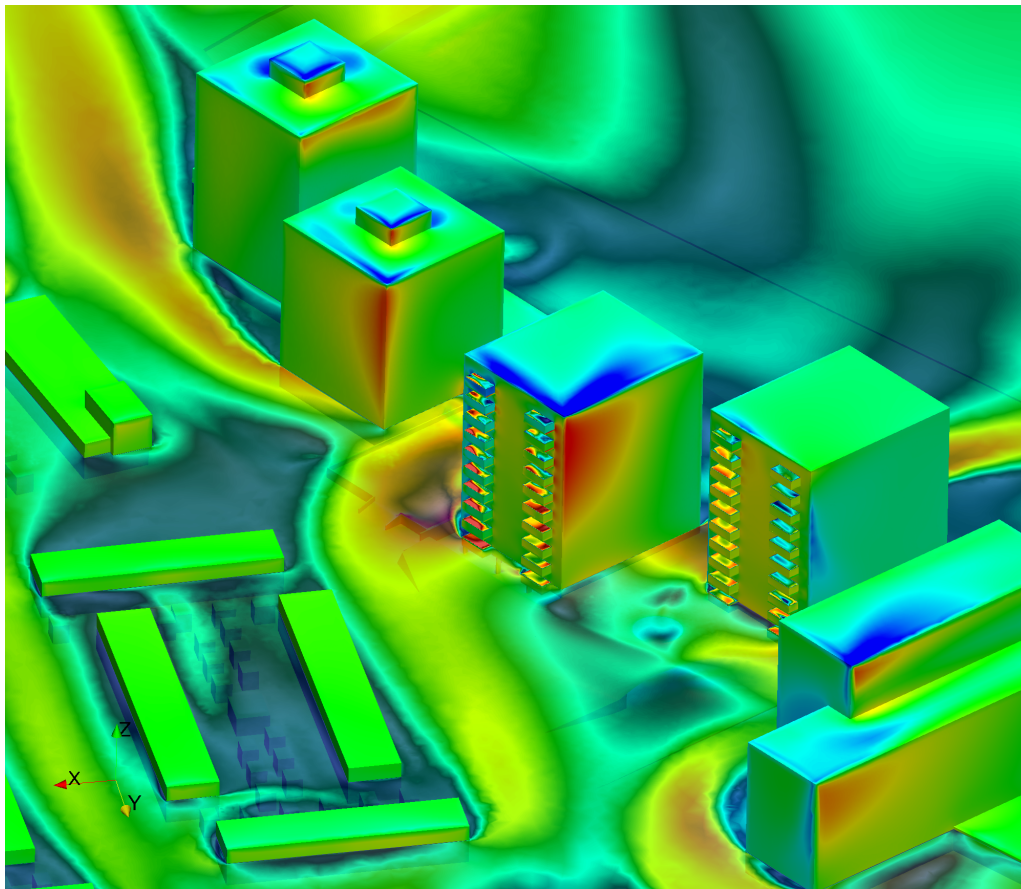


Herontwikkeling Lomanlaan te Utrecht

CFD-studie windhinder, windgevaar en windcomfort



AFR-4436
13-10-2016
Versie 1.2

2016 © Actiflow
Auteur(s): Dr.Lorenzo Lignarolo / ir. Evita Pronk
Controleur(s): ir. Eric Terry / ir. Reinier Maas

Inhoudsopgave

1	Introductie	1
2	Normstelling	2
2.1	Windhinder en windgevaar	2
2.2	Windcomfort	3
3	Opzet van de berekening	4
3.1	Software	4
3.2	Geometrie en rekenrooster	4
3.3	Aannames en randvoorwaarden	8
4	Resultaten	9
4.1	Windhinder en windgevaar	9
4.2	Windcomfort	13
5	Conclusies	15
5.1	Windhinder en windgevaar	15
5.2	Windcomfort	16
6	Inlegvel NEN 8100:2006	17
7	Frequentietabel uurgemiddelde windrichting en snelheid	18

1

Introductie

Men is voornemens te Utrecht nieuwbouw te realiseren. Het project bestaat uit de herontwikkeling van een perceel naast het Park Transwijk in Utrecht, aan de Lomanlaan. Twee woontorens van ongeveer 34 m hoog (10 verdiepingen en een half verdiepte parkeergarage) worden gebouwd in de plaats van een bestaand kantoorgebouw.

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.

Daarnaast is het windcomfort ter plaatse van private buitenruimten inzichtelijk gemaakt. Bij gebrek aan normstelling omtrent windcomfort ter plaatse van private buitenruimten is door Actiflow een nieuwe beoordelingsmethode ontwikkeld en gepubliceerd¹. Deze methode wordt gebruikt om een kwaliteitsoordeel te geven.

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 weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 5.

¹Windcomfort ter plaatse van private buitenruimten, Een eerste aanzet tot eenduidige beoordeling, R.P.W. Maas, Bouwfysica 4 2014, januari 2015, NVBV

2

Normstelling

2.1 Windhinder en windgevaar

In onderhavige windstudie is 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 is in een aanvulling op de statistische windhinderanalyse beschouwd. 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	Kwaliteitseis	Activiteiten		
$P(V_{LOK} > V_{DR,H})$ in procenten van het aantal uren per jaar		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.

Toetsing vindt plaats op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak.

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

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

Gebouwentrees vormen een afwijkend element in de beoordeling. Hiervoor biedt NEN 8100:2006 namelijk geen handvatten, echter is enige aandacht voor deze elementen op zijn plaats. Geadviseerd wordt hierbij te hoog optredende windsnelheden, waardoor gebouwentrees slecht bruikbaar kunnen worden, te voorkomen. Dit zou het openen van deuren namelijk negatief kunnen beïnvloeden. Dientengevolge wordt de algemeen geaccepteerde richtlijn hieromtrent hier benoemd. Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur windhinder klasse A behaald te worden, klasse B biedt een matig niveau. Hogere klassen, evenals mogelijk windgevaar dienen vermeden te worden.

2.2 Windcomfort

NEN 8100:2006 is specifiek bedoeld voor de beoordeling van windhinder en windgevaar ter plaatse van openbare buitenruimten (voetgangers op trottoirs). Hiervoor wordt op een hoogte van 1,75 m boven het grondoppervlak getoetst aan de normstelling uit paragraaf 2.1. Hierbij wordt de windstatistiek van een geheel jaar gebruikt conform bijlage B, waarbij er vanuit wordt gegaan dat deze locaties het gehele jaar door gebruikt kunnen worden.

Voor de private buitenruimten (de balkons) is het echter aannemelijk dat de gebruikers hiervan veelal zittend gebruik maken van de ruimte. In afwijking van NEN 8100:2006 zal toetsing dan ook plaats vinden op een hoogte van 1,10 m boven het vloeroppervlak.

Daarnaast is het aannemelijk dat de private buitenruimten in de zomerperiode intensiever gebruikt worden dan in de winterperiode. Er wordt verwacht dat in de winterperiode hinder geaccepteerd kan worden, omdat het gebruik dan vermeden kan worden. In de zomerperiode (april tot en met september) mag verwacht worden dat de buitenruimte veelal comfortabel gebruikt kan worden. Ter beoordeling van het windcomfort op de private buitenruimten wordt dan ook een aangepaste windstatistiek gebruikt die de maanden april tot en met september omvat.

Tabel 2.3 toont de indeling en kwalificatie voor de kans op discomfort.

Tabel 2.3: Eisen voor de beoordeling van het lokale windklimaat voor windcomfort

Omschrijving gebied	Toetsingscriteria
Zone op de private buitenruimte voor plaatsing stoelen en tafels	$V_{DR,C} = 3,6 \text{ m/s}$ $P(V_{LOK} > V_{DR,C}) \leq 4,5\%$
Overige bruikbare deel van de private buitenruimte	$V_{DR,C} = 5,3 \text{ m/s}$ $P(V_{LOK} > V_{DR,C}) \leq 4,5\%$

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

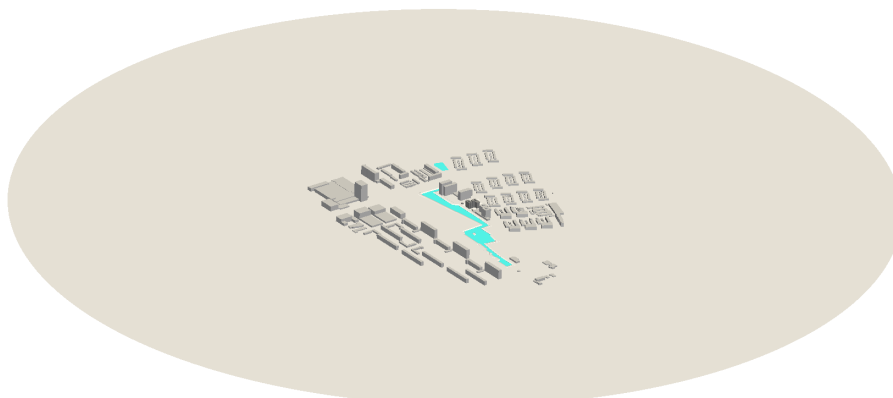
3.2 Geometrie en rekenrooster

Het driedimensionale model is weergegeven in Figuur 3.1. Het model omvat de bebouwing en belangrijke hoogteverschillen in een straal van 300 m rond het plangebied. De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa's weergegeven. Rond dit gebied 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 is afgestemd op de werkelijke situatie.

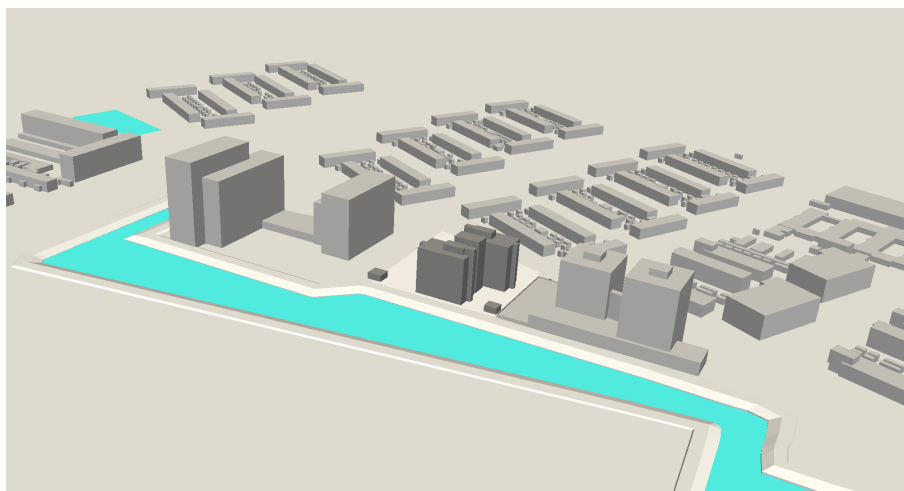
De balkons zijn ingevoerd met volledig gesloten balustrades. Deze hebben een hoogte gelijk aan circa 1,2 m ten opzichte van de afwerkvloer.

Bomen en groenstroken zijn niet in het model opgenomen. Vanwege de beperkte invloed van dergelijke elementen op het windstromingspatroon wordt dit bij windstudies zelden gedaan. Slechts bij een zeer grote zone met bomen (bospercelen) zal de invloed significant zijn. In onderhavige situatie is beperkt groen aanwezig.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie, zie Figuur 3.2. Dit rooster bestaat uit 16 538 796 cellen bij de bestaande situatie en 27 388 862 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. Elk balkon van het nieuwe gebouw is expliciet gemodelleerd als een vloerplaat, omringd door een balustrade, zoals weergegeven in Figuur 3.3.



(a) Overzicht model

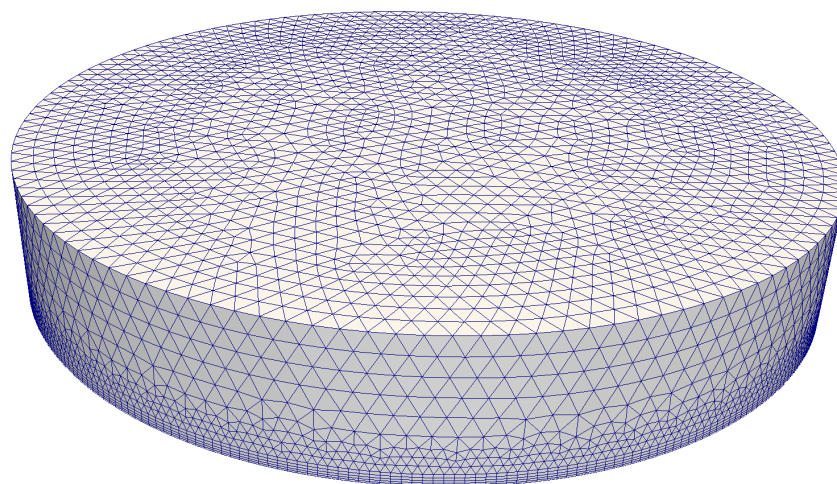


(b) Het bestaande gebouw en de directe omgeving

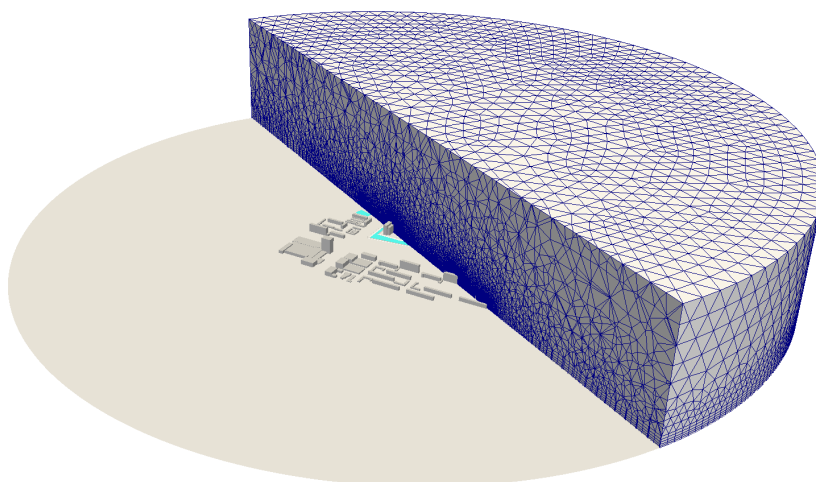


(c) Het nieuwe gebouw en de directe omgeving

Figuur 3.1: Impressie model

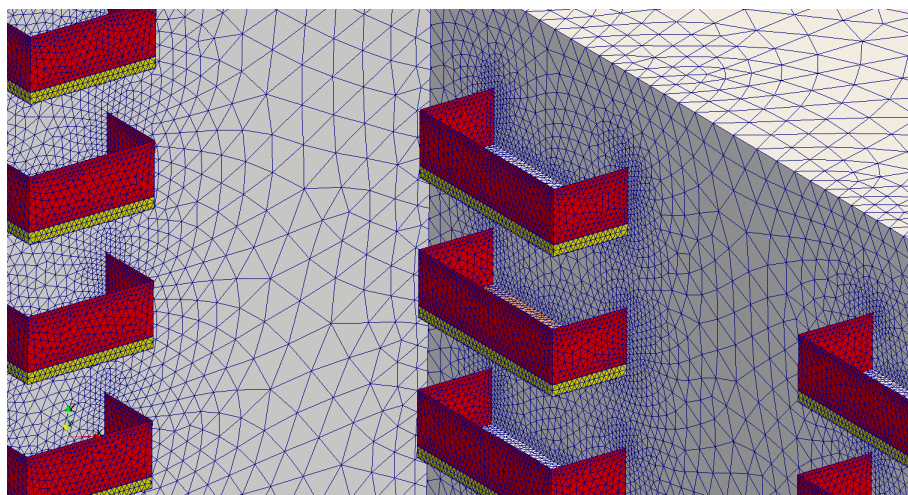


(a) Beeld van het volledige rekengrid



(b) Doorsnede over het rekengrid

Figuur 3.2: Impressie rekengrid



Figuur 3.3: Impressie rekengrid aan balkons

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 berekeningen is een windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast.

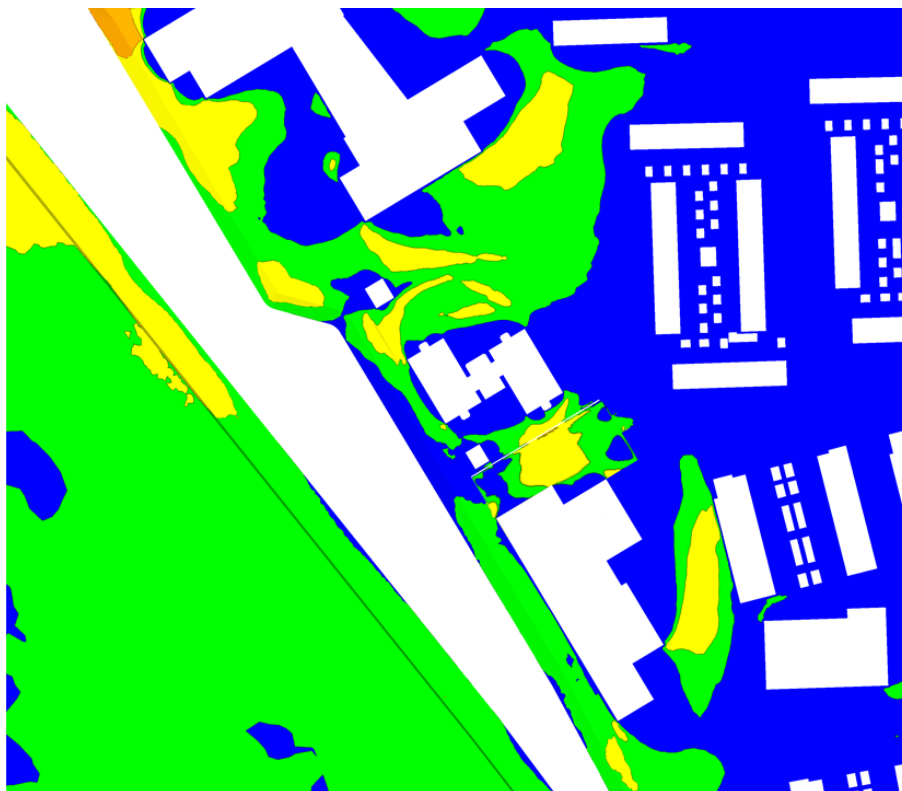
Voor de 12 windrichtingen die in beschouwing zijn genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd. Vervolgens wordt de windstatistiek (bijlage B) gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, zodat voor elke windsnelheid op een locatie een overschrijdingskans kan worden bepaald van verschillende windsnelheden. Deze overschrijdingskans wordt vervolgens getoetst aan de gewenste kwaliteitsklasse om te bepalen of er een comfortabel windklimaat kan zijn.

4.1 Windhinder en windgevaar

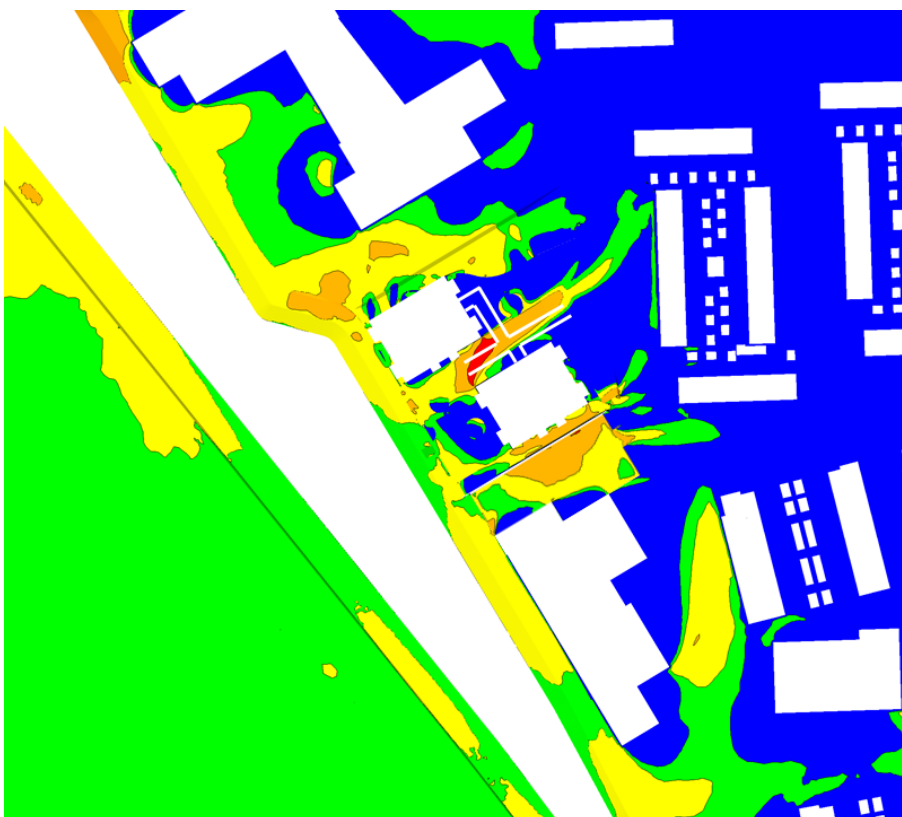
De resultaten zijn bepaald voor de openbare en private buitenruimten. In deze sectie worden de resultaten voor windhinder en windgevaar ter plaatse van openbare buitenruimten weergegeven, conform NEN 8100:2006. De resultaten van de openbare buitenruimten worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,75 m boven maaiveld. Figuren 4.1 t/m 4.3 tonen de resultaten van de openbare buitenruimten.

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

- Voor doorloopgebieden dient windhinder bij voorkeur klasse A, B of C te zijn. Klasse D biedt een matig niveau, Klasse E biedt een slecht niveau en dient vermeden te worden.
- Ter plaatse van gebouwentrees dient bij voorkeur klasse A behaald te worden. Klasse B biedt een matig niveau. Klassen C, D en E bieden een slecht niveau en dienen vermeden te worden.
- Windgevaar dient bij voorkeur voorkomen te worden. Een beperkt risico kan lokaal geaccepteerd worden.



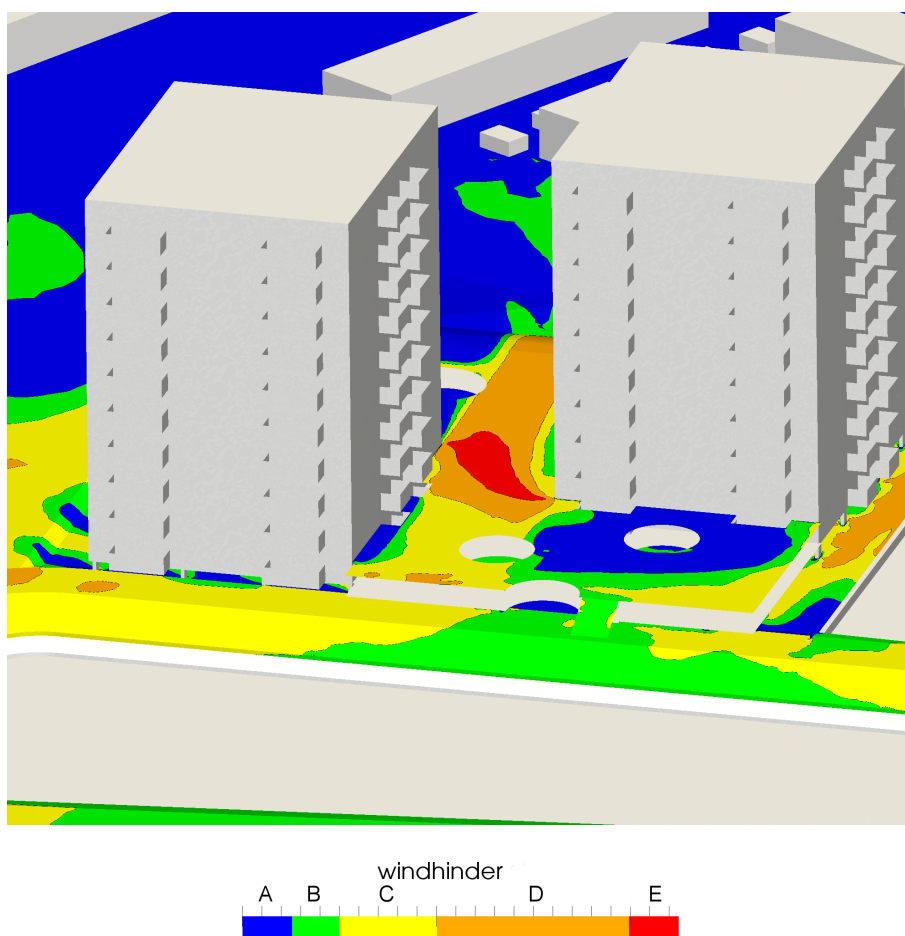
(a) Bestaande situatie



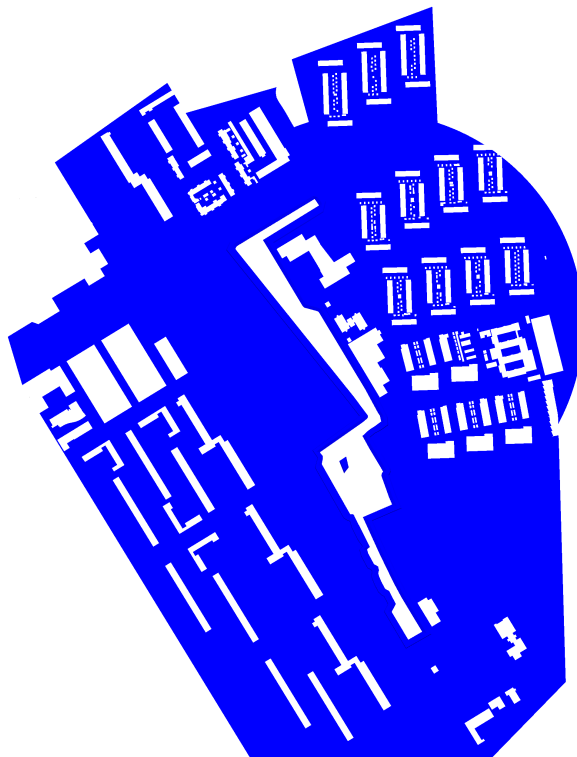
(b) Nieuwe situatie met in wit omlijnd de looppaden



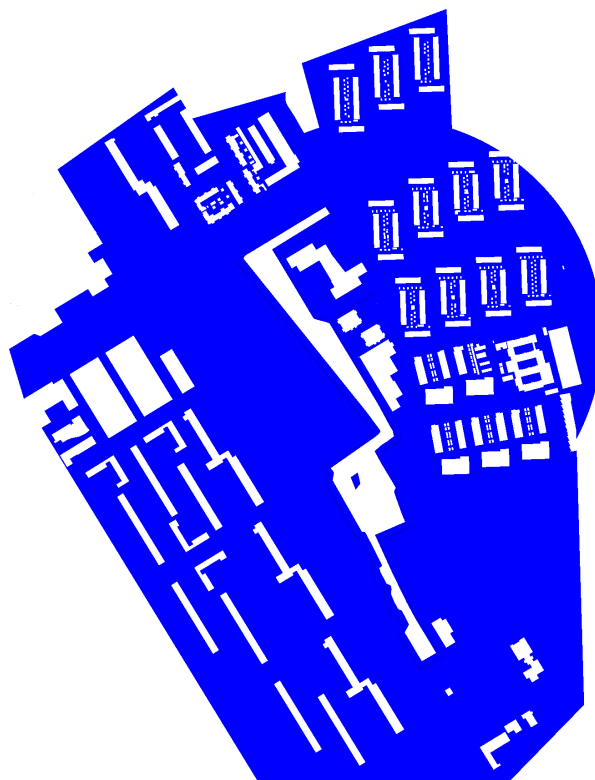
Figuur 4.1: Windhinder op voetgangersniveau



Figuur 4.2: Windhinder nabij de woontorens in de nieuwe situatie



(a) Bestaande situatie



(b) Nieuwe situatie



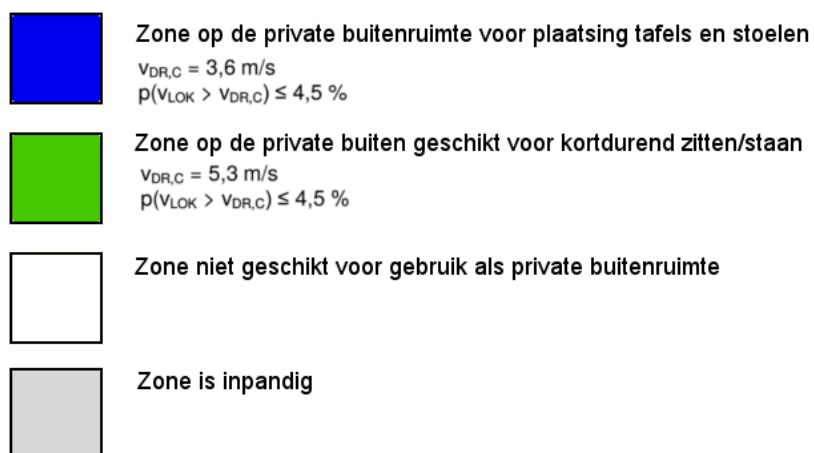
Figuur 4.3: Windgevaar op voetgangersniveau

4.2 Windcomfort

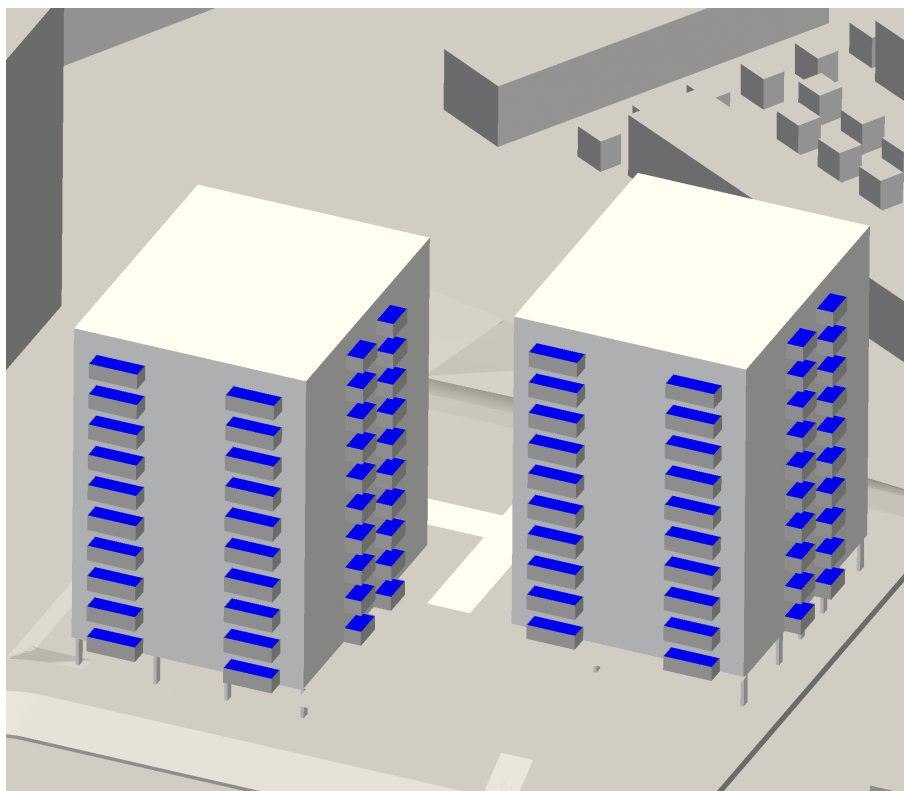
Naast windhinder en windgevaar voor de openbare buitenruimte is het windcomfort ter plaatse van private buitenruimten bepaald. In deze sectie worden de resultaten voor windcomfort op de balkons weergegeven.

Uitgangspunt is een volledig gesloten balustrade met een hoogte gelijk aan circa 1,2 m ten opzichte van de afwerkvloer.

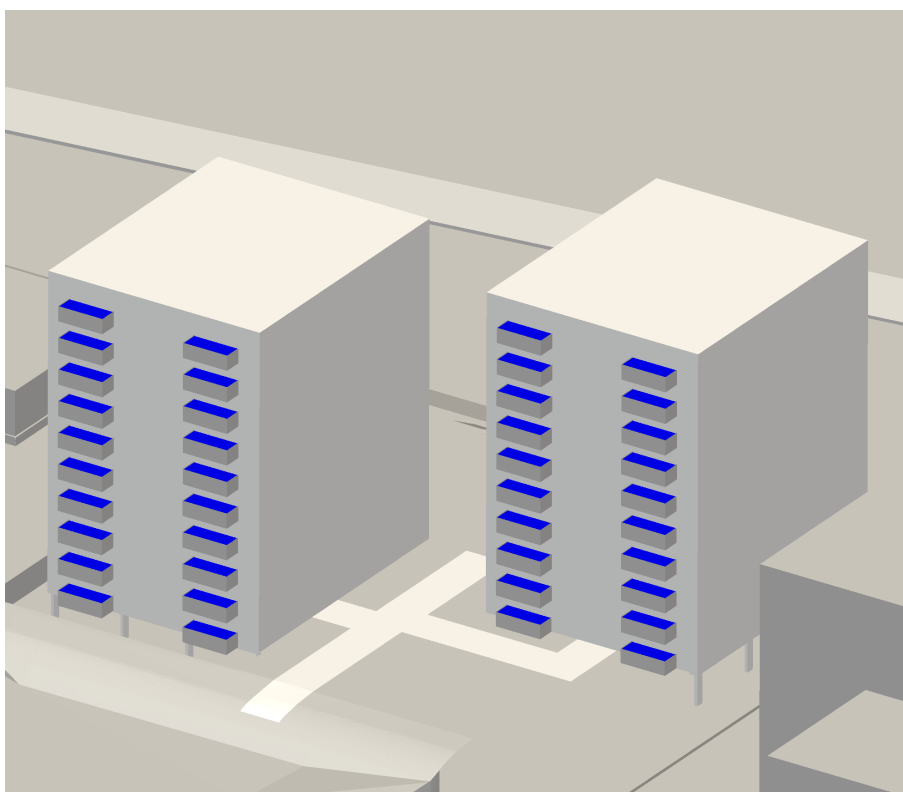
De resultaten van de private buitenruimten worden weergegeven op horizontale doorsneden op 1,1 m boven de vloer van het balkon. Met kleuren is weergegeven welk gebied geschikt is voor langdurig zitten en welk gebied voor kortdurig zitten. Wit is discomfortabel en slecht bruikbaar als terras.



Figuur 4.4: Windcomfort op balkons



(a) Zuidzijde



(b) Noordzijde

Figuur 4.5: Windcomfort op balkons van gebouw 1 en 2

5.1 Windhinder en windgevaar

De resultaten van de windstudie leiden tot de volgende conclusies:

- Windklimaat in de ruime omgeving van de nieuwbouw
 - Het windklimaat nabij de bestaande woningen in Transwijk-Zuid is in de bestaande situatie goed en dit zal met de geplande nieuwbouw niet veranderen. Op enkele locaties met beperkte omvang ontstaan kleine wijzigingen in het windklimaat. Hierbij blijft het windklimaat goed.
 - Het windklimaat nabij het aangrenzende woonzorgcentrum Parc-Transwijk veranderd aan de zuid-, zuidwest- en zuidoostzijde.

Aan de zuid- en zuidwestzijde van dit gebouw is een parkeerterrein gelegen. Hierbij ondervindt dit parkeerterrein in de huidige situatie windhinderklasse A, B en C, een goed windklimaat. Met toevoeging van de nieuwbouw ontstaat er een smallere doorgang tussen het woonzorgcentrum en de nieuwbouw, waardoor hier versnelling van de wind plaats vindt. Hierdoor neemt de windhinderklasse toe tot maximaal klasse D, een matig windklimaat. Aangezien het hier een parkeerterrein betreft is dit acceptabel.

Aan de zuidoostzijde van het gebouw bevindt zich het trottoir en de looproute tussen het parkeerterrein en de hoofdentree van het woonzorgcentrum. In dit gebied wordt het windklimaat aanzienlijk beter. In de huidige situatie komt voornamelijk windhinderklasse B en C voor. Met toevoeging van de nieuwbouw wordt dit hoofdzakelijk klasse A.
 - Het windklimaat nabij het aangrenzende zorg- en kantorencomplex De Zusters veranderd aan de noord- en westzijde. Deze westzijde is niet toegankelijk en daarom niet relevant voor de beoordeling van het windklimaat.

Aan de noordzijde van De Zusters is een verhoogd parkeerdek gelegen. In de bestaande situatie ondervindt dit parkeerdek windhinderklassen A, B en C, een goed windklimaat. Met toevoeging van de nieuwbouw verhoogd de mate van windhinder tot maximaal klasse D, een matig windklimaat. Aangezien het hier een parkeerdek betreft is dit acceptabel.
 - Er zijn geen risico's op windgevaar gedetecteerd, zowel voor de bestaande als voor de nieuwe situatie.
- Windklimaat op het eigen perceel van de nieuwbouw
 - De nieuwbouw wordt voor voetgangers ontsloten door enkele verhoogde looppaden (gelegen boven de half verdiepte parkeergarage). Het windklimaat op deze looppaden varieert van klasse A tot klasse E, goed tot slecht. Hierbij ontstaat tussen de beide blokken van de nieuwbouw versnelling van wind door zones met onder- en overdruk. Dit zorgt voor een zone met een matig tot slecht windklimaat in de richting zuidwest naar noordoost en vice versa, zie figuur 4.2. Aan enkele zijden van de blokken ontstaan relatief windluwe zones. Deze zones bevinden zich met name aan de noordoostzijde van de nieuwbouw, aan de zijde van de Lomanlaan en aan de zuidwestzijde van het zuidelijke blok. Deze zones kunnen benut worden voor ontsluiting van de nieuwbouw of als gebruiksruimte.

- De half verdiepte parkeergarage ligt veelal in een windluwe zone. Uitzondering hierop is de strook aan de zuidoostzijde van het perceel. Deze strook is aan de bovenzijde open en gelegen tussen de nieuwbouw en het verhoogde parkeerdek van De Zusters. Hierdoor is het windklimaat in deze strook matig met windhinder tot klasse D. Aangezien het hier een parkeergarage betreft kan dit geaccepteerd worden.

Op basis van het huidige onderzoek kan geconcludeerd worden dat de nieuwbouw niet leidt tot een onacceptabele verslechtering van het windklimaat in de ruime omgeving. Nabij de woningen in Transwijk-Zuid is de invloed minimaal. Nabij woonzorgcentrum Parc-Transwijk is er een acceptabele verslechtering op het parkeerterrein en een significante verbetering op het trottoir. Nabij zorg- en kantorencomplex De Zusters is er een acceptabele verslechtering van het windklimaat op het verhoogde parkeerdek.

Op het eigen perceel van de nieuwbouw zijn met name de verhoogde looppaden ter ontsluiting van de blokken een aandachtspunt. Deze ondervinden een matig tot slecht windklimaat. Dit zal in acht worden genomen bij het tot stand komen van het definitief ontwerp.

5.2 Windcomfort

Uit de resultaten van deze CFD-studie blijkt dat het windcomfort op de balkons van de twee blokken over het algemeen goed is, zie figuur 4.5. De geringe omvang van de balkons en de gesloten balustrades beschermen de balkons tegen externe luchtstromen en de versnelling van wind tussen de blokken. Als zodanig zijn alle balkons geschikt voor langdurig, comfortabel verblijf gedurende de zomer.

7 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	3 2-34	
	Distributief in percentages												
0,0 - 0,9	0.12	0.23	0.30	0.43	0.42	0.43	0.31	0.20	0.13	0.16	0.23	0.22	3.17
1,0 - 1,9	0.97	1.44	1.38	1.30	1.12	1.94	1.58	1.50	1.15	0.83	0.91	1.23	15.35
2,0 - 2,9	0.93	1.32	1.12	0.87	0.78	1.25	1.26	1.29	1.31	1.98	1.99	2.09	16.17
3,0 - 3,9	1.27	2.62	1.52	1.07	0.85	1.53	1.51	2.32	2.20	1.49	1.32	1.89	19.59
4,0 - 4,9	1.15	1.95	1.07	0.67	0.50	0.76	0.96	1.86	1.91	1.64	1.32	1.27	15.04
5,0 - 5,9	0.90	1.06	0.70	0.48	0.29	0.39	0.58	1.76	1.95	1.26	1.14	0.86	11.34
6,0 - 6,9	0.39	0.79	0.32	0.20	0.13	0.11	0.28	0.80	1.08	0.93	0.51	0.41	5.95
7,0 - 7,9	0.23	0.43	0.24	0.19	0.09	0.06	0.15	0.66	0.89	0.45	0.31	0.20	3.90
8,0 - 8,9	0.09	0.15	0.13	0.08	0.04	0.03	0.09	0.20	0.50	0.19	0.10	0.07	1.65
9,0 - 9,9	0.05	0.10	0.06	0.03	0.01	0.01	0.05	0.15	0.28	0.08	0.05	0.04	0.91
10,0 - 10,9	0.01	0.03	0.02	0.01	-	-	0.02	0.07	0.12	0.05	0.02	0.03	0.37
11,0 - 11,9	-	0.01	0.01	-	-	-	0.01	0.03	0.04	0.02	-	0.01	0.12
12,0 - 12,9	-	0.01	-	-	-	-	-	0.01	0.03	0.01	-	-	0.06
13,0 - 13,9	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	-	-	0.01
14,0 - 14,9	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-	-	0.01
15,0 - 15,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16,0 - 16,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,0 - 17,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0 - 18,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,0 - 19,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0 - 20,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21,0 - 21,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22,0 - hoger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

