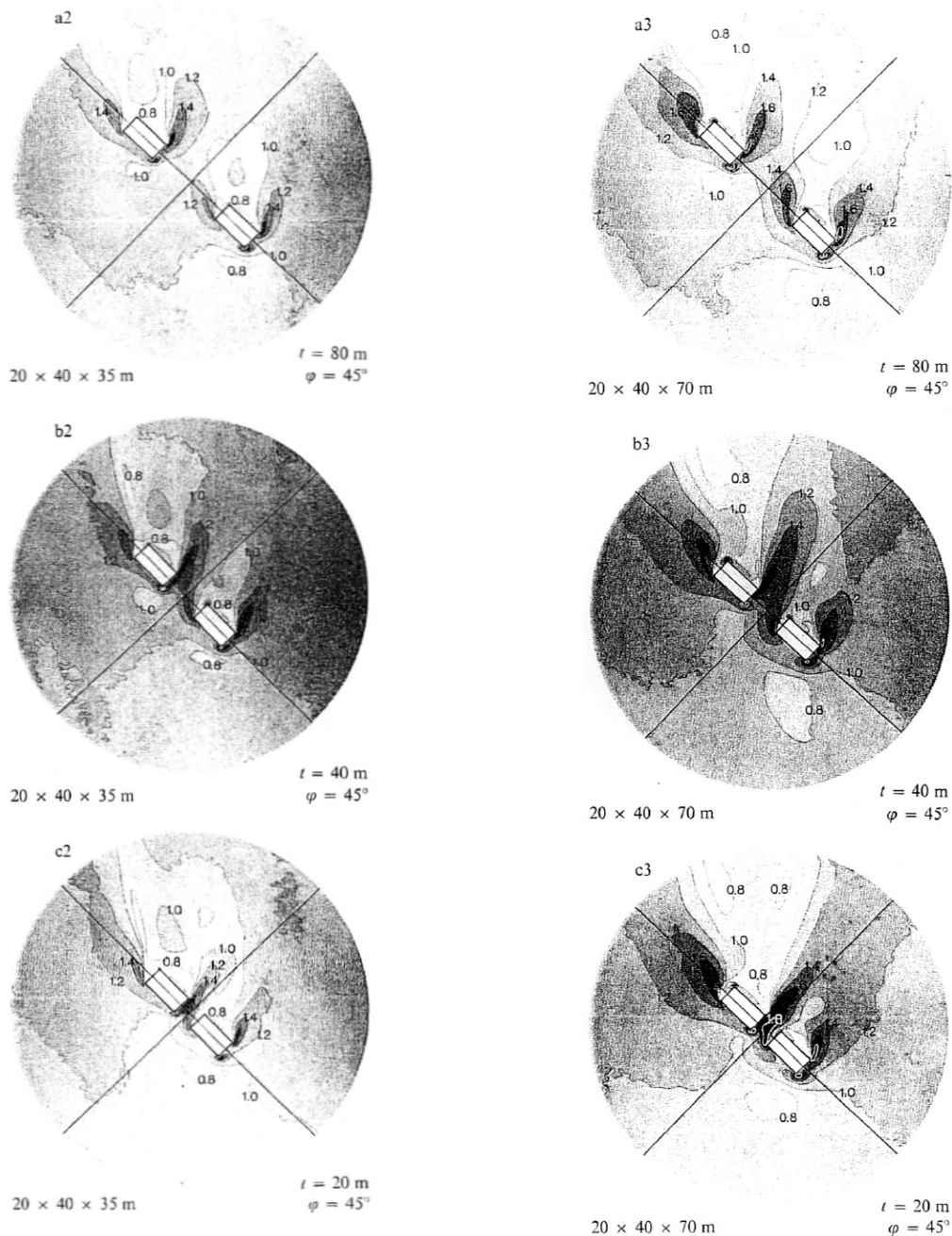
Figuur 10: Het nadelige effect van een gebouw dat veel hoger is dan het gemiddelde gebouw (Gandemer 1975).



Figuur 11: Sterke stroming tussen verschoven gebouwen (Gandemer 1975).



Figuur 12: Windhinderkaarten rond twee torens afhankelijk van hun hoogte h en onderlinge afstand t (Beranek 1982). De diepte en lengte van de torens is steeds 20 en 40 m. De wind blaast in de richting loodrecht op de voorgevels. In grijsstinten en met getallen is in de windhinderkaarten de factor aangegeven, waarmee de windsnelheid is vergroot ten opzichte van de onbebouwde omgeving.



Figuur 13: Idem als Figuur 12, maar hier blaast de wind in de richting van 45 graden op de voorgevels (Beranek 1982).

Wanneer twee hoge gebouwen naast elkaar staan, kan afhankelijk van hun geometrische verhoudingen met name tussen de gebouwen erge windhinder ontstaan. In Figuur 12 en Figuur 13 is de windhinder aangegeven van twee even grote blokken, bij verschillende onderlinge afstanden en bij twee windrichtingen. De figuren zijn verkregen uit windtunnelexperimenten. In de figuren zijn de relatieve lokale snelheden in grijs tinten en met getallen aangegeven; windhinder vindt plaats in die gebieden met de waarde 1,2 of meer.

Een belangrijke bepalende verhoudingsgetal is hier t/h , de onderlinge afstand gedeeld door de gebouwhoogte. Wanneer deze groter is dan 1, is het windpatroon rond elk van beide gebouwen bijna onafhankelijk van elkaar. De gebouwen kunnen "los" van elkaar gezien kunnen worden; er is weinig tot geen interactie. De windhinder vindt vooral bij de hoeken plaats. Wanneer het gebouw hoger is (links

versus rechts in Figuur 12 en Figuur 13), zijn uiteraard grotere windhindergebieden in de grafieken zichtbaar.

Wanneer de verhouding t/h 1 of kleiner is, versmelten als het ware de windhindergebieden tussen beide blokken. Het windhindergebied wordt zelfs groter en breidt zich meer naar achteren uit. De windsnelheden worden groter. Ook de windrichting heeft soms een groot nadelig effect (vgl. Figuur 12 en Figuur 13).

Wanneer de gebouwen nog dichter bij elkaar staan ($t/h < 0,5$), gaat in het gebied tussen de gebouwen de wrijving een steeds grotere rol spelen, waardoor de grootte van het windhindergebied en de mate van de windhinder afneemt.

3.4 Risicofactoren voor windhinder en windgevaar

De belangrijkste situaties met grote kans op windhinder en windgevaar zijn:

- hoge gebouwen. Deze situatie is al boven duidelijk gemaakt. NEN 8100 beveelt sowieso bij gebouwen hoger dan 30 m een nader windhinderonderzoek aan (zie ook paragraaf 6.1). In Nederland worden dus dergelijke situaties als een risico beschouwd;
- gebouwen die minimaal 1,5 keer hoger zijn dan de gemiddelde gebouw- of obstakelhoogte. Niet alleen gebouwen maar ook obstakels zoals heuveltjes, dijken, schermen, bomen en boomgroepen worden uiteraard in de beschouwing meegenomen;
- entrees op gebouwhoeken van hogere gebouwen. Deze hebben een grotere kans op windhinder dan entrees ver van gebouwhoeken, waar de hoekstromingen ("B" in Figuur 7) minder effect hebben;
- doorgangen tussen gebouwen (zoals in Figuur 12). Afhankelijk van de geometrische verhoudingen (als de tussenafstand ongeveer 0,5 à 2 keer de gebouwhoogte is) kunnen de hoekstromingen tussen twee gebouwen elkaar versterken;
- onderdoorgangen. Zeker onder hogere gebouwen leiden onderdoorgangen vaak voor een sterke trek. Dit levert niet alleen windhinder voor het lopen op maar ook kan men deuren in de onderdoorgang met moeite openen of sluiten;
- evenwijdige gebouwen die verschoven ten opzichte van elkaar staan, zoals in Figuur 11. Bij wind op de lange zijde ontstaat er een sterke stroming tussen de gebouwen en evenwijdig aan de gebouwen.

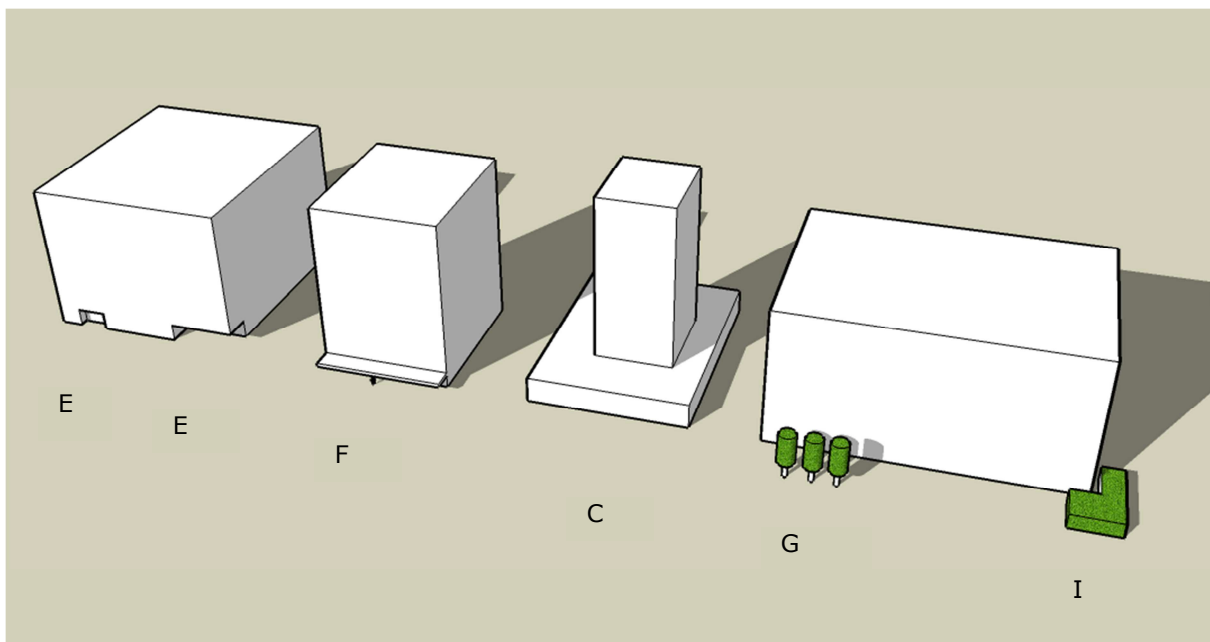
De windeffecten in een zekere geometrie zijn afhankelijk van de windrichting. Alleen voor hele simpele geometrieën zijn gegevens uit de literatuur beschikbaar. In de praktijk zijn de geometrieën meestal zo complex dat vuistregels, zoals boven genoemd, slechts een hele grove kwalitatieve inschatting met ruime onzekerheidsmarges kunnen leveren.

3.5 Maatregelen om windhinder en –gevaar te beperken

Windhinder en windgevaar voor voetgangers kunnen in het algemeen op de volgende manieren worden beperkt (Figuur 14):

- A. de hoogte van een nieuw gebouw aanpassen aan de gemiddelde hoogte van de bestaande omringende gebouwen;
- B. in plaats van open verkavelingen: binnenhoven, omsloten pleinen en straten met een breedte gelijk aan de (gemiddelde) gebouwhoogte;
- C. podiumbouw, dat wil zeggen een breed blok van één of enkele lagen onder een smaller hoogbouw;
- D. vermijden van onderdoorgangen, of deze voorzien van schermen of luifels;
- E. ten opzichte van de gevel terugleggen van begane-grondgevels of entrees;
- F. luifels en overstekken op straatniveau. Bomen kunnen soms dezelfde functie vervullen;
- G. verticale schermen, al dan niet permeabel, hagen;
- H. verplaatsing van windgevoelige activiteiten (zoals gebouwingangen en speeltuinen) naar minder winderige plekken;
- I. toegankelijk maken van winderige plekken voor voetgangers, bijvoorbeeld door middel van een vijver of struiken.

Een goede keuze en afstemming van gebouwvolumes (bijvoorbeeld volgens punten A-D) leveren het grootste effect op. Maar niet altijd zijn dergelijke voordelige configuraties toepasbaar en zullen maatregelen op detailniveau (D-G) een verbetering moeten leveren of zijn oplossingen als H en I echt noodzakelijk. Of een maatregel het gewenste effect heeft, wordt met een windtunnelsimulatie of numerieke simulatie vast gesteld.



Figuur 14: Voorbeelden van maatregelen om windhinder en windgevaar te beperken. De letters verwijzen naar de in paragraaf 3.5 genoemde maatregelen.

3.6 Criteria voor windhinder en windgevaar

De norm NEN 8100 geeft eisen aan het lokale windklimaat afhankelijk van de activiteit. In Tabel 1 zijn de onderscheiden activiteitenklassen genoemd. Ze worden in verband gebracht met de gevoeligheid voor windhinder. Een voetganger die bijvoorbeeld in een gewone straat of over een parkeerterrein loopt en

met redelijke snelheid en rechtstreeks van een plek naar een andere plek loopt, ondervindt veel minder hinder van de wind, dan iemand die bijvoorbeeld op een terrasje zit. Tussen deze activiteiten "doorlopen" respectievelijk "langdurig zitten" wordt een activiteitenklasse onderscheiden die qua windgevoeligheid er midden in zit: deze wordt "slenteren" genoemd en heeft betrekking op bijvoorbeeld een winkelstraat, een onoverdekt winkelcentrum, een park en gebouwingangen.

Tabel 1: Activiteitenklassen volgens NEN 8100:2006.

klasse	voorbeelden
I.	doorlopen, gericht lopen
II.	slenteren, zitten en staan
III.	langdurig zitten

In Tabel 2 zijn de (kwantitatieve) beoordelingen van het lokale windklimaat voor windhinder opgesomd. Afhankelijk van het aantal uur per jaar dat de windsnelheid op een plek op loop- of verblijfshoogte groter is dan 5 m/s, valt het windklimaat op die plek in een kwaliteitsklasse A tot en met E. Uit Tabel 2 kan men aflezen hoe dat windklimaat beoordeeld moet worden afhankelijk van de activiteit op dat gebied. Men kan afspreken de beoordeling "matig" en "slecht" niet te accepteren, waardoor in dergelijke gevallen maatregelen ter vermindering van windhinder genomen moeten worden. Een "goed" windklimaat op een zekere plek met activiteitenklasse III (langdurig zitten) betekent dat maximaal 2,5% van de tijd de windsnelheid daar groter is dan 5 m/s. Omdat activiteitenklasse I (doorlopen) veel minder gevoelig voor windhinder is, mag de overschrijdingskans uiteraard groter zijn: volgens de norm geldt er een "goed" windklimaat voor "doorlopen" als maximaal 10% van de tijd de windsnelheid groter is dan 5 m/s.

De norm hanteert een drempelwaarde van 5 m/s voor de beoordeling van windhinder, omdat vanaf deze snelheid (vergelijkbaar met Beaufort 3 tot 4) haren, kleding, paraplu's beginnen te wapperen, en stof en papieren weggeblazen worden.

De drempelwaarde voor windgevaar is 15 m/s. Bij deze snelheid (ongeveer Beaufort 7 tot 8) worden mensen uit hun evenwicht gehaald, kunnen ze niet recht lopen en kunnen ze zelfs gaan vallen. In Tabel 3 zijn de criteria voor windgevaar opgesomd.

Toetsing van een plan aan de criteria voor windhinder en windgevaar kan alleen aan de hand van een kwantitatieve schatting. Daarvoor beschrijft de norm twee methoden: een windtunnelsimulatie en een numerieke simulatie.

Tabel 2: Beoordeling van het lokale windklimaat voor windhinder op loop- of verblijfsniveau (NEN 8100:2006). De drempelsnelheid is $U_{\text{grens};H} = 5,0 \text{ m/s}$.

overschrijdingskans $p(U_{\text{lok}} > U_{\text{grens};H})$ in % van het aantal uur per jaar	activiteitenklasse			kwaliteits klasse
	I. doorlopen	II. slenteren	III. langdurig zitten	
< 2,5	goed	goed	goed	A
2,5 – 5	goed	goed	matig	B
5 – 10	goed	matig	slecht	C
10 – 20	matig	slecht	slecht	D
> 20	slecht	slecht	slecht	E

Tabel 3: Beoordeling van het lokale windklimaat voor windgevaar op loop- of verblijfsniveau (NEN 8100:2006). De drempelsnelheid is $U_{\text{grens};G} = 15 \text{ m/s}$.

overschrijdingskans $p(U_{\text{lok}} > U_{\text{grens};G})$ in % van het aantal uur per jaar	kwalificatie
0,05 – 0,30	beperkt risico: acceptabel bij activiteitenklasse I, maar onacceptabel bij II en III
$\geq 0,30$	gevaarlijk

Hoofdstuk 4 Buitenruimten

Aan de hand van de gegevens uit Hoofdstuk 2 worden hier de buitenruimten en hun activiteitenklassen benoemd. Het is belangrijk deze gegevens vast te stellen, omdat daarmee het lokale windklimaat, zoals dat met een windtunnel of met numerieke simulatie zal worden bepaald, zal worden beoordeeld.

In Figuur 15 is een voorstel voor de te onderscheiden buitenruimten en hun activiteitenklasse in het plangebied en zijn directe omgeving opgenomen. Opmerkingen en nadere aandachtspunten bij het voorstel:

- Geadviseerd wordt niet alleen het windklimaat in het plangebied, zoals in paragraaf 2.1 gedefinieerd, te beoordelen, maar het windklimaat in een ruimer gebied te controleren. Dit ruimer gebied is met "aandachtsgebied" in Figuur 15 aangegeven en is in paragraaf 5.2 gemotiveerd. Aanbevolen wordt af te stemmen wie in welk deel van het aandachtsgebied over maatregelen kan/mag beslissen (de rol van de opdrachtgever, de gemeente en eventueel anderen).
- De straten, trottoirs en parkeerplaatsen vallen onder de gebruikelijke activiteitenklasse I (doorlopen).
- Voor fietsers geeft NEN 8100 geen enkel richtlijn. We hanteren ook activiteitenklasse I (doorlopen) voor de fietspaden op de Vlaardingerdijk.
- Secundaire voetpaden en voetpaden in het groen hebben we activiteitenklasse I-II toegekend, omdat ze bij voorkeur als activiteitenklasse II (slenteren) en eventueel als activiteitenklasse I (doorlopen) kunnen worden beoordeeld.
- De hoofdingangen van de torens en van de andere woonfuncties in het aandachtsgebied (flatgebouwen en grondgebonden woningen) hebben zoals gebruikelijk activiteitenklasse II, en deze klasse geldt tot 2 à 3 meter van de toegangsdeur. Verder wordt ervan uitgegaan dat er geen bijzondere eisen gelden.²
- Voor de ingangen van de commerciële functies geldt hetzelfde: activiteitenklasse II.
- Het dek van de garage van het project, waarop zich de hoofdingangen van de torens en van de commerciële functies van het project zich bevinden, heeft verschillende gebieden met verschillende activiteitenklassen:
 - looproutes vanaf de trappen en de hellingbaan (aan de Vlaardingerdijk-zijde) naar de entrees: activiteitenklasse I (doorlopen);
 - gebouwingangen (tot 2 à 3 meter van de toegangsdeur): activiteitenklasse II in elk geval;
 - tot een zekere afstand van de entree en de gevel van een commerciële functie: activiteitenklasse II (slenteren bij entree of etalage) of activiteitenklasse III (langdurig

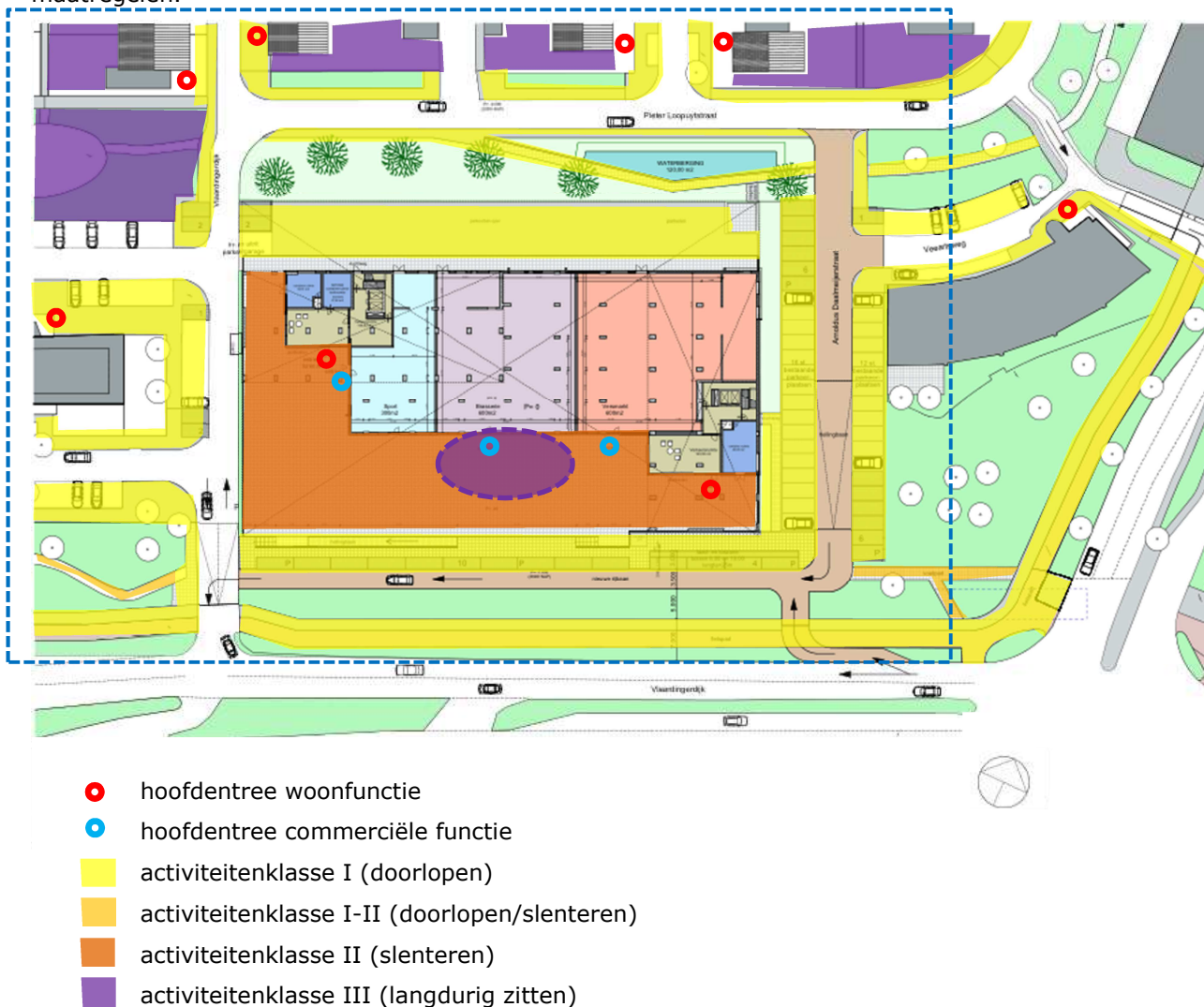
² Toegangen van gebouwen waar vooral kinderen, gehandicapten en ouderen komen, dienen extra zorgvuldig ontworpen te worden, omdat de windhinder- en windgevaarcriteria op vitale volwassenen zijn gebaseerd. Concrete kwantitatieve criteria voor ouderen en kinderen worden overigens door NEN 8100 niet gegeven, omdat er in de wetenschappelijke literatuur ook nauwelijks gegevens daarover voorhanden zijn. In het project en de omringende bebouwing gaat het typisch om vitale volwassenen.

zitten bij horeca). De omvang van dit gebied en de activiteitenklasse hangen dus van de aard van de commerciële functie af.

Omdat activiteitenklasse II op het dek zal overheersen, is in Figuur 15 het grootste deel van het dek met activiteitenklasse II aangemerkt. Vooralsnog is in de middelste commerciële functie een brasserie voorzien, en daarom is er in de figuur een horeca-terras met activiteitenklasse III aangemerkt. Bovendien kunnen de activiteiten op het dek met de tijd veranderen; aan de hand van de resultaten van het windhinderonderzoek kunnen de mogelijkheden in kaart gebracht worden.

- Tuinen bij de grondgebonden woningen en de speelplaats (ten westen van het project) vallen zoals gebruikelijk onder activiteitengebied III.

Ten slotte moet vast gesteld worden welke kwaliteitsklasse (Tabel 2) per buitenruimte gewenst is. We gaan uit van de gewenste beoordeling "goed". Dit betekent dat tijdens het windhinderonderzoek een beoordeling "matig" en "slecht" op een plek aanleiding zal zijn om naar maatregelen te zoeken om het windklimaat te verbeteren. Verder zal windgevaar (volgens Tabel 3) ook een aanleiding zijn tot maatregelen.



Figuur 15: Buitenruimten en hun activiteitenklasse (zie ook de toelichting in de tekst). Het aandachtsgebied is met een blauwe onderbroken lijn aangegeven.

Hoofdstuk 5 Kwalitatieve analyse

5.1 De omgeving en het plangebied

In Figuur 3 is een satellietfoto van Google Maps opgenomen. De exacte data van de opname zijn onbekend, maar volgens Google maximaal 3 jaar oud. In de figuur is met een rode lijn het gebied met een straal van 300 m vanaf het plangebied aangegeven.

In Bijlage 1 is een kaart met de mesoruwheden in een straal van 6 km rond het plangebied volgens NPR 6097 opgenomen. De kaart is gebaseerd op satellietopnamen van de periode 1995-1997.

Uit een vergelijking van de Google-satellietfoto's en de (oudere) kaart van mesoruwheden blijkt dat terreinruwheden in een straal van 6 km rond het plangebied niet tot nauwelijks veranderd zijn.

De omgeving van het plangebied kan als volgt gekarakteriseerd worden:

- Het plangebied bevindt zich in sterk stedelijk gebied. Het gebied binnen een straal van 3 km vanaf het plangebied is geheel stedelijk, afgezien van de grote wateroppervlakten die de Maas en de havens vormen. Dit geldt bijna zelfs ook voor het gebied binnen een straal van 6 km vanaf het plangebied. Dan bevindt zich wel aan de noordelijke en oostelijke rand van de 6 km-cirkel groen. Het terrein rond het plangebied is dus over kilometers ruw; de wind zal dus vanuit alle richtingen behoorlijk afgeremd zijn voordat hij in het plangebied komt. De wateroppervlakten, die een hele kleine ruwheid hebben, kunnen bij zekere windrichtingen (ZW tot W) voor plaatselijke versnellingen van de wind zorgen, die in het plangebied merkbaar zijn.
- Binnen het gebied met een straal van 300 m rond het plangebied bestaan de obstakels ten noorden en oosten van het plangebied voornamelijk uit rijtjeshuizen en lage woongebouwen. Ten zuiden van het plangebied is de stedelijke structuur daarentegen erg grof en bestaat uit een grote weg met tankstation (Vlaardingerdijk) en bedrijfsgebouwen aan een haven.

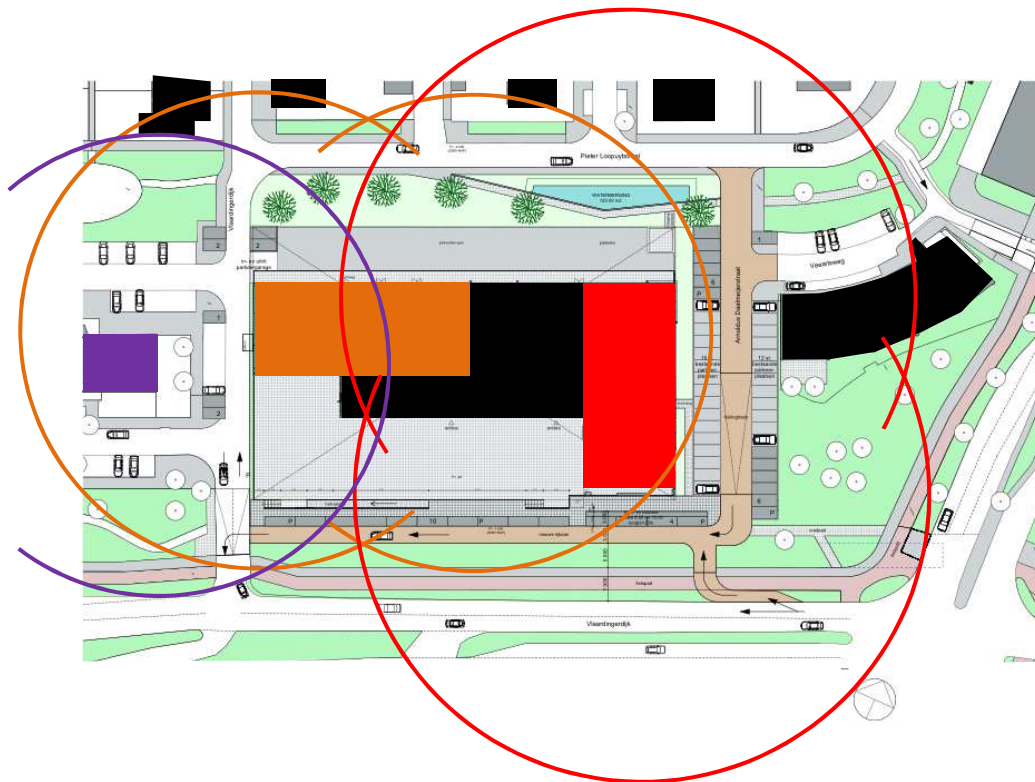
In Bijlage 2 is de windroos op 60 m hoogte ter plaatse van het plangebied opgenomen. De windroos is gebaseerd op de windstatistieken uit NPR 6097. De overheersende windrichtingen zijn Z-ZW-W. Ook uit de windrichting 30 à 60° (circa ONO) komt nogal wat wind.

5.2 Het plangebied en de directe omgeving

De hoogteverschillen tussen de gebouwen in het plangebied en in de directe omgeving zijn groot. Ze variëren van circa 50 m (toren B, hoogte vanaf straatniveau Pieter Loopuytstraat) via 36 m (flatgebouw ten westen van toren A), 35 m (toren A) en 21 m (woongebouw ten oosten van toren B) tot circa 3 bouwlagen (eengezinswoningen ten noorden van het plangebied). Dat de hogere gebouwen meer dan 1,5 maal de gemiddelde obstakelhoogte hoog zijn, is een duidelijk risico voor windhinder op straatniveau (vgl. paragraaf 3.4).

Met cirkels zijn op een grove wijze invloedsgebieden van de hogere gebouwen (paragraaf 3.2) in Figuur 16 aangegeven. Met Figuur 8 zijn de stralen van de invloedsgebieden vanuit elke hoek van een hoger

gebouw ingeschat. De zodanig verkregen cirkelvormige invloedsgebieden zijn “samengevat” tot grotere cirkels, die in de figuur zijn getekend. Op deze manier wordt een eerste indruk verkregen van hoe ver de negatieve invloed van een hoger gebouw op het windklimaat op straatniveau ongeveer kan zijn.



Figuur 16: Invloedsgebieden in situatie (grove inschatting).

De invloedsgebieden, die in Figuur 16 op grove wijze zijn geschat, houden geen rekening met onze verwachting dat het windhinderrisico in het project vergroot wordt, doordat de hogere gebouwen relatief dicht tegen elkaar staan. In paragraaf 3.3 is aangegeven dat als de verhouding t/h (onderlinge afstand gedeeld door de gebouwhoogte) kleiner is dan 1 de windhinder tussen en achter de gebouwen groter is dan in de situatie van een afzonderlijk gebouw.

Al met al verwachten we windhinder in en rond het project. Mogelijk is er ook windgevaar op enkele plekken.

De windhinder zal waarschijnlijk vooral plaatsvinden in het plangebied zelf. Erbuiten verwachten we eventuele windhinder rondom het flatgebouw ten westen van toren A. Daarom adviseren we in het windhinderonderzoek aandacht te hebben voor een iets groter gebied dan het plangebied zelf. De contouren van dit aandachtsgebied is in Figuur 15 geschetst.

Een punt bij de opzet van het windhinderonderzoek is de vraag of een meting van de situatie zonder de aanwezigheid van het project gewenst is, om bijvoorbeeld een vergelijking te kunnen maken met de bestaande situatie. We adviseren dit wel te doen met het oog op eventuele vragen van omwonenden.

5.3 Knelpunten en oplossingsrichtingen

In deze paragraaf worden de knelpunten met betrekking tot windhinder (op straatniveau) in het plangebied behandeld.

Mogelijke oplossingsrichtingen worden ook genoemd. Het is aan de opdrachtgever, de architect c.q. de gemeente welke voorkeuren zij hebben.

5.3.1 Buiten het project

In paragraaf 5.2 is aangegeven dat windhinder in het (hele) plangebied en deels ook in de directe omgeving te verwachten is. Plaatselijk windgevaar wordt niet uitgesloten. Buiten het project (nieuwbouw) zelf gaat het met name om de gebieden tussen toren A en het flatgebouw ten westen ervan, en tussen toren B en het flatgebouw ten oosten ervan. Plaatselijk kan windhinder er ook ten noorden van het project, dus richting de grondgebonden woningen, vanwege de nieuwbouw ontstaan (vanwege de overheersende wind uit zuidwest).

Een deel van de windhinder buiten het project wordt door de contouren (gebouwwormen en -hoogten) van het project veroorzaakt. De plekken waar windhinder optreedt, en de mate waardoor windhinder daar onacceptabel is, kan vanwege de complexe situatie alleen met een kwantitatief windhinderonderzoek goed vastgesteld worden. Oplossingsrichtingen zijn nu moeilijk te formuleren (alleen grote aanpassingen in de contouren zullen grote effecten op het windklimaat in de directe omgeving van het project hebben).

5.3.2 Binnen het project

Uit paragraaf 5.2 blijkt ook dat binnen het project (nieuwbouw) windhinder te verwachten is. Binnen het project bekijken we de volgende zaken:

- De entree van toren A bevindt zich redelijk “verdekt” in de onderdoorgang aan de westzijde van de toren zelf (vgl. Figuur 15). We verwachten daarom voor deze positie een klein tot matig risico op windhinder. Hetzelfde geldt voor de entree van de commerciële functie in de buurt daarvan.
- De entree van toren B is een knelpunt, want deze bevindt zich daarentegen “onverdekt” in de onderdoorgang van toren B. Dit is een notoire positie met een hoog windhinderrisico (paragraaf 3.4). Toren B is bovendien hoger dan toren A. We verwachten bij de entree van toren B windhinder. Een oplossingsrichting is het plaatsen van verticale schermen in de onderdoorgang (de schermen strekken van vloer tot plafond). Schermen kunnen op verschillende manieren geplaatst worden, bijvoorbeeld in een L-vormige opstelling voor de entree zelf.
- Het gebied bij de zuidoostzijde van toren B is waarschijnlijk een knelpunt. Vanwege hoekstromingen is er een zeker risico op windhinder bij de trap (die in het bijzonder naar de entree van toren B leidt), de laad- en loszone en de parkeerplaatsen in de buurt daarvan. We achten de trap van extra belang; mogelijk moet over verplaatsing of over een andere toegangsroute gedacht gaan worden, waarmee te winderige plekken vermeden worden (vergelijk maatregel H en I in paragraaf 3.5).

- De entrees van de commerciële functies en de gebieden voor de voorgevels van de commerciële functies zijn tenminste ook aandachtspunten. Daar kan ook windhinder verwacht worden (behalve de entree die zich "verdekt" in de onderdoorgang van toren A bevindt, zie de opmerking boven). De mate van windhinder wordt door enerzijds de optredende windsnelheden en anderzijds de windgevoeligheid van de activiteiten bepaald. Omdat dit wisselt over het dek van de parkeergarage en omdat dit over tijd kan veranderen, zullen verschillende oplossingsrichtingen aan de orde zijn. Als we bijvoorbeeld uitgaan van activiteitenklassen die in Figuur 15 zijn geschetst, verwachten we dat met name de meest gevoelige activiteiten (langdurig zitten, activiteitenklasse III) problemen zullen ondervinden. De commerciële functies zijn samengebracht in een onderbouw (maatregel C, "podiumbouw", uit paragraaf 3.5) waarmee windhinder (deels) verminderd wordt. De vraag is echter of de buitenruimten voor de commerciële functies ver genoeg van de torens A en B af bevinden, met andere woorden of de podiumbouw voldoende omvang heeft, om voldoende effectief te zijn voor de voorziene activiteiten. Deze buitenruimten bevinden zich bovendien aan de zuid-zuidwestzijde: zuidwest is de overheersende windrichting en de wind uit zuidwest wordt hier weinig door de omgeving afgeremd. Oplossingsrichtingen zijn horizontale en verticale schermen, bijvoorbeeld luifels en terrasschermen. Ze kunnen van permanente (bouwkundige) aard zijn, of naargelang het seizoen geplaatst worden. Aan de hand van de resultaten van het windhinderonderzoek kunnen de mogelijkheden in kaart gebracht worden.

Hoofdstuk 6 Noodzaak van nader onderzoek

6.1 Beslisschema uit NEN 8100

Tabel 4 geeft het beslisschema volgens paragraaf 5.3 van NEN 8100 voor de vraag weer, of onderzoek met windtunnelsimulatie of numerieke simulatie noodzakelijk is. In bepaalde gevallen moet volgens de norm een windhinderdeskundige de vraag beantwoorden.

Tabel 4: Beslisschema volgens NEN 8100 voor de vraag of onderzoek met windtunnelsimulatie of numerieke simulatie noodzakelijk is.

gebouwhoogte	beschutting	
	beschut	onbeschut
< 15 m	nee	vraag een deskundige
15 – 30 m	vraag een deskundige	vraag een deskundige
> 30 m	ja	ja

De norm geeft aan wat “beschut” en “onbeschut” hier precies betekenen (paragraaf 5.2 van NEN 8100). Deze is afhankelijk van de dichtheid, de gemiddelde hoogte en de onderlinge afstanden tussen gebouwen en obstakels in een straal van 300 m tot het project. Een gebouw is namelijk beschut gelegen als aan de volgende drie voorwaarden voldaan wordt:

- de oppervlakte die obstakels als boomkruinen en gebouwen beslaan, bedraagt minimaal 20% van de totale oppervlakte binnen een straal van 300 m,
- het gebouw is niet hoger dan 1,5 maal de gemiddelde obstakelhoogte binnen een straal van 300 m,
- de afstand van het gebouw tot de obstakels bedraagt niet meer dan 10 maal de gemiddelde obstakelhoogte.

Uit de bepalingen van de norm volgt dat een windhinderonderzoek noodzakelijk is, en wel omdat het project > 30 m hoog is en ver boven de gemiddelde obstakelhoogte uitsteekt.

6.2 Windtunnel- of numerieke simulatie

NEN 8100 geeft geen aanwijzingen om te kiezen tussen een windtunnelsimulatie en een numerieke simulatie. De norm geeft op gelijkwaardige wijze bepalingen en richtlijnen voor beide methoden.

In tegenstelling tot wat men vaak denkt, kunnen beide methoden in een project even langdurig of kostbaar blijken. Windtunnelsimulaties zijn in het algemeen makkelijker door toetsende instanties geaccepteerd, omdat windtunnellaboratoria kunnen bogen op ervaring van 30 jaar of meer. Een windtunnel wordt vaak voor een hele dag gehuurd, waarop men snel en “interactief” minimaal 7 varianten kan uitproberen en toetsen. Dit is een voordeel als de meetdag goed gevuld blijkt, maar een nadeel als men met minder metingen toe kan of juist als men er op een meetdag niet uitkomt. Numerieke simulaties kunnen echter variant voor variant gedaan worden, maar resultaten van iedere variant worden vaak pas na dagen rekenen zichtbaar (geen interactiviteit dus).

Naast organisatorische verschillen zijn er ook inhoudelijke verschillen tussen de methoden. In windtunnels is de simulatie van bomen en luchtdoorlatende hekken e.d. beter gedefinieerd. Ook kleinere details als luifels e.d. zijn vaak eenvoudiger te simuleren dan in CFD-berekeningen. Een groot voordeel van numerieke simulaties is juist dat de windsnelheden overal in het rekendomein uitgerekend en dus bekend zijn, terwijl het aantal meetpunten in de windtunnel altijd beperkt is.

In het project achten we een windtunnelsimulatie de meest geschikte methode indien men gebruik wil maken van het windbeperkende effect van luifels, kleine schermen, groen e.d..

Indien men grovere maatregelen (toevoegen of veranderen van gebouwwolumes, podiumbouw e.d.) acceptabel vindt --- deze hebben overigens wel het meeste effect --- kan men ook kiezen voor numerieke simulatie.

Hoofdstuk 7 Conclusie

In dit vooronderzoek zijn het plangebied en de omgeving geanalyseerd, is een voorstel voor de te onderscheiden buitenruimten en hun activiteitenklassen gedaan en zijn knelpunten en oplossingsrichtingen met betrekking tot het windklimaat aangegeven.

Volgens paragraaf 5.3 van NEN 8100 is een windhinderonderzoek in het project noodzakelijk, waarin kwantitatief de windhinder en windgevaar voor voetgangers in het project wordt vastgesteld en waarin eventuele maatregelen worden getest.

We adviseren vóór de aanvang van het windhinderonderzoek de bevindingen van het onderhavige vooronderzoek met de opdrachtgever, de architect en eventueel de gemeente te bespreken en de conclusies vast te stellen. De bevindingen zijn in Hoofdstuk 4 en Hoofdstuk 5 beschreven. De belangrijkste punten voor de bespreking zijn kort gezegd:

- vaststelling van de te onderscheiden buitengebieden en hun activiteitenklassen (Hoofdstuk 4 en Hoofdstuk 5);
- indicatie van mogelijke en ongewenste maatregelen om windhinder te beperken (vgl. paragraaf 5.3). Het hele aandachtsgebied (Figuur 16) is kritisch;
- wie kan in welk deel van het aandachtsgebied over maatregelen beslissen? De rol van de opdrachtgever, de gemeente en eventueel anderen;
- is een meting van de situatie zonder het project gewenst?

Hoofdstuk 8 Literatuur

Beranek, W.J. (rapporteur) (1979). *SBR 65 : Beperken van windhinder om gebouwen (deel 1)*. Deventer [etc.]: Kluwer Technische Boeken [etc.]. Inclusief afzonderlijke fotobijlage.

Beranek, W.J. (rapporteur) (1982). *SBR 90 : Beperken van windhinder om gebouwen (deel 2)*. Deventer [etc.]: Kluwer Technische Boeken [etc.]. Inclusief afzonderlijke fotobijlage.

Bottema, M. (1993). *Wind climate and urban geometry*. Proefschrift, Technische Universiteit Eindhoven.

Gandemer, J. (1975). Wind environment around buildings: aerodynamic concepts. In: *Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures*, Heathrow, 8-12 september 1975.

NEN 8100 (februari 2006). *Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving*. Delft: Nederlands Normalisatie-Instituut.

NPR 6097 (januari 2006). *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Delft: Nederlands Normalisatie-Instituut. Inclusief dvd met software en data.



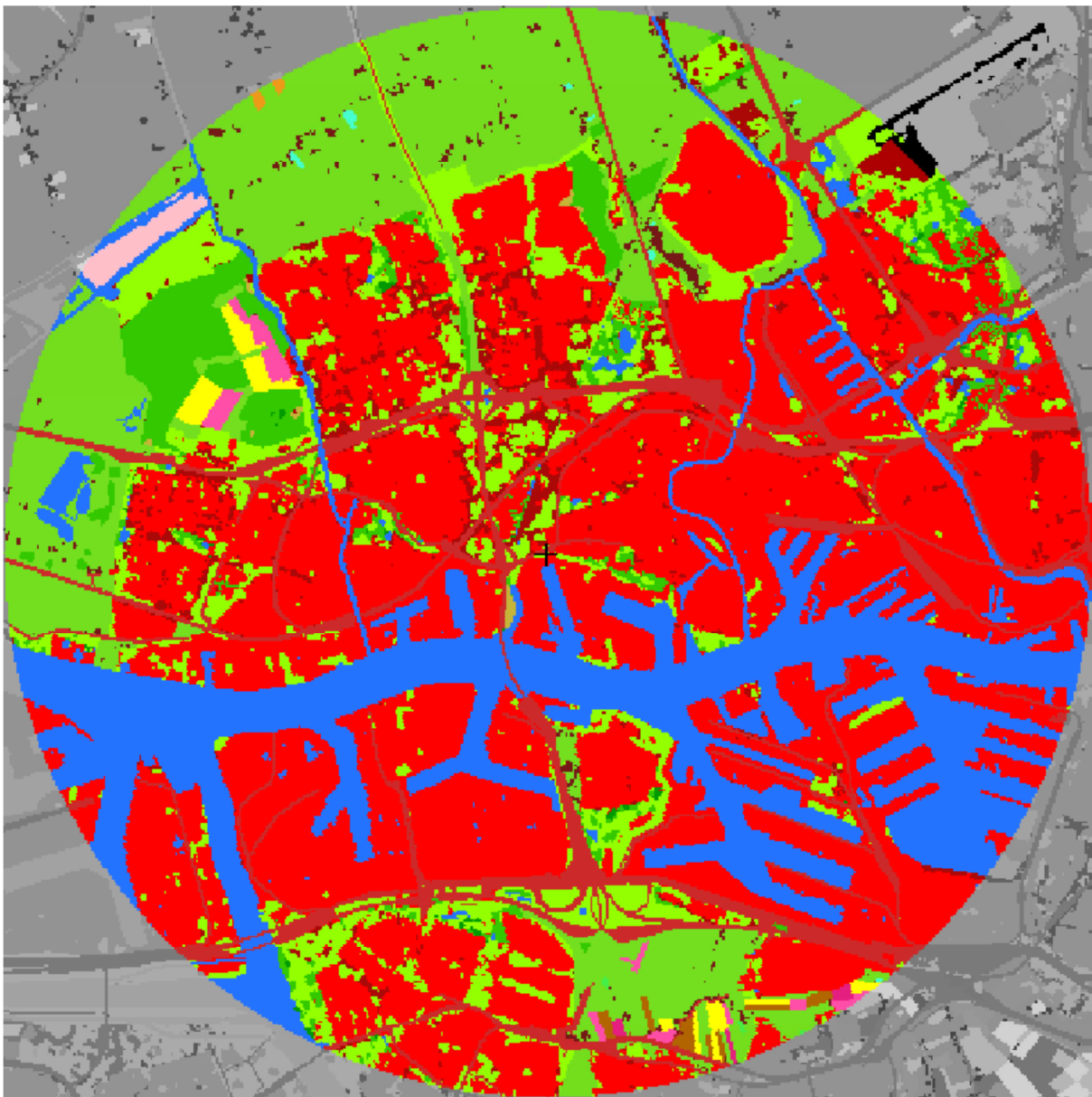
Bijlage 1

Ruwheidskaart

Breedte- en lengtegraden van het midden van het project zijn circa $51,911198^\circ$ en respectievelijk $4,377387^\circ$. De overeenkomstige Amersfoortse coördinaten zijn $X = 85497$, $Y = 436232$.

De kaart toont het landgebruik tot een straal van 6 km rond het plan. De kaart is op satellietfoto's van het landgebruik in 1995 en 1997 gebaseerd.

De in de legenda vermelde ruwheidslengten z_0 is een maat voor de ruwheid.



Kleur	Klasse	z_0 (m)
	Geen gegevens	0,03
	Gras	0,03
	Maïs	0,17
	Aardappelen	0,07
	Bieten	0,7
	Granen	0,16
	Overige landbouwgewassen	0,07
	Buitenland	0,15
	Glastuinbouw	0,1
	Boomgaard	0,39
	Bollen	0,07
	Loofbos	0,75
	Naaldbos	0,75
	Zoet water	0,001
	Zout water	0,001
	Stedelijk bebouwd gebied	1,6
	Bebouwing in buitengebied	0,5
	Loofbos in bebouwd gebied	1,1
	Naaldbos in bebouwd gebied	1,1
	Bos met dichte bebouwing	2
	Gras in bebouwd gebied	0,03
	Kale grond in bebouwd buitengebied	0,001
	Hoofdwegen en spoorwegen	0,1
	Bebouwing in agrarisch gebied	0,5
	Start- en landingsbanen	0,0003
	Parkeerplaats	0,1
	Kwelders	0,0002
	Open zand in kustgebied	0,0003
	Open duinvegetatie	0,02
	Gesloten duinvegetatie	0,06
	Duinheide	0,04
	Open stuifzand	0,0003
	Heide	0,03
	Matig vergraste heide	0,04
	Sterk vergraste heide	0,06
	Hoogveen	0,06
	Bos in hoogveengebied	0,75
	Overige moerasvegetatie	0,03
	Rietvegetatie	0,1
	Bos in moerasgebied	0,75
	Veenweidegebied	0,07
	Overig open begroeid natuurgebied	0,03
	Kale grond in natuurgebied	0,001



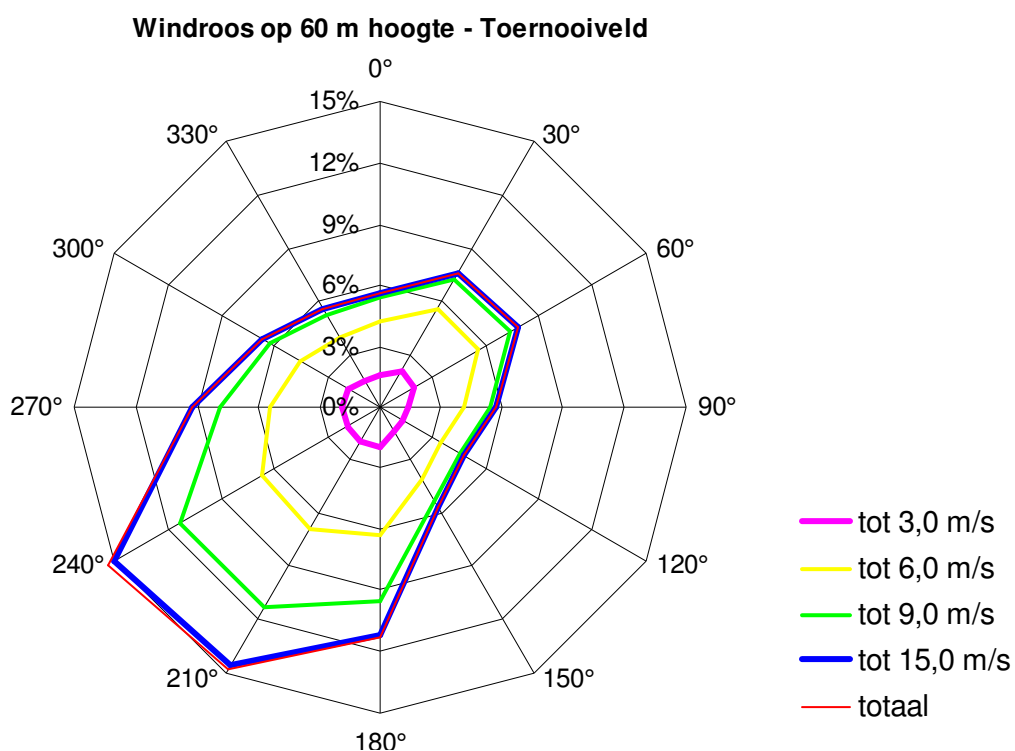
Bijlage 2

Windroos

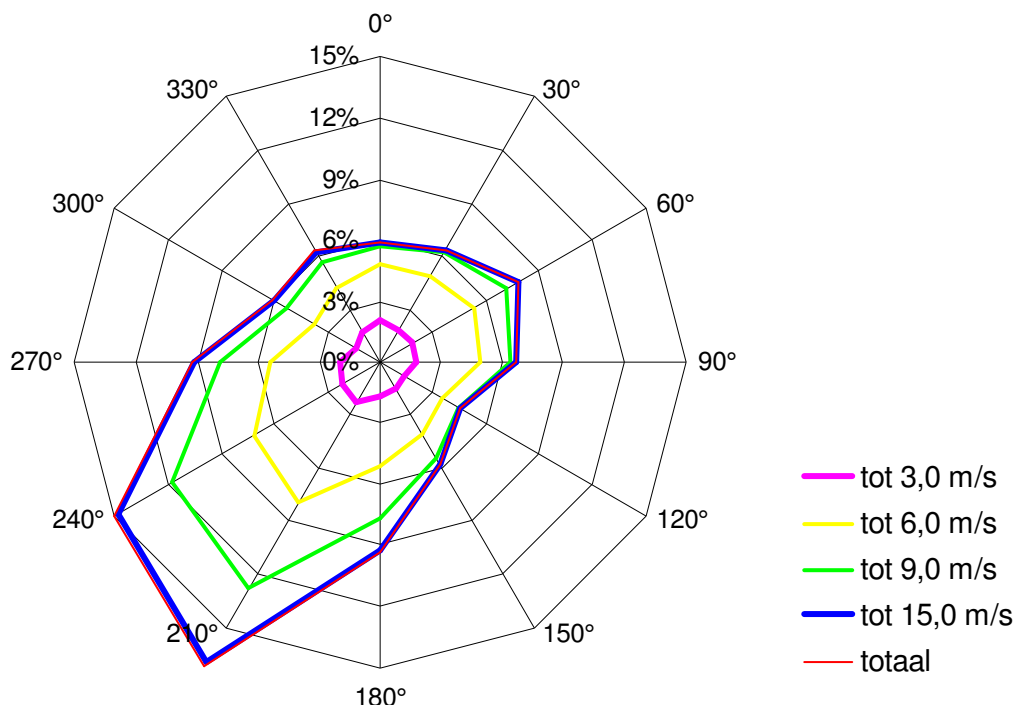
De cumulatieve verdeling van uurlijkse windsnelheden op 60 meter hoogte in fractie van de totale tijd per windrichting. De gegevens uit NPR 6097:2006 zijn gebaseerd op de gemeten windsnelheden van de KNMI-weerstations in het tijdvak 1963-2002.

Ter vergelijking zijn ook de windrozen op 60 m hoogte ter plaatse van de weerstations in De Bilt en op de luchthavens Schiphol en Eindhoven weergegeven.

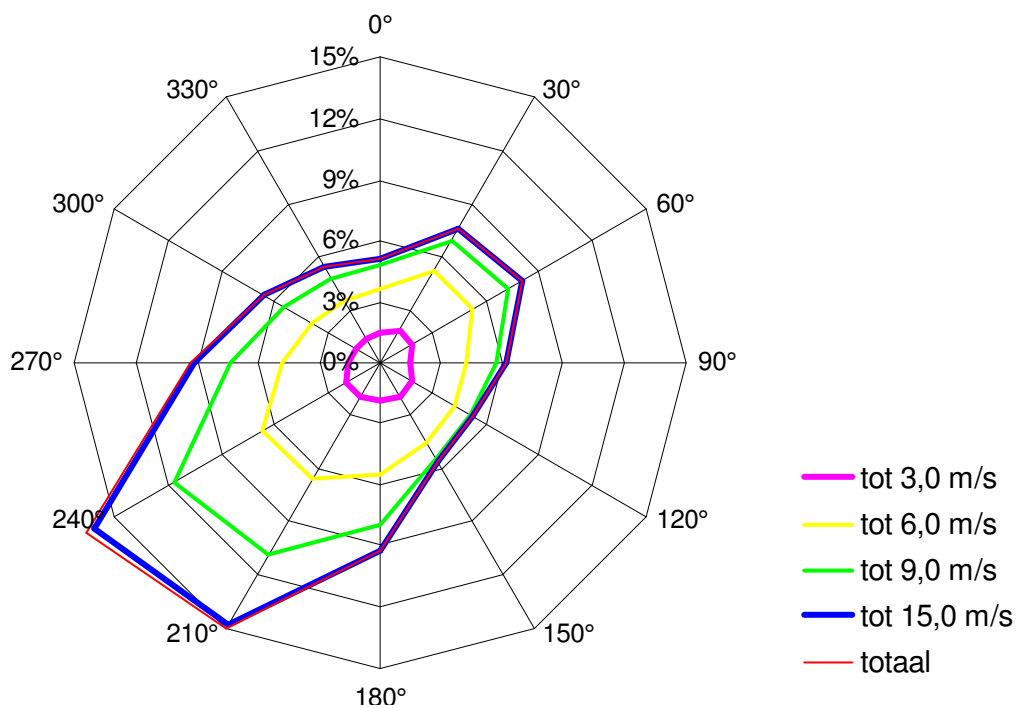
Windrichtingen: noord = 0°, oost = 90°, zuid = 180°, west = 270°.



Windroos op 60 m hoogte - weerstation De Bilt



Windroos op 60 m hoogte - weerstation Eindhoven Airport





RAADGEVENDE INGENIEURS

Nieman

Bouwfysica, -techniek en -regelgeving

Nieman Raadgevende Ingenieurs B.V.

Vestiging Utrecht

Atoomweg 400
Postbus 40217
3504 AA Utrecht
T 030-241 34 27

Vestiging Zwolle

Dr. Van Lookeren -
Campagneweg 16
Postbus 40147
8004 DC Zwolle
T 038-467 00 30



ML^{LID} INGENIEURS

In 't Hart van de Bouw