

Rapport



Sweco Nederland B.V.
3e Binnenvestgracht 23K
2312 NR Leiden
The Netherlands
+31 (0)88 811 66 00
info@sweco.nl
www.sweco.nl

Project: Windonderzoek Roertoren

Locatie: Roermond, Nederland
Onderwerp: CFD simulaties windonderzoek
Document: 51020743e001
Datum: 22 Maart 2024

Rev	Status	Beschrijving	Auteur	Control e	Datum
0	1 ^e uitgave	CFD rapport	JB	SS	07-10-2022
1	2 ^e uitgave	CFD rapport	JB	BA	23-02-2024
2	3 ^e uitgave	Extra analyse windklimaat balkons	JB	RN	22-03-2024

Project	Windonderzoek Roertoren
Locatie	Roermond, Nederland
Onderwerp	CFD simulaties windonderzoek
Document	51020743e000
Revisie	2
Datum	22 Maart 2024
Status	Definitief
Auteur	J. Braal
Controle door	R. van de Nes

Opdrachtgever	Aveco de Bondt
	Gondel 1
	1186 MJ Amstelveen
	Nederland
Contact	J. Hendriks

Uitgever	Sweco Nederland B.V.
	3 ^e Binnenvestgracht 23K
	2312 NR Leiden
	Nederland
	+31 (0)88 811 66 00
	info@sweco.nl
	www.sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Introductie.....	4
2	Onderzoeksdoel.....	5
3	Uitgangspunten	6
3.1	Geometrie	6
3.2	Windklimaat	8
3.3	Windprofiel.....	10
3.4	CFD modellering	12
4	Resultaten	13
4.1	Windhinder.....	13
4.2	Windgevaar	18
5	Maatregelen	20
5.1	Geometrie	20
5.2	Windhinder.....	23
5.3	Windgevaar	27
6	Samenvatting.....	29
	Referenties	32
	Bijlage A – CFD simulatieresultaten per windrichting.....	33
	Bijlage B – CFD simulatieresultaten per windrichting met inachtneming van maatregelen	58
	Bijlage C – Technisch inlegvel numerieke simulatie.....	83

1 Introductie

Op verzoek van Aveco de Bondt is een windonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling Roertoren, te Roermond. De ontwikkeling is een woontoren van rond de 70 meter hoog met een verbinding naar de naastgelegen parkeergarage middels een luifel.

Het windklimaat is inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN 8100 (1). Er is inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau in de directe omgeving van de ontwikkeling en op de balkons.

Een CFD simulatie geeft inzicht in de te verwachten luchtstromingen, rekening houdend met verschillende fysische verschijnselen. Bij een dergelijke simulatie wordt een geometrie voorzien van een rekengrid waarbinnen de massa-, energie- en impulsbalansen worden opgelost.

2 Onderzoeksdoel

Het doel van het onderzoek is het lokale windklimaat op straatniveau en de balkons van de Roertoren inzichtelijk te maken. Het lokale windklimaat is inzichtelijk gemaakt aan de hand van de methode omschreven in de NEN 8100. De NEN 8100 maakt gebruik van een classificatie tabel waarbij de beoordeling van het windklimaat bij een activiteit wordt gedaan naar de frequentie dat de drempelwaarde (windsnelheid) per jaar wordt overschreden. De drempelwaarde voor windhinder is vastgesteld op 5 m/s. In Tabel 1 is deze classificatie weergegeven. De CFD simulaties zijn voor 12 windrichtingen uitgevoerd. De som van het aantal uren dat de drempelwaarde wordt overschreden, bepaalt de kwaliteitsklasse rondom de Roertoren. Deze beoordeling moet worden uitgevoerd op 1,75 m boven het maaiveld.

Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	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 1: Classificatie windhinder conform NEN 8100.

De drempelwaarde voor windgevaar is in de NEN 8100 vastgesteld op 15 m/s. In Tabel 2 zijn de overschrijdingskans en bijbehorende kwalificaties voor windgevaar gegeven.

Overschrijdingskans p In procenten van het aantal uren per jaar	Kwalificatie
$0,05 < p < 0,30$	Beperkt risico
$p > 0,30$	Gevaarlijk

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN 8100.

Situaties waarvoor een overschrijdingskans geldt van $0,05 < p < 0,30$ mogen alleen worden geaccepteerd als deze vallen binnen de activiteitenklasse Doorlopen. Voor activiteitenklasse Slenteren en Langdurig zitten 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.

3 Uitgangspunten

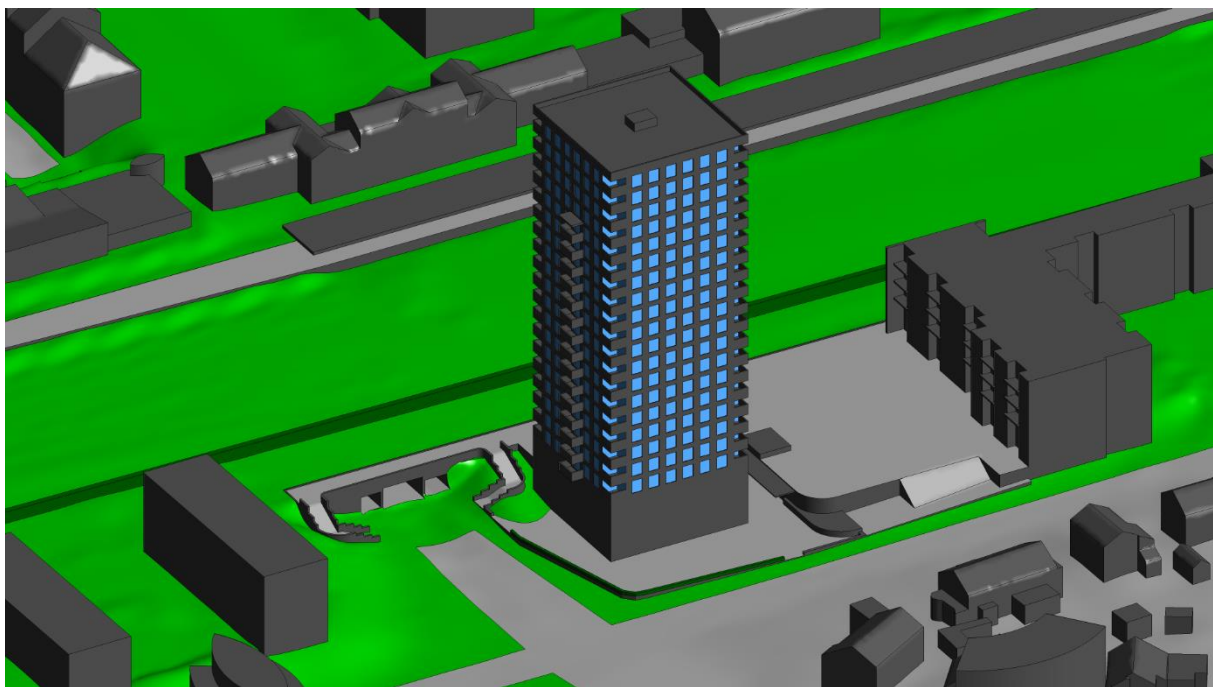
3.1 Geometrie

De Roertoren is een ontwikkeling naast het centraal station van Roermond. De ontwikkeling is een woontoren van ongeveer 70 meter hoog. Het 3D CFD model is gebaseerd op het aangeleverde 3D model, weergegeven in Tabel 3. Daarnaast is de omgeving gereconstrueerd aan de hand van het actueel Hoogtebestand Nederland (2) en 3D Bag (3).

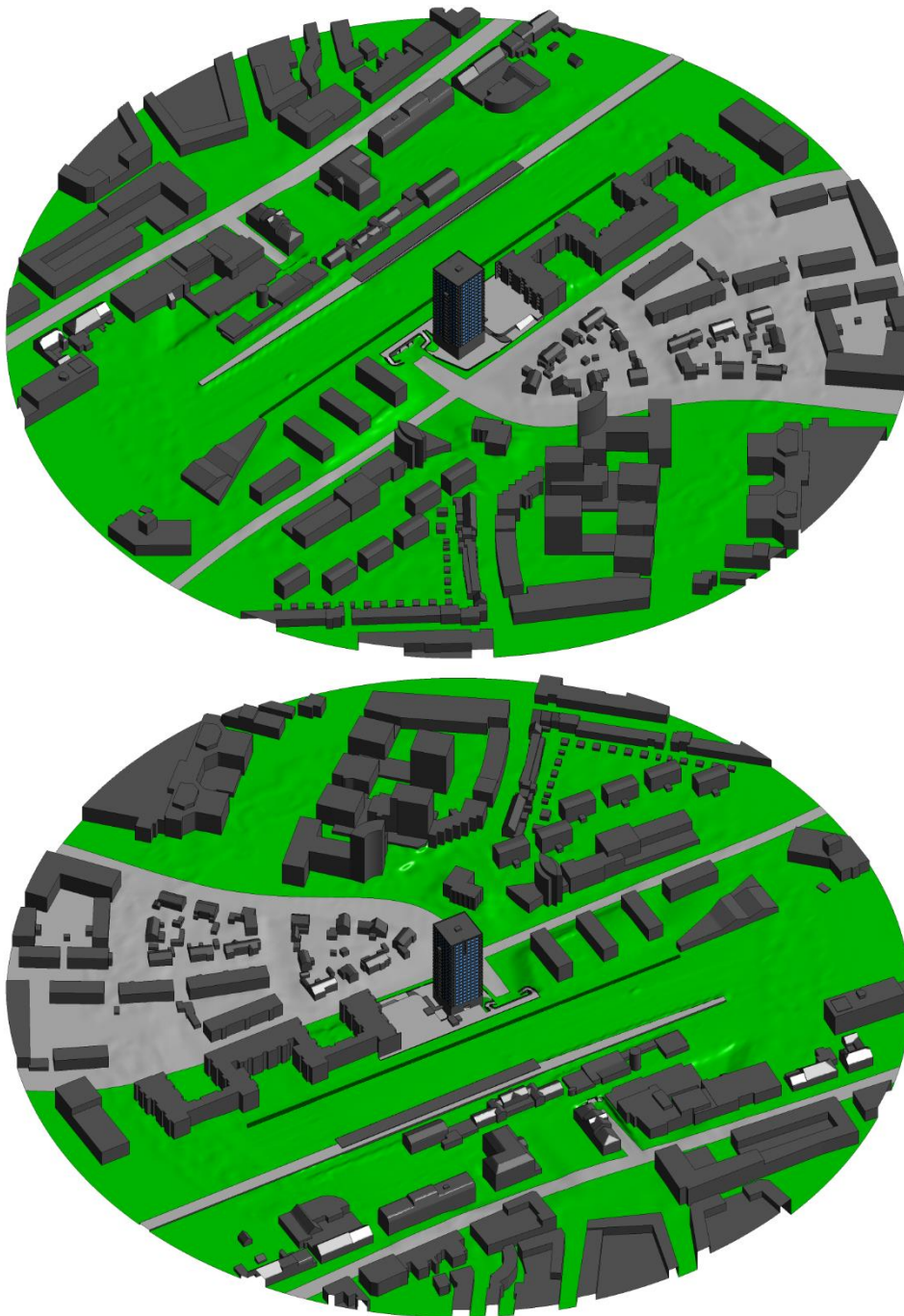
Model/tekening	Omschrijving	Ontvangen op
KLA_17894_Roermond Oranjelaan_toren_R20	Roertoren	21-09-2022
3dbag_v210908_fd2cee53_lod22_3d_5387.obj	Gebouwen omgeving	27-09-2021
3dbag_v210908_fd2cee53_lod22_3d_5389.obj	Gebouwen omgeving	27-09-2021
3dbag_v210908_fd2cee53_lod22_3d_5392.obj	Gebouwen omgeving	27-09-2021
3dbag_v210908_fd2cee53_lod22_3d_7896.obj	Gebouwen omgeving	26-09-2021
C_58DZ2 – Cloud.bin	Terrein omgeving AHN	19-09-2022

Tabel 3: Modellen/tekeningen gebruikt als basis voor het CFD model.

In Figuur 1 is een impressie van het 3D CFD model van nabij de Roertoren weergegeven. In Figuur 2 is het volledige 3D model vanuit twee verschillende aanzichten weergegeven.



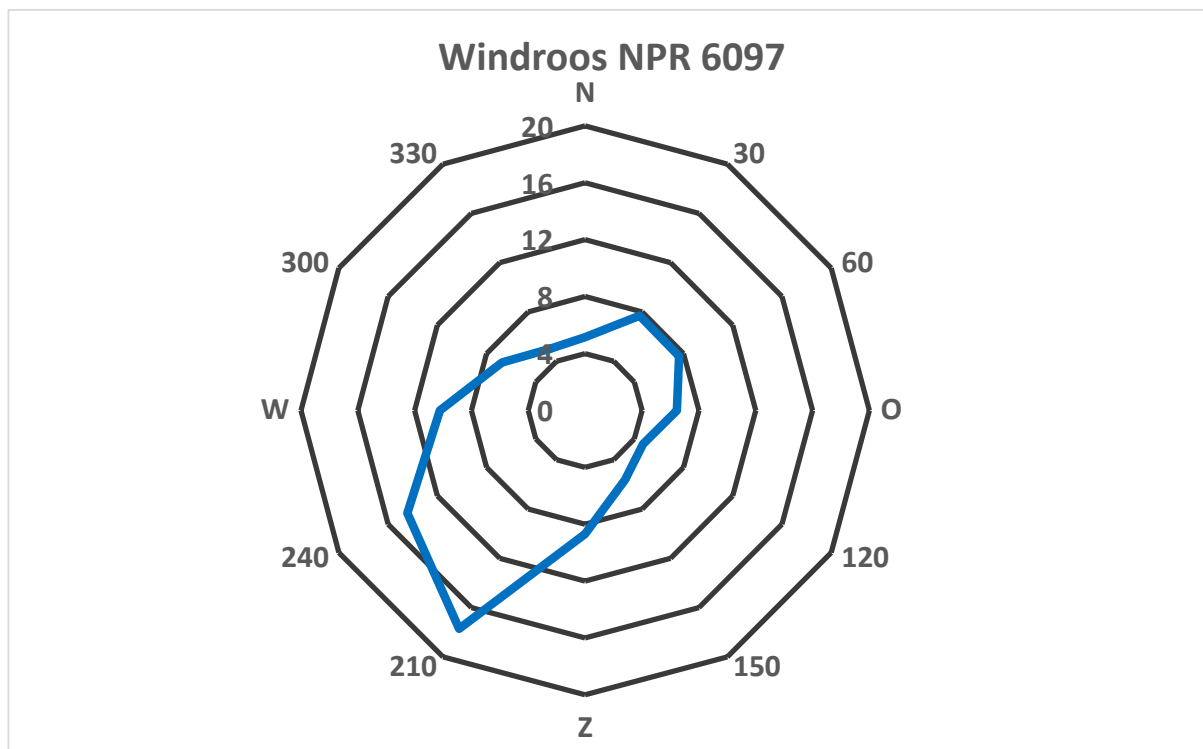
Figuur 1: Overzicht van de Roertoren in het 3D CFD model.



Figuur 2: Overzicht van het 3D CFD model met omliggende bebouwing.

3.2 Windklimaat

Het windklimaat is gebaseerd op de Nederlandse praktijkrichtlijn (NPR) 6097. Deze richtlijn omschrijft de toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland over de jaren 1963 – 2002. Het percentage dat een windrichting per jaar voorkomt staat weergegeven in de windroos in Figuur 3. De simulaties zijn voor 12 windrichtingen uitgevoerd.



Figuur 3: Windroos Roertoren, volgens NPR 6097.

Het aantal uren wind per windrichting en de windsnelheid hebben effect op het windklimaat. Middels de in de CFD berekende windfactor (verhouding van de lokale windsnelheid ten opzicht van een referentiewindsnelheid) wordt het lokaal aantal uren overschrijding met behulp van de windklimaat data berekend. Tabel 4 geeft de jaargemiddelde frequentie van de windsnelheid per richting over de periode 1963 – 2002.

Richting	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
Snelheid [m/s]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]
0.0 – 0.9	21.3	25	21.4	22.2	21.5	23.7	19	24.6	16.7	17	17.6	19.4
1.0 – 1.9	57.4	76.6	62	59.7	55.7	62.3	68.6	81.7	55.8	50.4	51.8	50.4
2.0 – 2.9	71.3	100.1	87.7	81.4	81.8	88.5	88.7	127.7	85.9	79.3	71.7	64.1
3.0 – 3.9	70.8	115.1	100.3	88.4	79.9	93.3	100.4	152.2	106.9	90.5	79.4	64.9
4.0 – 4.9	66.8	104.1	102.2	86.4	67.1	76.7	104.4	183.3	129.1	100.1	74.9	58.4
5.0 – 5.9	55	84.7	88.9	70.2	46.8	56	94.7	184.5	136.7	96.9	68.2	51.4
6.0 – 6.9	43.2	63.7	67.3	53	28.6	36.9	77.6	158	138.1	89	60.7	38
7.0 – 7.9	28.9	44.2	54	40.2	17.4	26.4	64.8	145.3	120.3	77.8	50.2	30
8.0 – 8.9	15.9	27.4	35	26.4	8.7	14.7	46.8	133.1	119.2	70.2	39.7	21.1
9.0 – 9.9	9.4	16.1	22.6	17	3.3	7.1	35.8	110.1	97.9	58.7	26.9	16.7
10.0 – 10.9	5.3	9.1	13.4	10	1.4	3.8	23.5	82.5	71.4	44.8	18.3	10.9
11.0 – 11.9	3.2	3.5	8.4	5.3	0.2	1.6	16.6	60.2	60.5	34.5	12.4	5
12.0 – 12.9	1.8	1.8	4.5	3.2	0.3	0.6	9.2	42.9	48.4	25.5	8.9	3
13.0 – 13.9	0.8	0.6	0.8	1	0	0.3	5.7	26.4	29.1	18.7	4.3	1.9
14.0 – 14.9	0.3	0.2	0.4	0.6	0	0	2.8	17.2	18.1	13.9	2.5	1.4
15.0 – 15.9	0.1	0	0.2	0.2	0	0	1.3	9.9	13	10.1	1.4	0.5
16.0 – 16.9	0	0	0	0	0	0	0.9	6.3	7.7	6.1	0.9	0.3
17.0 – 17.9	0	0	0	0	0	0	0.3	3.6	4.6	4.2	0.4	0.1
18.0 – 18.9	0	0	0	0	0	0	0.5	2.2	2.6	2.6	0.2	0.1
19.0 – 19.9	0	0	0	0	0	0	0.1	0.9	1.4	1.5	0.1	0
20.0 – 20.9	0	0	0	0	0	0	0	0.8	0.7	1.3	0.2	0
21.0 – 21.9	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.6	1.1	0	0
22.0 – 22.9	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.6	0	0
23.0 – 23.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0	0
24.0 – 24.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0	0
25.0 – 25.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0
26.0 – 26.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0
27.0 – 27.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0
28.0 – 28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0
29.0 – 29.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4: Overzicht van de jaargemiddelde frequentie van de windsnelheid per richting bij de Roertoren volgens NPR 6097.

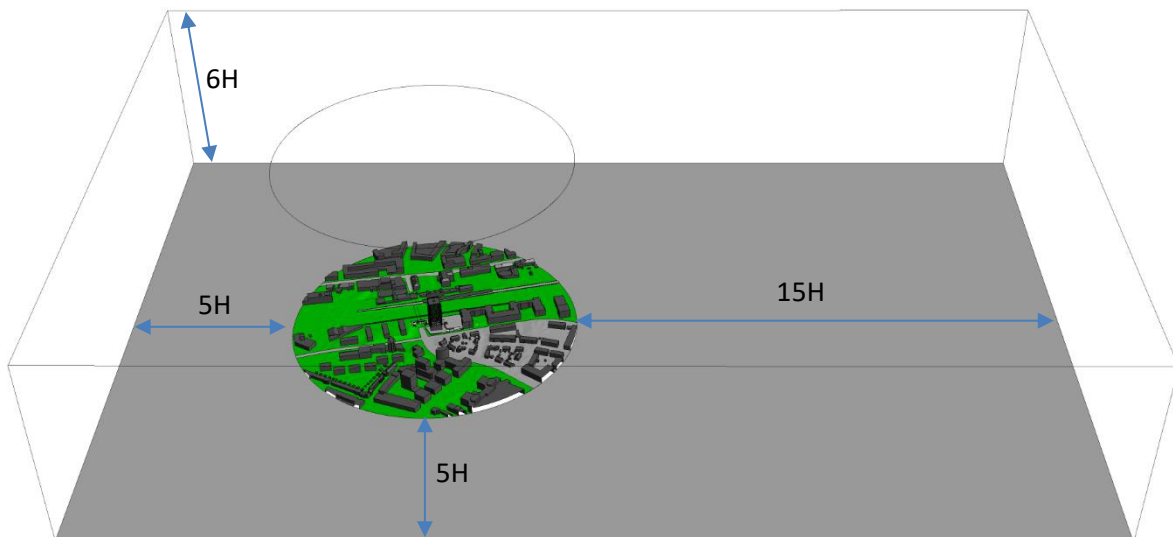
3.3 Windprofiel

De windsnelheid is afhankelijk van de hoogte boven het maaiveld. Ter hoogte van het maaiveld is de windsnelheid lager door de invloed van bebouwing en begroeiing. De mate van invloed wordt beschreven door de ruwheidslengte (4). De ruwheidslengte voor het gebied rondom de Roertoren is vastgesteld aan de hand van de NPR 6097 (5) op 1,6 m (stedelijk gebied). Het windprofiel dat behoort bij een ruwheidslengte van 1,6 m is opgegeven aan alle buitengrenzen van het CFD model.

Rondom de gemodelleerde bebouwing is een winddomein geplaatst. Aan de randen van dit winddomein wordt het windprofiel opgegeven. In het winddomein wordt het windprofiel behouden door volumetrische bronnen van momentum en turbulentie, afgestemd op de betreffende ruwheidslengte.

Door de buitengrenzen van het CFD model op afstand van het gebied van interesse te plaatsen wordt een zo realistisch mogelijke windstroom in de stad berekend. De afmetingen van het winddomein worden bepaald op basis van de hoogte (H) van het hoogste gebouw. De randen van het winddomein bevinden zich ten minste op 5H vanaf de rand van het gemodelleerde gebied. De totale hoogte van het domein is 6H. Het effect van de buitengrens van het CFD model is stroomafwaarts van grotere invloed en is daarom op 15H geplaatst. Door bovenstaande methodiek ontstaat een realistische windstroom in het gebied van interesse.

Het winddomein om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 4 en kan worden gezien als een digitale windtunnel.



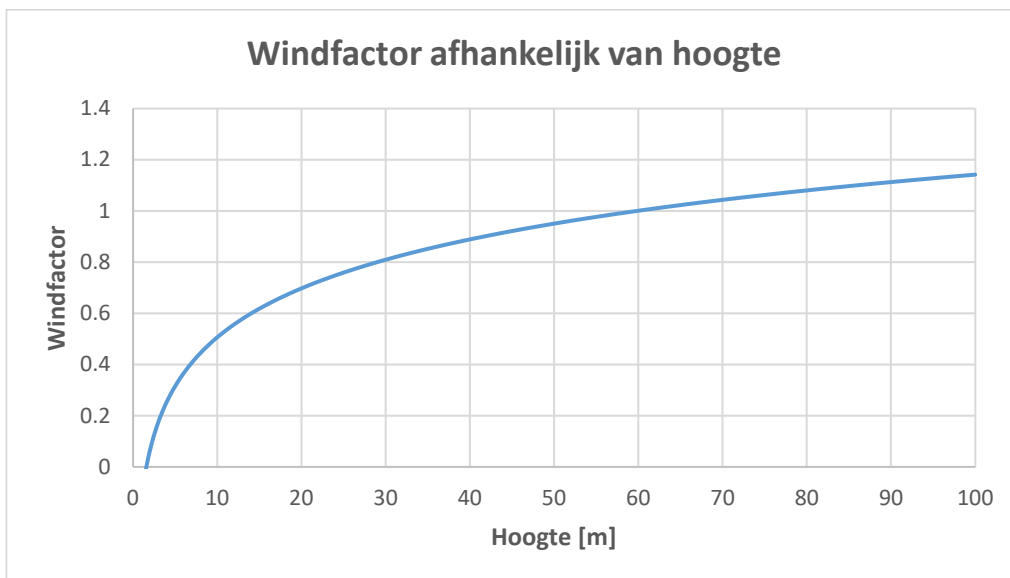
Figuur 4: Winddomein om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

Aan de hand van de referentiewindsnelheid, referentiehoogte en ruwheidlengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking en staat als windfactor profiel weergegeven in Figuur 5.

$$v_{wind} = v_{ref} \cdot \left(\frac{\ln\left(\frac{z}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{z_0}\right)} \right)$$

Waar,

v_{wind}	Windsnelheid	[m/s]
v_{ref}	Referentiesnelheid	[m/s]
z	Hoogte boven de grond	[m]
z_0	Ruwheidslengte	[m]
z_{ref}	Referentiehoogte	[m]



Figuur 5: Toegepast windprofiel.

3.4 CFD modellering

De simulaties zijn uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 2022 R2 of hoger.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom de Roertoren. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Tabel 5 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven. Daarnaast is het inlegvel uit de NEN 8100 bijgevoegd in Bijlage B.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,08 tot 1,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,2 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	44,3 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $5 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	2,5 s
Aantal iteraties	750
Fluide	Lucht met constante eigenschappen
Turbulentie model	RANS, RNG Kappa Epsilon model
Wanden	Glad met stilstaande lucht (no slip)
Grondvlak (gemodelleerd gebied)	Ruw met stilstaande lucht (no slip) - 0.050 m
Randen winddomein	Snelheids- en turbulentieprofiel
Ruwheid winddomein	Gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie net boven het maaiveld
Bomen	Volumetrische weerstandscoefficiënt van $0,25 \text{ m}^{-1}$ (6) (conservatieve aanname)

Tabel 5: CFD modellering eigenschappen.

4 Resultaten

Het aantal uren overschrijding van windhinder en windgevaar is voor 12 windrichtingen berekend. Het resulterende aantal uren overschrijding is op voetgangersniveau (1,75 meter boven het grondvlak) en boven balkons (1 m boven de vloer) voor alle windrichtingen gesommeerd. Met deze resultaten wordt het percentage jaarlijkse overschrijding van windhinder en windgevaar berekend. De resultaten per windrichting zijn bijgevoegd in Bijlage A.

4.1 Windhinder

In Figuur 6 wordt het percentage overschrijding van windhinder op jaarbasis weergegeven volgens de kwaliteitsklassen uit de NEN 8100 op 1,75 m boven de grond en op 1 m boven de balkons. De zwarte pijlen geven een indicatie van de entrees van de Roertoren en de naastgelegen parkeergarage.

Zoals te zien op de figuren in Bijlage A leveren windrichting 210 en 240 de grootste bijdrage aan het aantal uren overschrijding van de drempelwaarde voor windhinder. Dit komt omdat deze windrichtingen per jaar het meest voorkomen, zoals te zien in Figuur 3.

In Figuur 6 is te zien dat bij de ingangen en in de directe omgeving van de Roertoren vooral kwaliteitsklasse A en B te zien zijn. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit Langdurig zitten. Nabij de ingang van de parkeergarage is kwaliteitsklasse C tot D waarneembaar. Dit wordt veroorzaakt door lucht die om de Roertoren heen beweegt en langs de garage ingang versnelt. Dit effect is weergegeven voor windrichting 180 in Figuur 7.

In de omgeving van de Roertoren zijn voornamelijk kwaliteitsklasse C en D zichtbaar. Dit is een goed tot matig klimaat voor de activiteit Doorlopen. Het wordt veroorzaakt doordat wind het meest uit het zuidwesten komt. Vanuit deze windrichting versnelt de wind over het spoor en de nabij gelegen autowegen. Op het treinspoor en de autoweg zijn geen obstakels aanwezig, waardoor wind niet wordt afgeremd.

In het algemeen wordt door het plaatsen van hoogbouw het stromingspad van lucht geblokkeerd en stroomt deze langs de hoeken van het gebouw weg. Hierdoor ontstaan lokale versnelling langs de hoeken van gebouwen. Door deze versnelling wordt de drempelwaarde voor windhinder bij hoogbouw eerder overschreden.

Aan de westkant van de Roertoren aan de Spoorlaan Noord is voornamelijk kwaliteitsklasse C te zien met een plek van kwaliteitsklasse D nabij de hoogbouw. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit Doorlopen. De heg tussen het spoor en de Spoorlaan Noord remt de wind af, wat een positief effect heeft op het windklimaat.

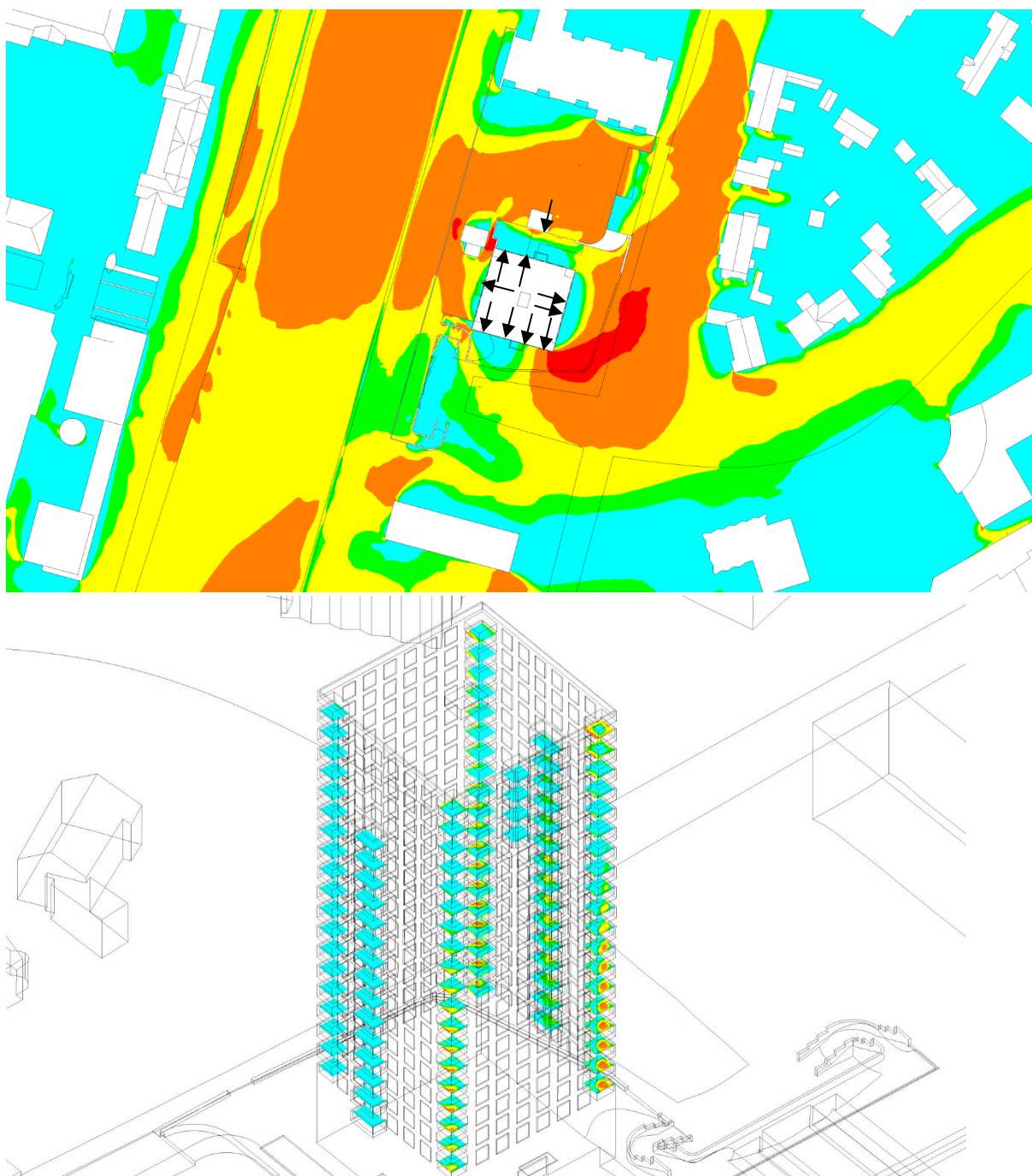
Het gebied met kwaliteitsklasse D (en stukjes E) op de Spoorlaan Noord, richting de entree van de Roertoren en boven het dak van parkeergarage Stationspark wordt veroorzaakt door drie effecten. Zoals eerder omschreven zorgt het relatief open terrein rond de Roertoren er in het algemeen voor dat de wind versnelt en de kwaliteit van het windklimaat afneemt. Daarnaast zorgt een hoog gebouw in een relatief open terrein voor een versnelling van lucht langs de hoeken van het gebouw nabij het maaiveld. Dit tweede effect is weergegeven in Figuur 8. Ten derde draagt het appartementencomplex

ten noorden van de Roertoren bij aan een versnelling van de lucht boven parkeergarage Stationspark omdat het doorstroomoppervlak van de lucht hier wordt vernauwd.

Aan de oostzijde van de Roertoren aan de Maria Theresialaan is voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met D waarneembaar, maar ook een plek van kwaliteitsklasse E. Dit is een matig tot slecht windklimaat voor de activiteit Doorlopen. Een groot deel van het gebied met kwaliteitsklasse E ligt boven de autoweg of het omliggende terrein van de Roertoren, maar ook deels boven de stoep en het fietspad rond de Roertoren. Het lokale windklimaat wordt veroorzaakt door de eerste twee effecten omschreven in de voorgaande alinea. De grootste bijdrage komt echter door de Roertoren en is tevens weergegeven in Figuur 9.

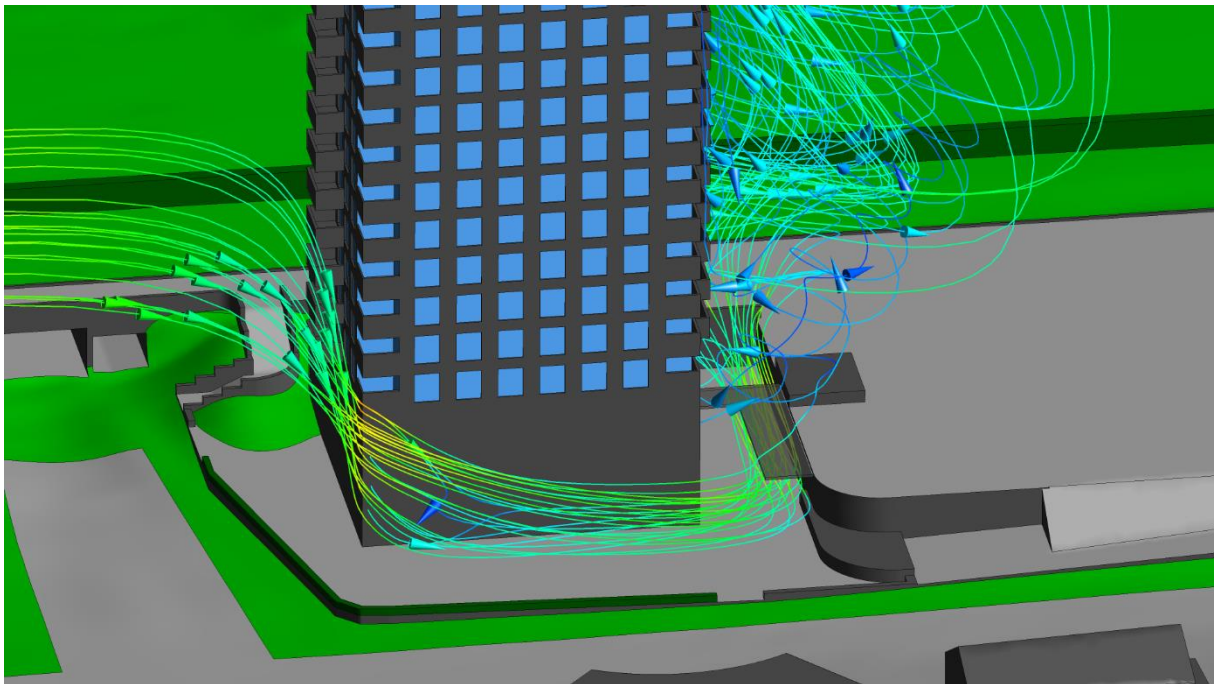
Aan de zuidzijde van de Roertoren op de Oranjelaan is voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met C waarneembaar, met een plek van kwaliteitsklasse D op het kruispunt. Het iets gunstigere windklimaat in dit gebied komt doordat de weg in de luwte van de tunnelingang ligt. Op de trappen aan beide zijdes van de tunnelingang zijn voornamelijk kwaliteitsklassen A tot en met C waarneembaar. Dit is een goed tot matig klimaat voor de activiteit Slenteren.

Op de balkons van de Roertoren, weergegeven in Figuur 6, is voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar. Daarnaast zijn er een aantal balkons met kwaliteitsklasse C en D. De versnelling op de balkons wordt veroorzaakt doordat lucht langs de hoeken versnelt, waardoor de drempelwaarde voor windhinder vaker wordt overschreden. Echter, op deze balkons zijn nabij de gevel ook plekken met kwaliteitsklasse A, waar men in de luwte kan zitten.

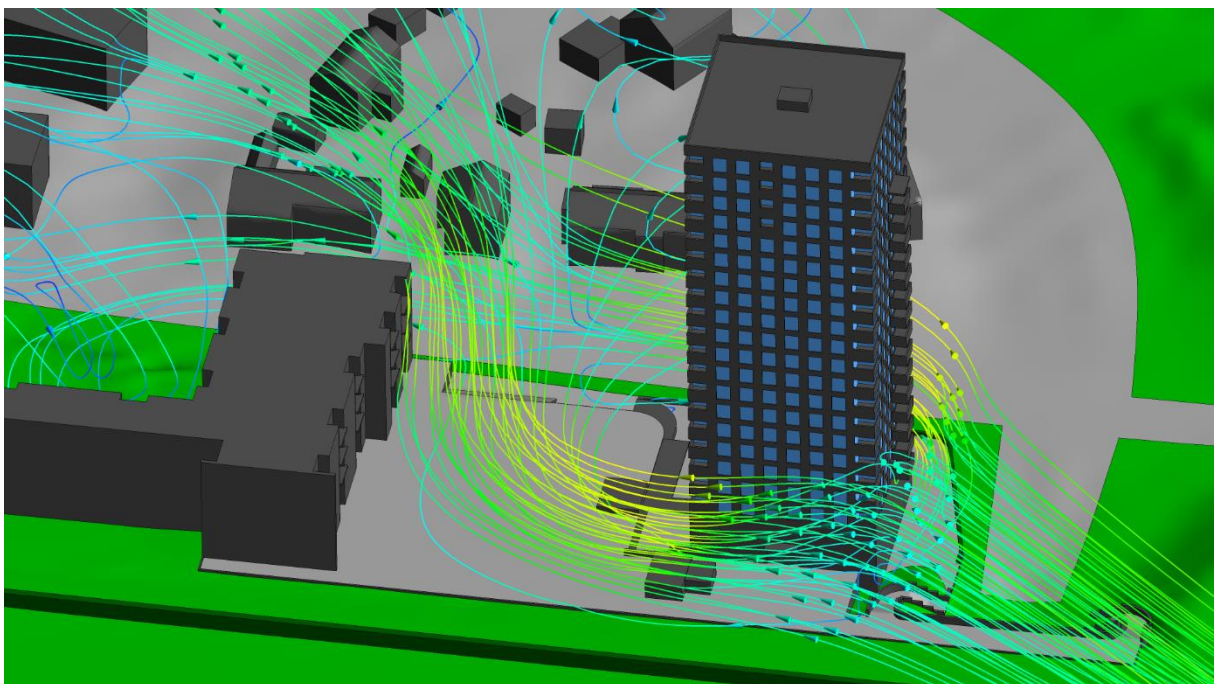


Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

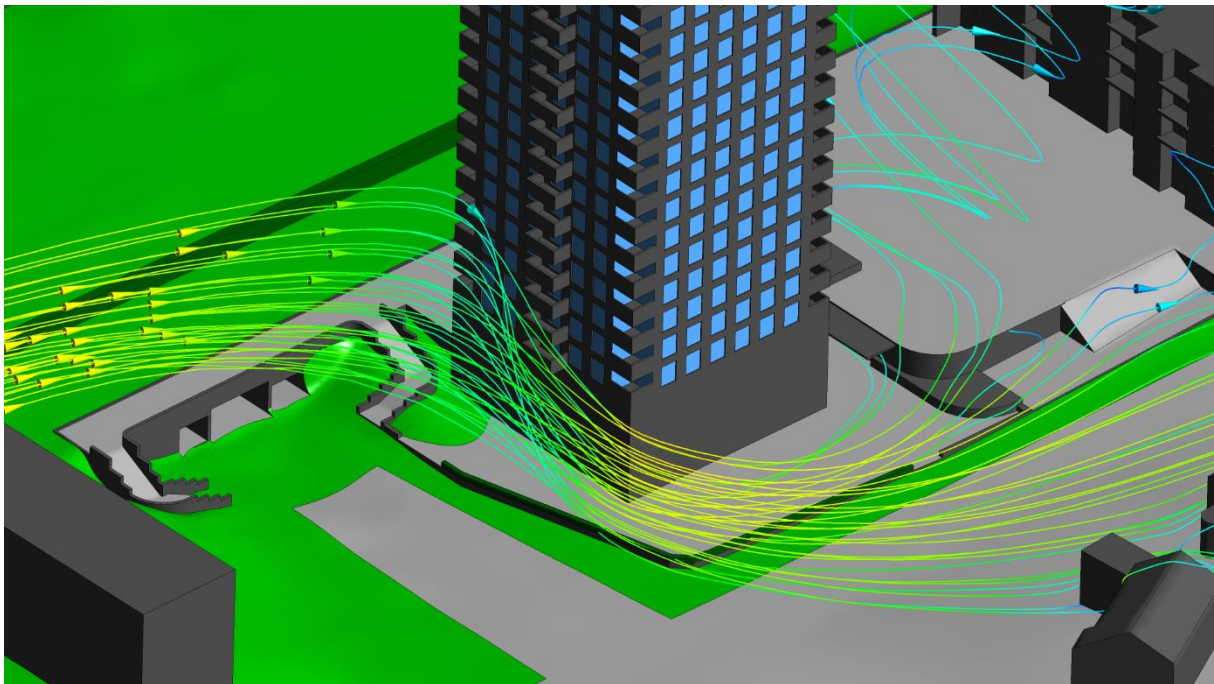
Figuur 6: De NEN 8100 kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau (boven) en op 1 m boven de balkons (onder). De pijlen geven de ingangen aan.



Figuur 7: Stroomlijnen van de lucht die langs het gebouw ten zuidoosten van de Roertoren welke om de Roertoren heen beweegt en langs de garage ingang versneld (windrichting 180).



Figuur 8: Stroomlijnen van de lucht die langs het gebouw ten zuidwesten van de Roertoren welke om en tussen de gebouwen versneld (windrichting 240).



Figuur 9: Stroomlijnen van de lucht die langs het gebouw ten zuidoosten van de Roertoren welke om het gebouw versneld (windrichting 210).

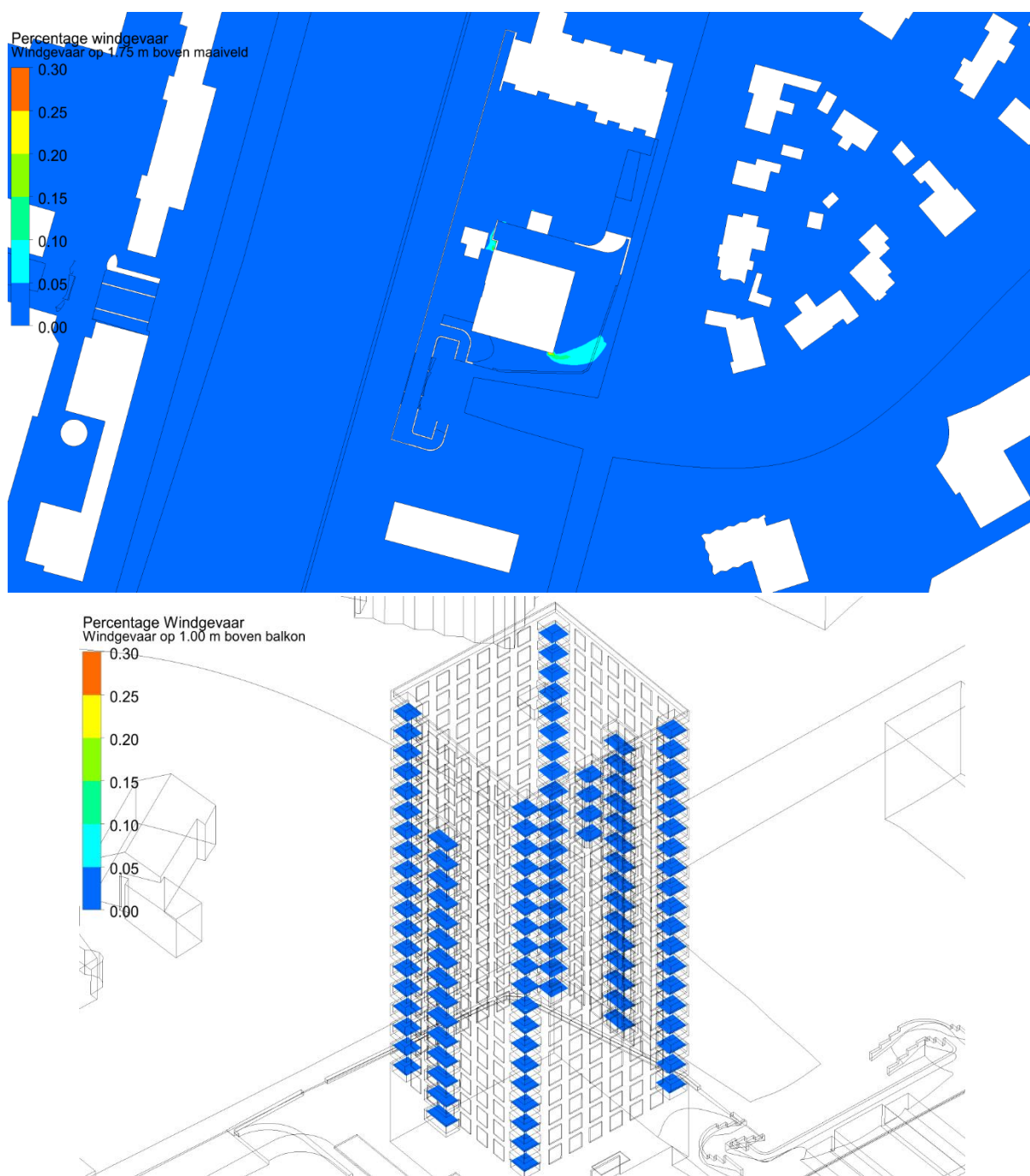
4.2 Windgevaar

In de NEN 8100 staat dat een percentage overschrijding van 0,30% per jaar gevaarlijk is en dat publiek hier niet aan mag worden blootgesteld. Daarnaast wordt in de NEN8100 gesteld dat situaties met een overschrijdingskans van 0,05% tot 0,30%, een beperkt risico, alleen mag worden geaccepteerd als dit binnen de activiteitenklasse doorlopen valt.

In Figuur 10 wordt het percentage overschrijding van windgevaar op 1,75 m boven het grondvlak en op 1 m boven de balkons op jaarbasis weergegeven volgens de kwaliteitsklasse gedefinieerd in de NEN8100.

In de figuur is te zien dat op 1,75 m boven het maaiveld rondom de ontwikkeling de maximale overschrijdingskans van 0,30% voor windgevaar niet wordt overschreden. Er zijn langs de hoeken van de Roertoren twee gebieden waar de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is. Als in deze gebieden de activiteit Doorlopen geldt, dan wordt voldaan aan de voorwaarden uit de NEN 8100.

Windgevaar komt niet voor op de balkons van de Roertoren.



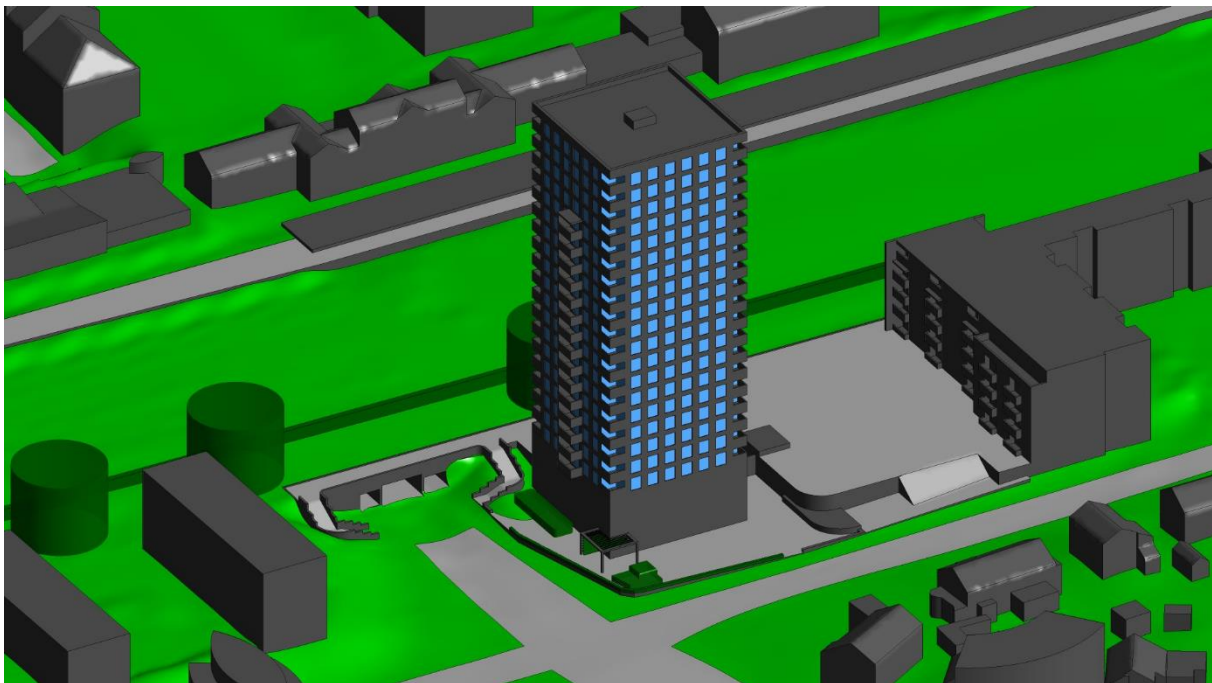
Figuur 10: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven de grondvlakken (boven) en op 1 m boven de balkons (onder).

5 Maatregelen

Op vervolg van de resultaten uit het vorige hoofdstuk zijn maatregelen genomen en extra details uit de omgeving meegenomen. Daarnaast is op verzoek van de opdrachtgever het windklimaat boven de balkons ten noorden van de Roertoren aan de Spoorlaan Noord inzichtelijk gemaakt. Ten slotte is ook het transformator huisje ten noordoosten van de roertoren kleiner geworden en verplaatst, en is de luifel tussen de Roertoren en de Parkeergarage Stationspark eruit gehaald. Verdere uitgangspunten uit de vorige hoofdstukken zijn hetzelfde gebleven.

5.1 Geometrie

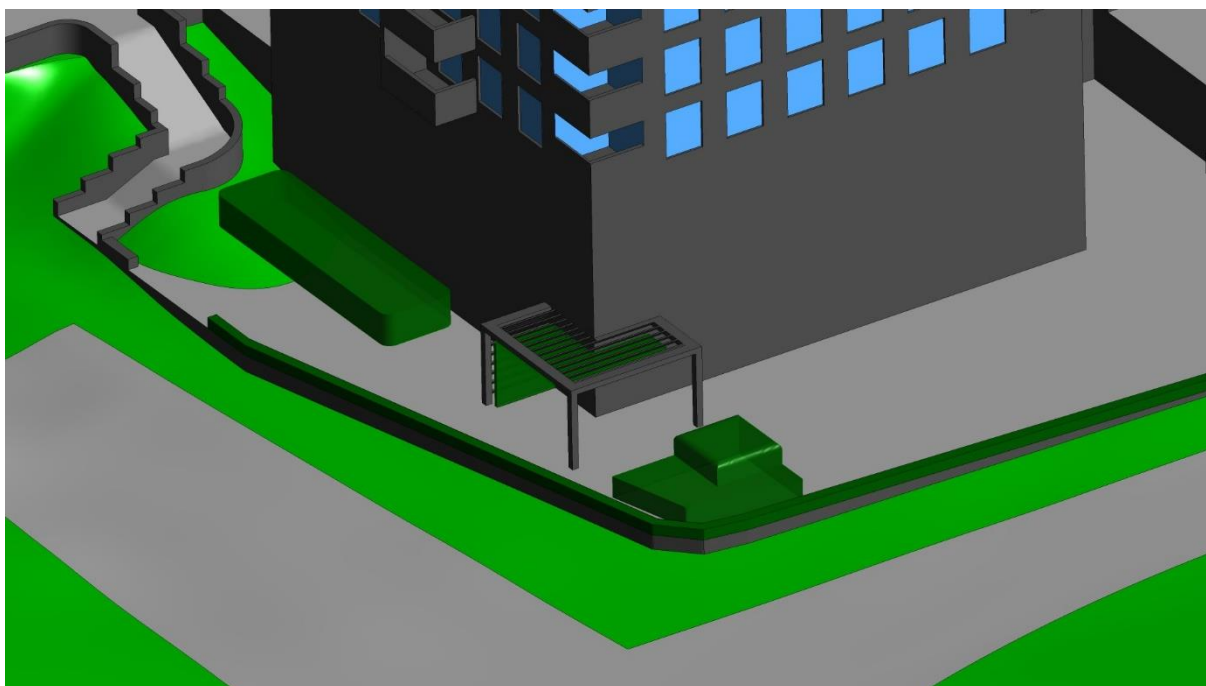
In Figuur 11 is een impressie met maatregelen van het 3D CFD model van nabij de Roertoren weergegeven.



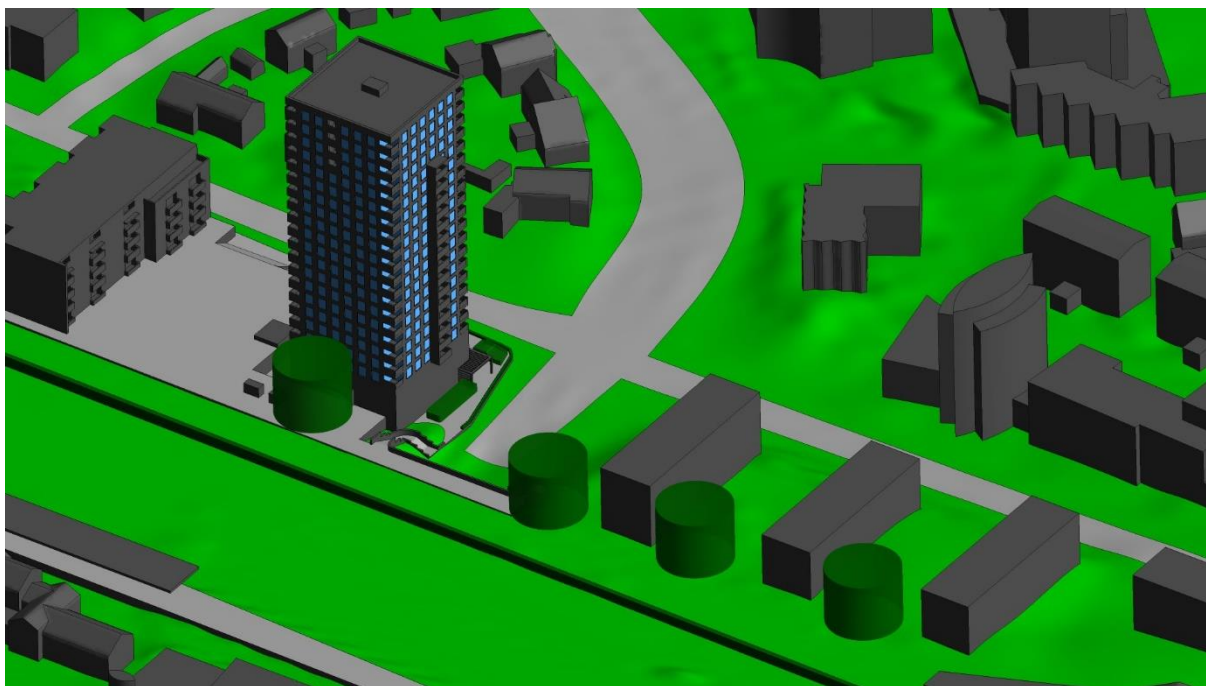
Figuur 11: Overzicht van de Roertoren met maatregelen in het 3D CFD model.

Hierin zijn de volgende verandering waar te nemen.

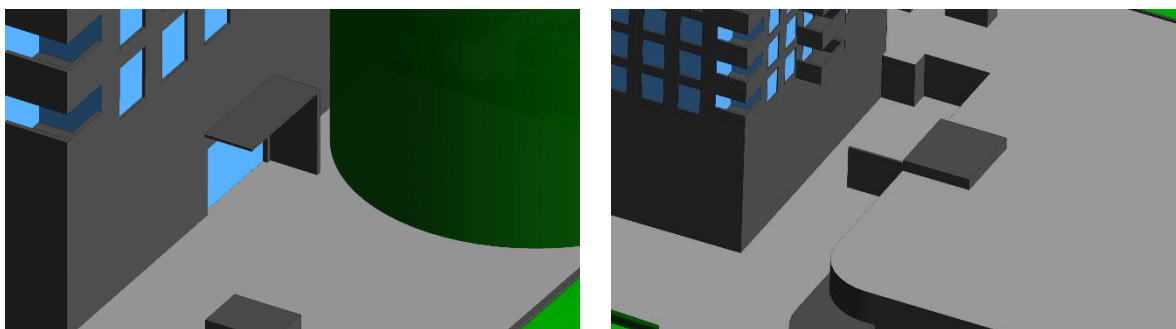
1. Aan de zuidoostelijke hoek is een pergola met lamellen dak en lamellen wand met bladvast groen en bomen met bladvast groen in het model opgenomen.
2. Daarnaast zijn aan de Spoorlaan Noord grote blijvende bomen en bomen met bladvast groen in het model opgenomen.
3. Bij de hoofdingang van het gebouw aan de Spoorlaan Noord en bij de hoofdingang van de Parkeergarage Stationspark zijn Windschermen geplaatst.
4. De balkons ten noorden van de Roertoren aan de Spoorlaan Noord zijn in detail meegenomen.



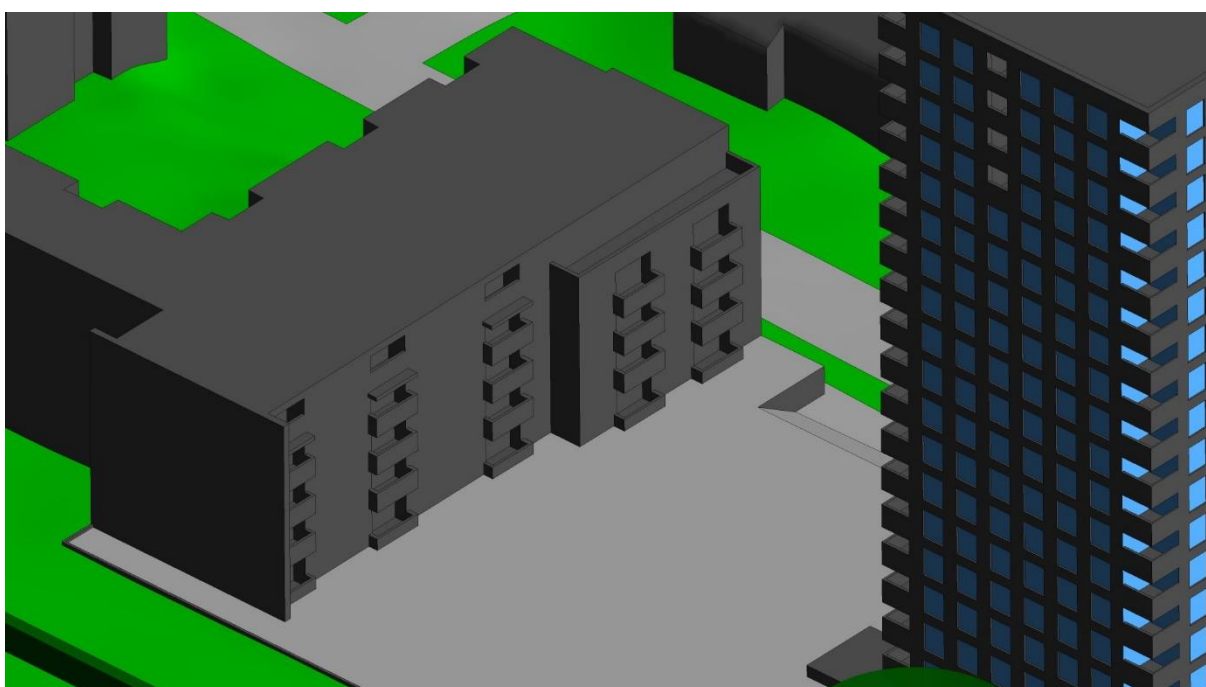
Figuur 12: Overzicht van de pergola met lamellen dak en lamellen wand met bladvast groen en bomen met bladvast groen.



Figuur 13: Overzicht van de grote blijvende bomen aan de Spoorlaan Noord.



Figuur 14: Overzicht van de windschermen bij de hoofdingang van het gebouw aan de Spoorlaan Noord(links) en bij de hoofdingang van de Parkeergarage Stationspark (rechts).



Figuur 15: Overzicht van de balkons ten noorden van de Roertoren aan de Spoorlaan.

5.2 Windhinder

Het windklimaat is beoordeeld op de methode zoals geschreven in hoofdstuk 2. De resultaten per windrichting zijn weergegeven in Bijlage B. Het resulterende windklimaat is weergegeven in Figuur 16.

Op de hoek van de Roertoren ter hoogte van de pergola geldt Kwaliteitsklasse A tot en met D, wat een goed tot matig windklimaat is voor de activiteit doorlopen. Hier was voorheen kwaliteitsklasse A tot en met D waarneembaar, met een pluk van kwaliteitsklasse E.

Rond het kruispunt van de Oranjelaan en de Maria Theresalaan geldt voornamelijk kwaliteitsklasse C tot en met D, dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit doorlopen. Hier was eerst kwaliteitsklasse C tot en met E waarneembaar.

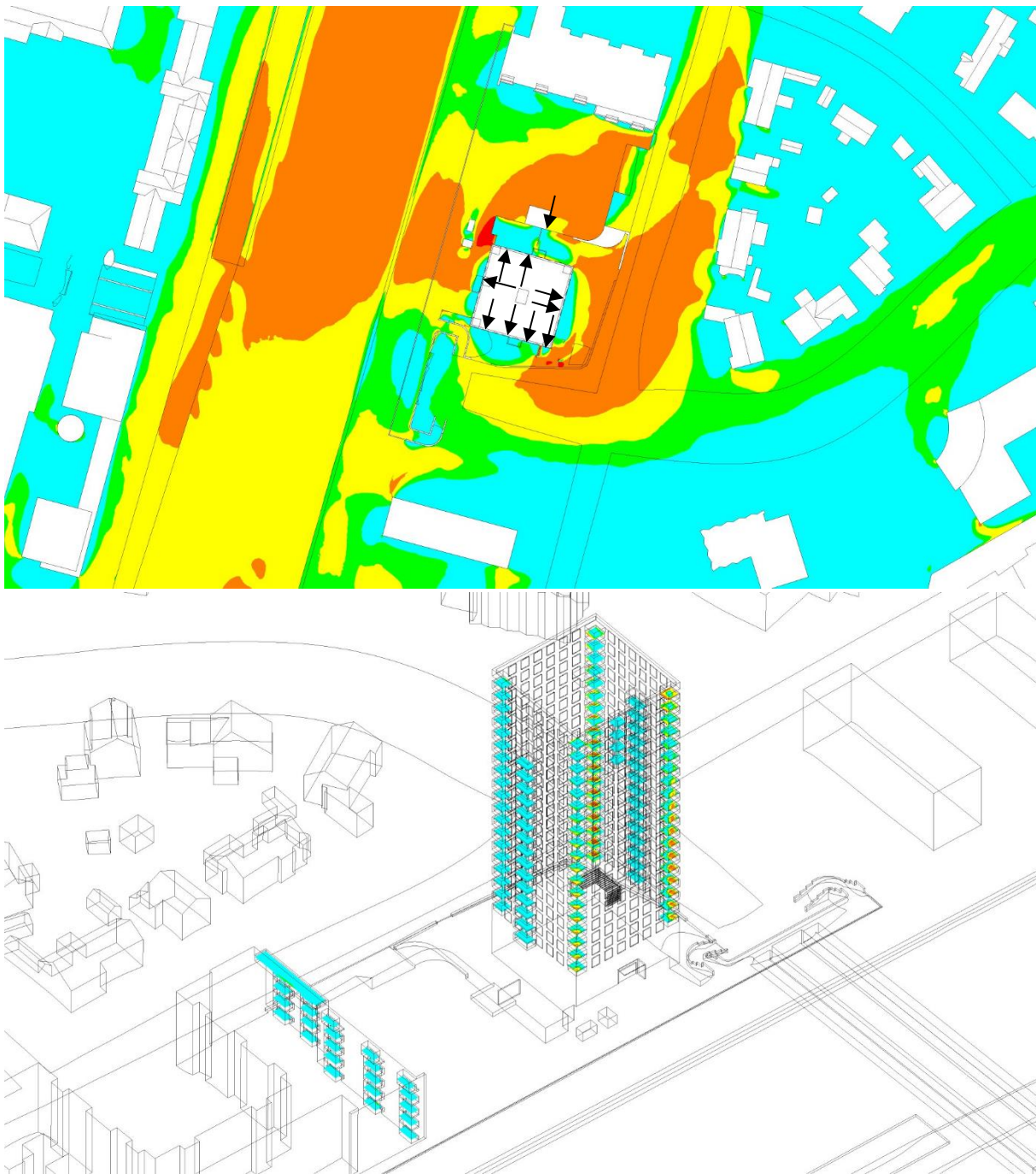
Op en rond de Spoorlaan Noord geldt kwaliteitsklasse A tot en met D, dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit doorlopen, met een plek van kwaliteitsklasse E tussen het transformator huisje en de toren. Dit was voorheen kwaliteitsklasse B tot en met D, met hetzelfde plekje tussen de toren en het transformator huisje.

Nabij de garage ingang geldt kwaliteitsklasse A tot en met C, dat is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren.

Nabij de hoofdingang van de roertoren geldt voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met C, dat is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren.

Op de balkons aan de Spoorlaan geldt overal kwaliteitsklasse A, wat een goed windklimaat is voor de activiteit langdurig zitten.

Verondersteld kan worden, dan in algemene zin de maatregelen een positief effect hebben op het windklimaat.



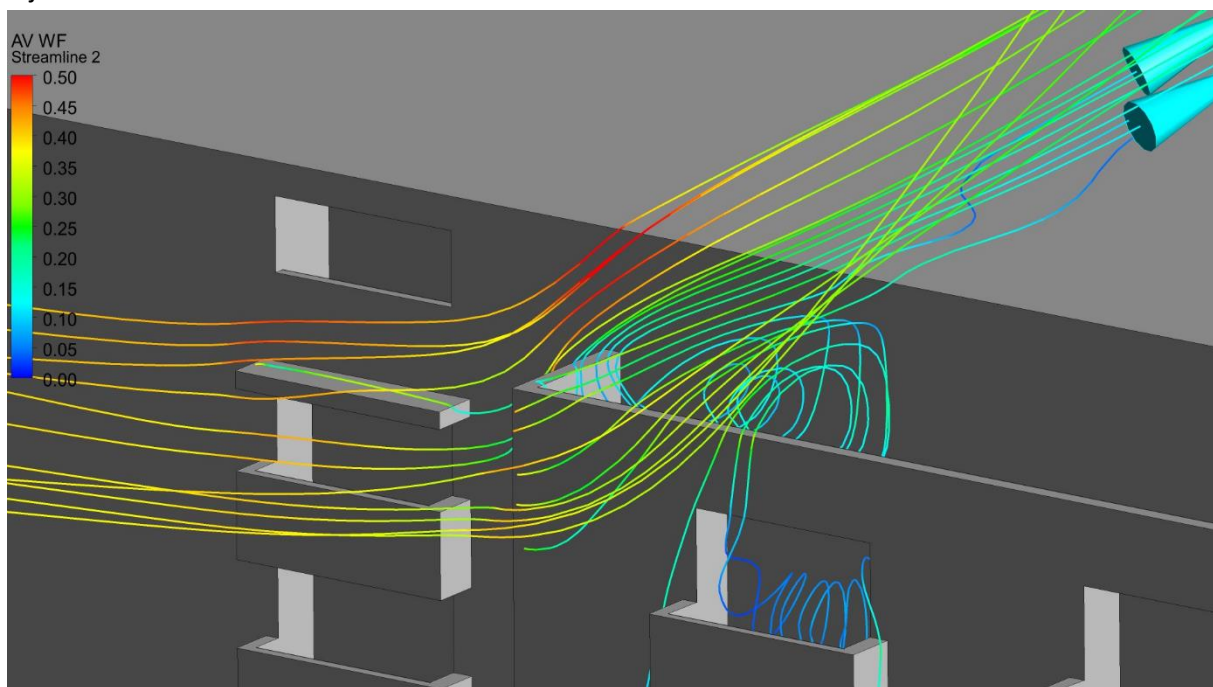
Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

Figuur 16: De NEN 8100 Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau (boven) en op 1 m boven de balkons (onder). De pijlen geven de ingangen aan.

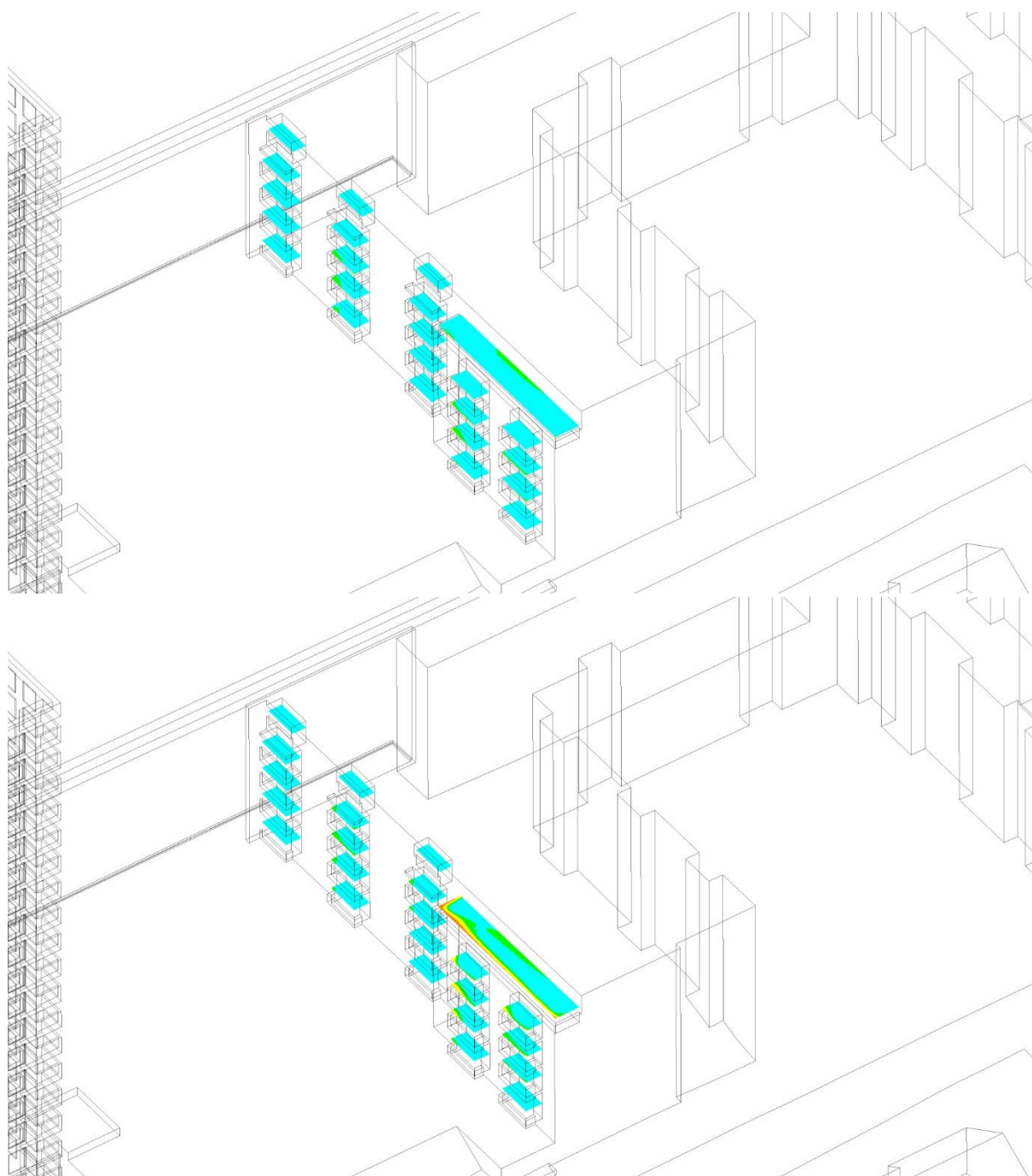
Op verzoek van de opdrachtgever is voor de balkons van naastgelegen complex Meander ook het windklimaat op 20 cm boven balustrade randen en 1.75m boven de balkons onderzocht. De NEN 8100 kent enkel een meethoogte van 1,75 m boven straatniveau, echter geeft dit niet een representatief beeld voor de functie van een balkon (activiteit langdurig zitten) en de bijbehorende windklasse. Gelet hierop is tevens het windklimaat op 20 cm boven de balkonschermen onderzocht.

Het windklimaat op 20 cm boven de balkonranden staat weergegeven in Figuur 18. Hierin is te zien dat de kwaliteitsklasse over het algemeen A is met wat uitzonderingen van kwaliteitsklasse B. Voor de activiteit langdurig zitten is dit een goed tot matig windklimaat.

Het windklimaat op 1.75m boven de balkons staat ook weergegeven in Figuur 18. Wat opvalt is dat ook op deze hoogte voornamelijk kwaliteitsklasse A geldt, dat is een goed windklimaat voor de activiteit slenteren. Er is echter een uitzondering voor de het grote balkon op de bovenste verdieping. Hier geldt voornamelijk kwaliteitsklasse A en B met kwaliteitsklasse C tot en met D langs de randen, dit is een goed tot slecht windklimaat voor de activiteit slenteren. De reden dat op deze hoek het windklimaat wat minder is heeft te maken met wind dat om het gebouw heen stroomt en dit balkon zich op de bovenste laag bevindt (zie Figuur 17). Geconcludeerd wordt dat het windklimaat ter plaatse van de balkons van complex Meander aansluit bij de functie van het balkon en de bijbehorende activiteit.



Figuur 17: Stroomlijnen van de lucht die langs de balustrade randen (windrichting 210).



Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	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

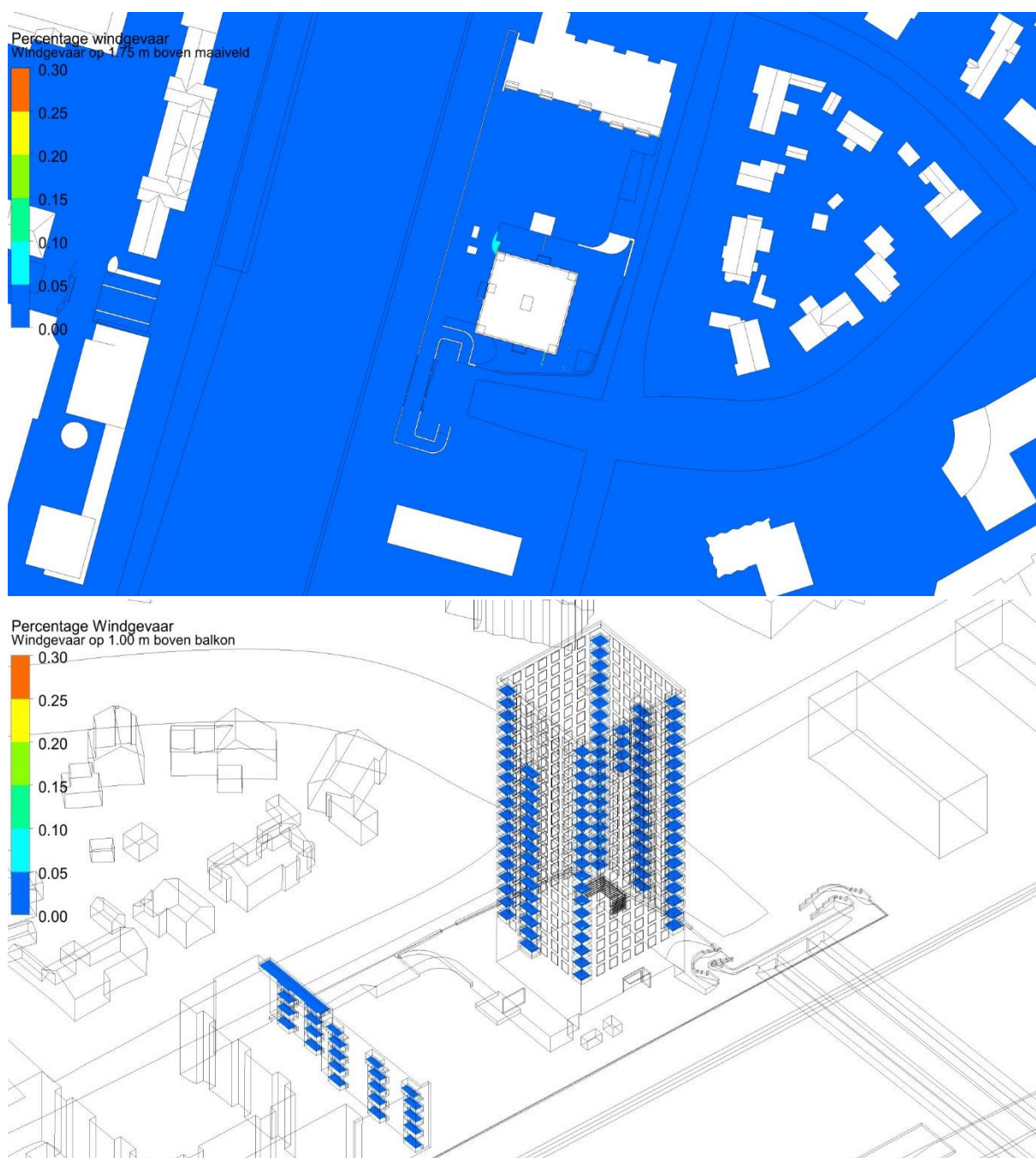
Figuur 18: De NEN 8100 Kwaliteitsklasse op 20 centimeter boven de balustrade rand (boven) en op 1.75 m boven de balkons (onder).

5.3 Windgevaar

In Figuur 19 wordt het percentage overschrijding van windgevaar op 1,75 m boven het grondvlak en op 1 m boven de balkons op jaarbasis weergegeven volgens de boordeling uit de NEN8100.

In de figuur is te zien dat op 1,75 m boven het maaiveld rondom de ontwikkeling de maximale overschrijdingskans van 0,30% voor windgevaar niet wordt overschreden. Er is een gebied langs de hoek van de Roertoren waar de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is. Als in deze gebieden de activiteit Doorlopen geldt, dan wordt voldaan aan de voorwaarden uit de NEN 8100. De gebieden met een beperkt risico op windgevaar zijn komen te vervallen op een kleine plek aan de noordoostzijde na.

In de figuur is te zien dat op 1 m boven de balkons de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is (dit geldt voor 0.5% van de balkon oppervlakken). Dit is boven de balkons op zuidoost hoek van de Roertoren. Door de balkons aan een zijde met een windscherm dicht te zetten kan dit worden voorkomen.



Figuur 19: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven de grondvlakken (boven) en op 1 m boven de balkons (onder).

6 Samenvatting

Op verzoek van Aveco de Bondt is een windonderzoek uitgevoerd voor de ontwikkeling Roertoren, te Roermond. De ontwikkeling is een woontoren van rond de 70 meter hoog met een verbinding naar de naastgelegen parkeergarage middels een luifel.

Het lokale windklimaat is voor de nieuwe situatie inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN8100 (1). Verder is de invloed van maatregelen op het windklimaat onderzocht.

Initiële resultaten

Op basis van de initiële resultaten is het volgende vast te stellen met betrekking tot windhinder:

- Windrichting 210 en 240 leveren de grootste bijdrage aan het aantal uren overschrijding van de drempelwaarde voor windhinder. Dit komt omdat deze windrichtingen per jaar het meest voorkomen.
- Nabij de ingangen en in de directe omgeving van de Roertoren geldt vooral kwaliteitsklasse A en B. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit Langdurig zitten.
- Nabij de ingang van de parkeergarage geldt echter kwaliteitsklasse C tot D.
- In de omgeving van de Roertoren zijn voornamelijk kwaliteitsklasse C en D zichtbaar. Dit is een goed tot matig klimaat voor de activiteit Doorlopen.
- Aan de westkant van de Roertoren aan de Spoorlaan Noord is voornamelijk kwaliteitsklasse C te zien met een plek van kwaliteitsklasse D nabij de hoogbouw. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit Doorlopen.
- Het gebied met kwaliteitsklasse D (en stukjes E) op de Spoorlaan Noord, richting de entree van de Roertoren en boven het dak van parkeergarage Stationspark wordt veroorzaakt door drie effecten.
 1. Het relatief open terrein rond de Roertoren zorgt er in het algemeen voor dat de wind versnelt en de kwaliteit van het windklimaat afneemt.
 2. In het algemeen zorgt een hoog gebouw in een relatief open terrein voor een versnelling van lucht langs de hoeken van het gebouw nabij het maaiveld.
 3. Het appartementencomplex ten noorden van de Roertoren draagt bij aan een versnelling van de lucht boven parkeergarage Stationspark omdat het doorstroomoppervlak van de lucht hier wordt vernauwd.
- Aan de oostzijde van de Roertoren aan de Maria Theresialaan is voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met D waarneembaar, maar ook een plek van kwaliteitsklasse E. Dit is een matig tot slecht windklimaat voor de activiteit Doorlopen. Dit lokale windklimaat wordt veroorzaakt door de eerste twee effecten eerder omschreven.
- Aan de zuidzijde van de Roertoren op de Oranjelaan is voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met C waarneembaar, met een plek van kwaliteitsklasse D op het kruispunt.
- Op de trappen aan beide zijdes van de tunnelingang zijn voornamelijk kwaliteitsklassen A tot en met C waarneembaar. Dit is een goed tot matig klimaat voor de activiteit Slenteren.

- Op de balkons van de Roertoren is voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar. Daarnaast zijn er een aantal balkons met kwaliteitsklasse C en D. Echter, op deze balkons zijn nabij de gevel ook plekken met kwaliteitsklasse A, waar men in de luwte kan zitten.

Op basis van de initiële resultaten is het volgende vast te stellen met betrekking tot windgevaar:

- Op 1,75 m boven het maaiveld rondom de ontwikkeling wordt de maximale overschrijdingskans van 0,30% voor windgevaar niet overschreden.
- Er zijn langs de hoeken van de Roertoren twee gebieden waar de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is. Als in deze gebieden de activiteit Doorlopen geldt, dan wordt voldaan aan de voorwaarden uit de NEN 8100.
- Windgevaar komt niet voor op de balkons van de Roertoren.

Resultaten na het nemen van Maatregelen

De volgende maatregelen zijn genomen om het windklimaat te verbeteren:

1. Aan de zuidoostelijke hoek is een pergola met lamellen dak en lamellen wand met bladvast groen in het model opgenomen.
2. Daarnaast zijn aan de Spoorlaan Noord grote blijvende bomen en bomen met bladvast groen in het model opgenomen.
3. Bij de hoofdingang van het gebouw aan de Spoorlaan Noord en bij de hoofdingang van de Parkeergarage Stationspark zijn Windschermen geplaatst.
4. De balkons ten noorden van de Roertoren aan de Spoorlaan Noord zijn in detail meegenomen.

Dit resulteerde in de volgende resultaten met betrekking tot windhinder:

- Op de hoek van de Roertoren ter hoogte van de pergola geldt Kwaliteitsklasse A tot en met D, wat een goed tot matig windklimaat is voor de activiteit doorlopen. Hier was voorheen kwaliteitsklasse A tot en met D waarneembaar, met een pluk van kwaliteitsklasse E.
- Rond het kruispunt van de Oranjelaan en de Maria Theresalaan geldt voornamelijk kwaliteitsklasse C tot en met D, dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit doorlopen. Hier was eerst kwaliteitsklasse C tot en met E waarneembaar.
- Op en rond de Spoorlaan Noord geldt kwaliteitsklasse A tot en met D, dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit doorlopen, met een plek van kwaliteitsklasse E tussen het transformator huisje en de toren. Dit was voorheen kwaliteitsklasse B tot en met D, met hetzelfde plekje tussen de toren en het transformator huisje.
- Nabij de garage ingang geldt kwaliteitsklasse A tot en met C, dat is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren.
- Nabij de hoofdingang van de roertoren geldt voornamelijk kwaliteitsklasse A tot en met C, dat is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren.
- Op de balkons aan de Spoorlaan geldt overal kwaliteitsklasse A, wat een goed windklimaat is voor de activiteit langdurig zitten.

Dit leidde tot de volgende resultaten met betrekking tot windgevaar:

- Er is een gebied langs de hoek van de Roertoren waar de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is. Als in deze gebieden de activiteit Doorlopen geldt, dan wordt voldaan aan de voorwaarden uit de NEN 8100.
- Te zien is te zien dat op 1 m boven de balkons de overschrijdingskans voor windgevaar tussen de 0,05% en 0,30% is (dit geldt voor 0,5% van de balkon oppervlakken). Dit is boven de balkons op zuidoost hoek van de Roertoren. of de balkons aan een zijde met een windscherm dicht te zetten kan dit worden voorkomen.

Verondersteld kan worden, dan in algemene zin de maatregelen een positief effect hebben op het windklimaat.

Op verzoek van de opdrachtgever is ook het windklimaat op 20 cm boven de balustrade randen en 1.75m boven de balkons van het appartementencomplex Meander onderzocht.

Het windklimaat op 20 cm boven de balustrade is over het algemeen kwaliteitsklasse A met wat uitzonderingen van kwaliteitsklasse B. Voor de activiteit langdurig zitten is dit een goed tot matig windklimaat.

Het windklimaat op 1.75m boven de balkons is ook voornamelijk kwaliteitsklasse A, dat is een goed windklimaat voor de activiteit slenteren. Er is echter een uitzondering voor de het grote balkon op de bovenste verdieping. Hier geldt voornamelijk kwaliteitsklasse A en B met kwaliteitsklasse C tot en met D langs de randen, dit is een goed tot slecht windklimaat voor de activiteit slenteren. De reden dat op deze hoek het windklimaat wat minder is, heeft te maken met wind dat om het gebouw heen stroomt en dit balkon zich op de bovenste laag bevindt.

Referenties

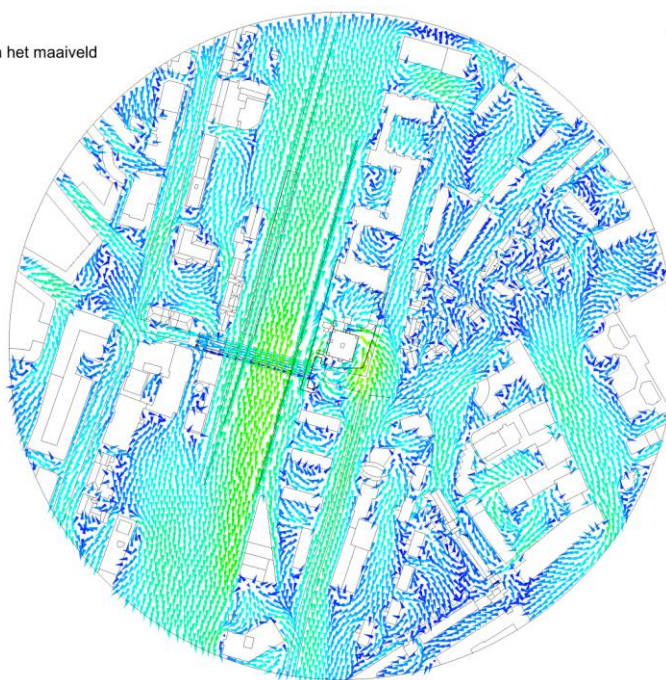
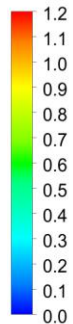
1. NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2006.
2. *Actueel Hoogtebestand Nederland*. [Online] <https://www.ahn.nl/en>.
3. 3D Geoinformation research group. <https://3dbag.nl/>. [Online]
4. Troen, Ib and Petersen, Erik Lundtang. *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*. Risoe , Denmark : Risoe National Laboratory, 1991. ISBN 87-550-1482-8.
5. Nederlandse Normalisatie-instituut. *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Delft : s.n., 2006. NPR 6097.
6. *Modeling vegetation in Wind Engineering wind tunnel studies*. Gromke, C. Shanghai, China : The Seventh International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications (BBAA7), 2012.
7. NEN 6098 Smoke control systems for powered smoke exhaust ventilators in car parks. Delft, The Netherlands : Nederlands Normalisatie-instituut, February 2012.
8. BS 7346-7:2013. *Components for smoke and heat control systems - Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks*. s.l. : BSi British Standards, 2013.
9. BRE. *Fire spread in car parks*. London : Department for Communities and Local Government, 2010. BD2552.
10. TNO Fire Safety Centre. *The effectiveness of thrust ventilation in closed car parks: Fire tests and simulation*. Den Haag : TNO, June 1999. 1999-CVB-R1442/OEN/LRP.
11. NBN CEN TC191. *Fire protection in buildings - Design of smoke and heat exhaust ventilation systems (SHEV) for enclosed car*. Brussel : Bureau voor Normalisatie, 2014. NBN S 21-208-2.
12. CTICM. *Demonstration of real fire tests in car parks and high buildings*. Saint-Remy-Les-Chevreuse, : Department Incendie et Essais, March 2002. INC - 01/410b - DJ/NB..

Bijlage A – CFD simulatieresultaten per windrichting

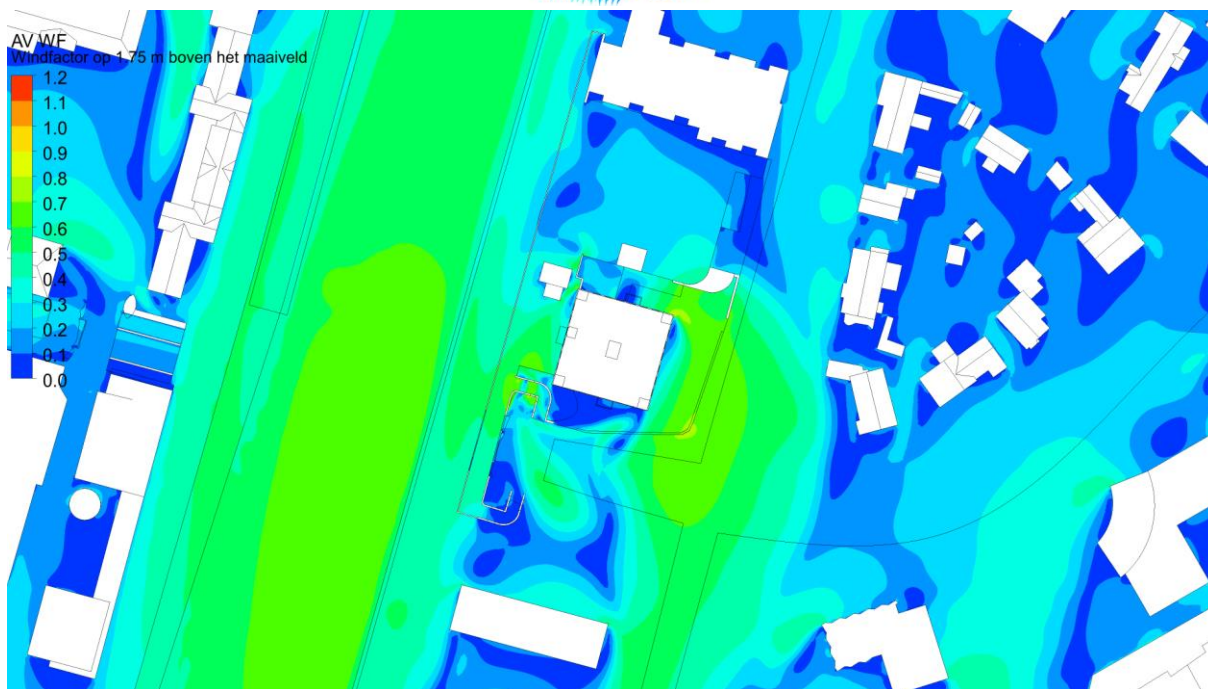
Op de volgende pagina's worden de CFD simulatieresultaten per windrichting weergegeven op 1,75 m boven het grondvlak. Voor iedere windrichting is het volgende weergegeven:

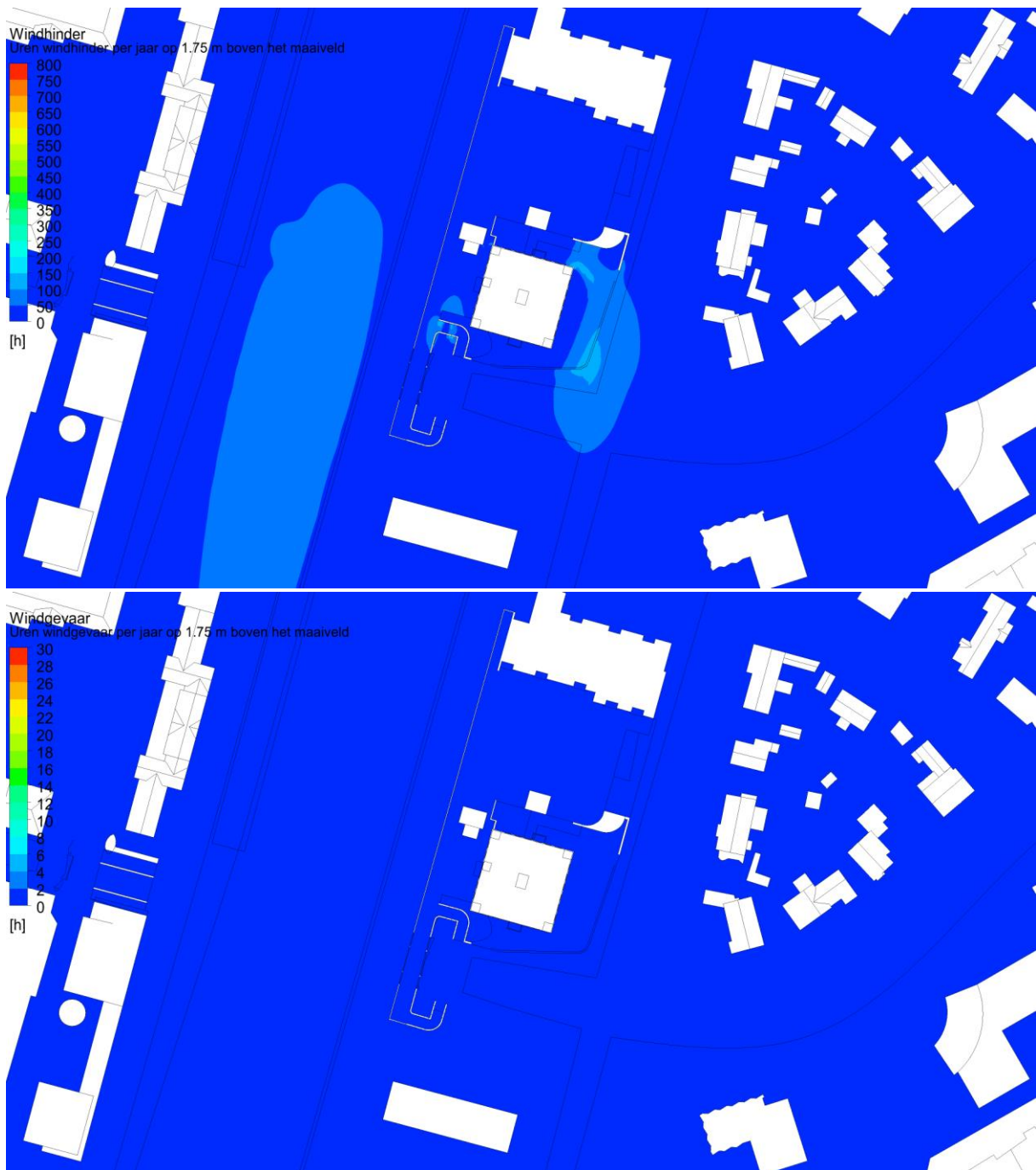
- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windhinder per jaar
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windgevaar per jaar

AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

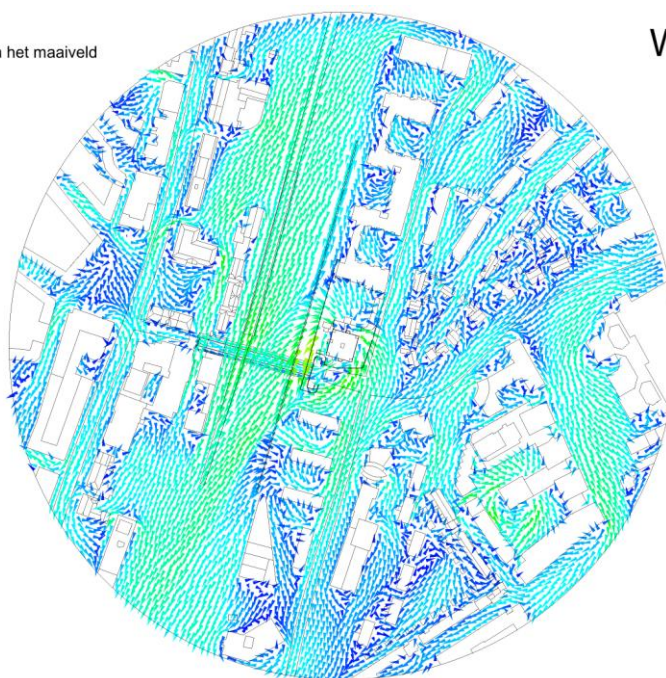
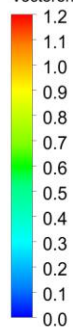


Windrichting = 0

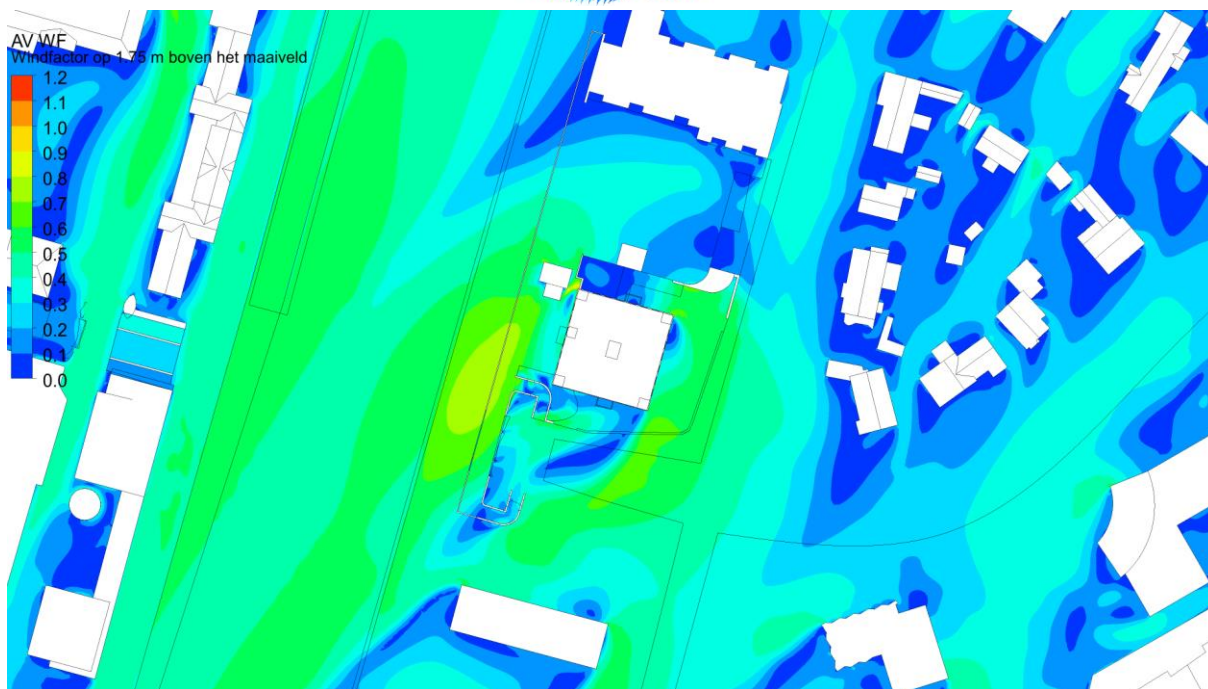


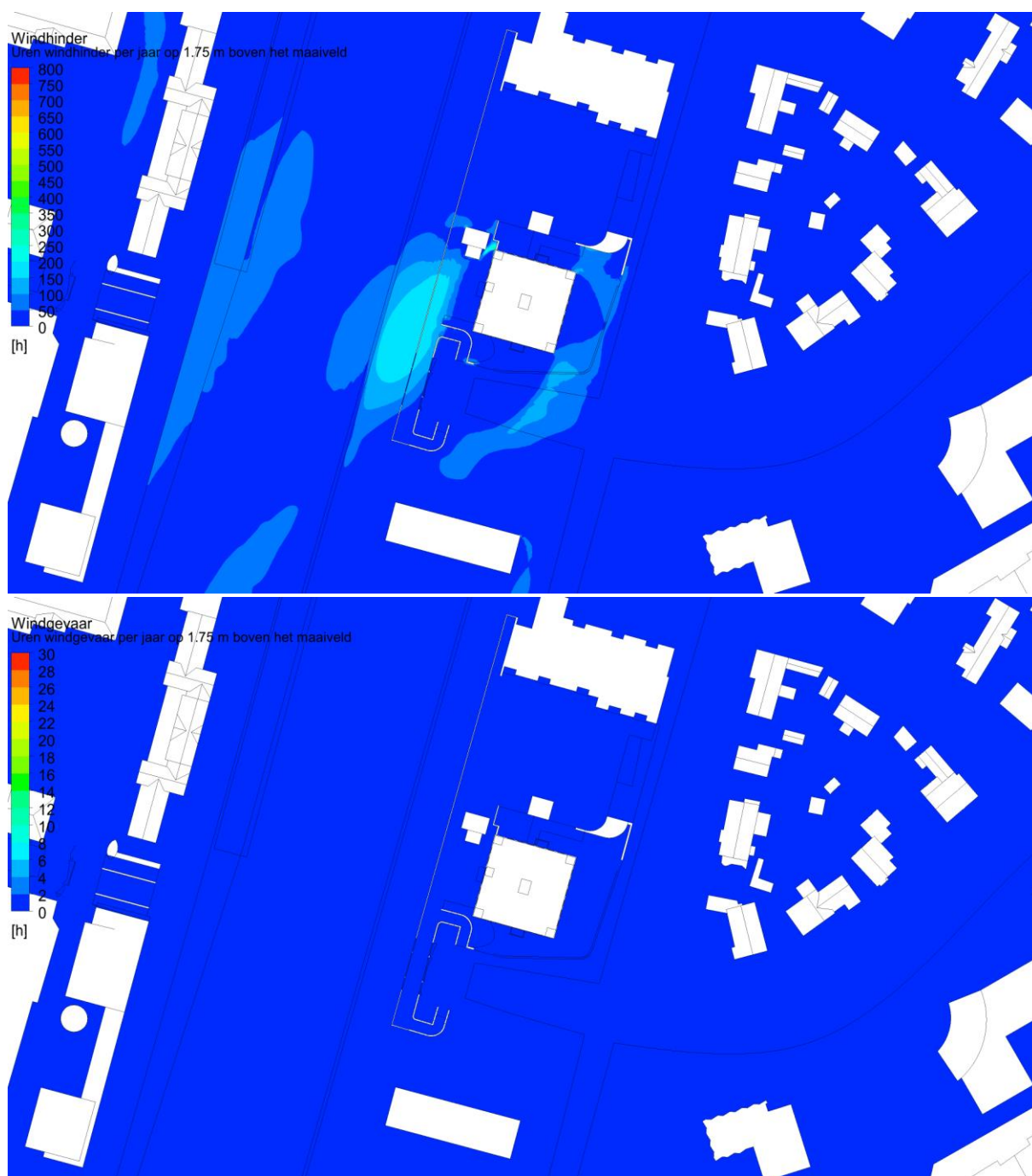


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

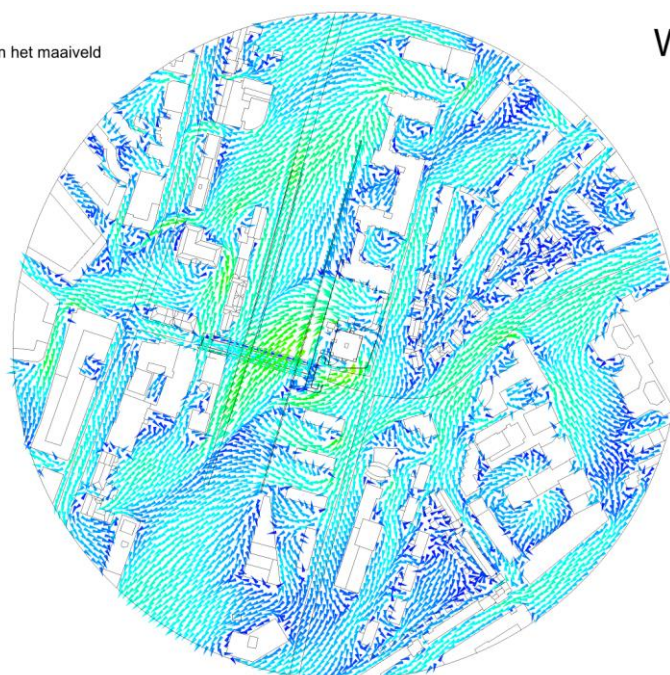
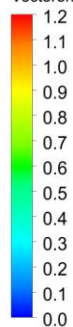


Windrichting = 30

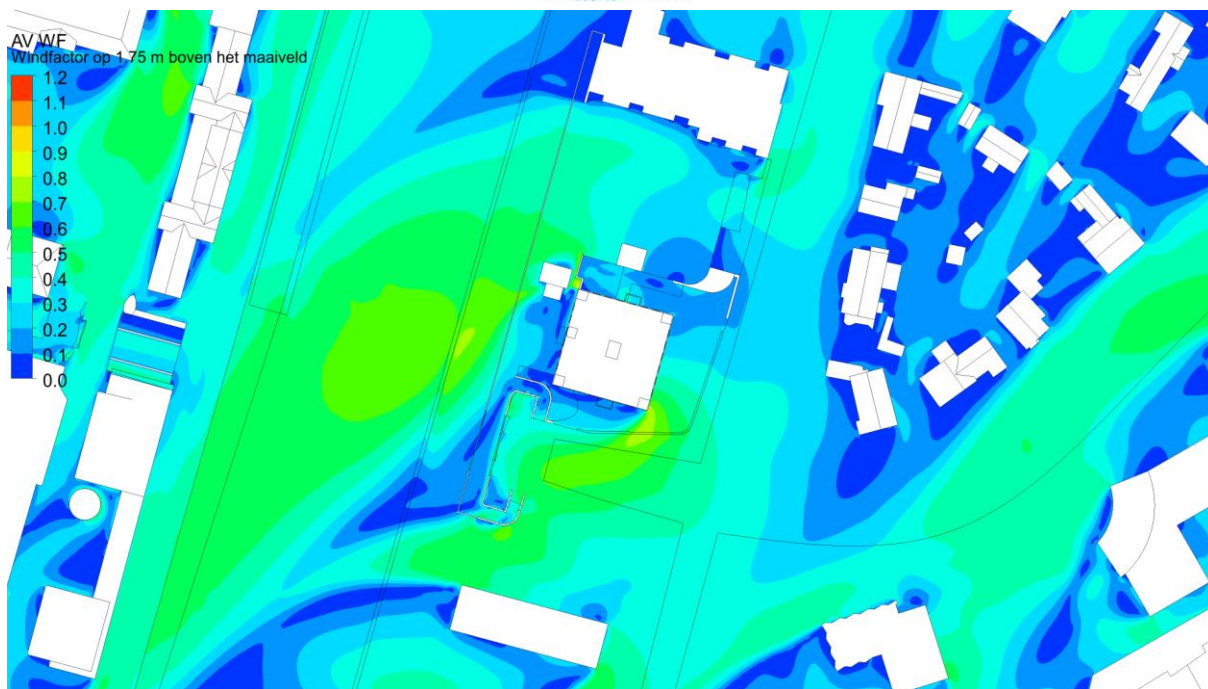


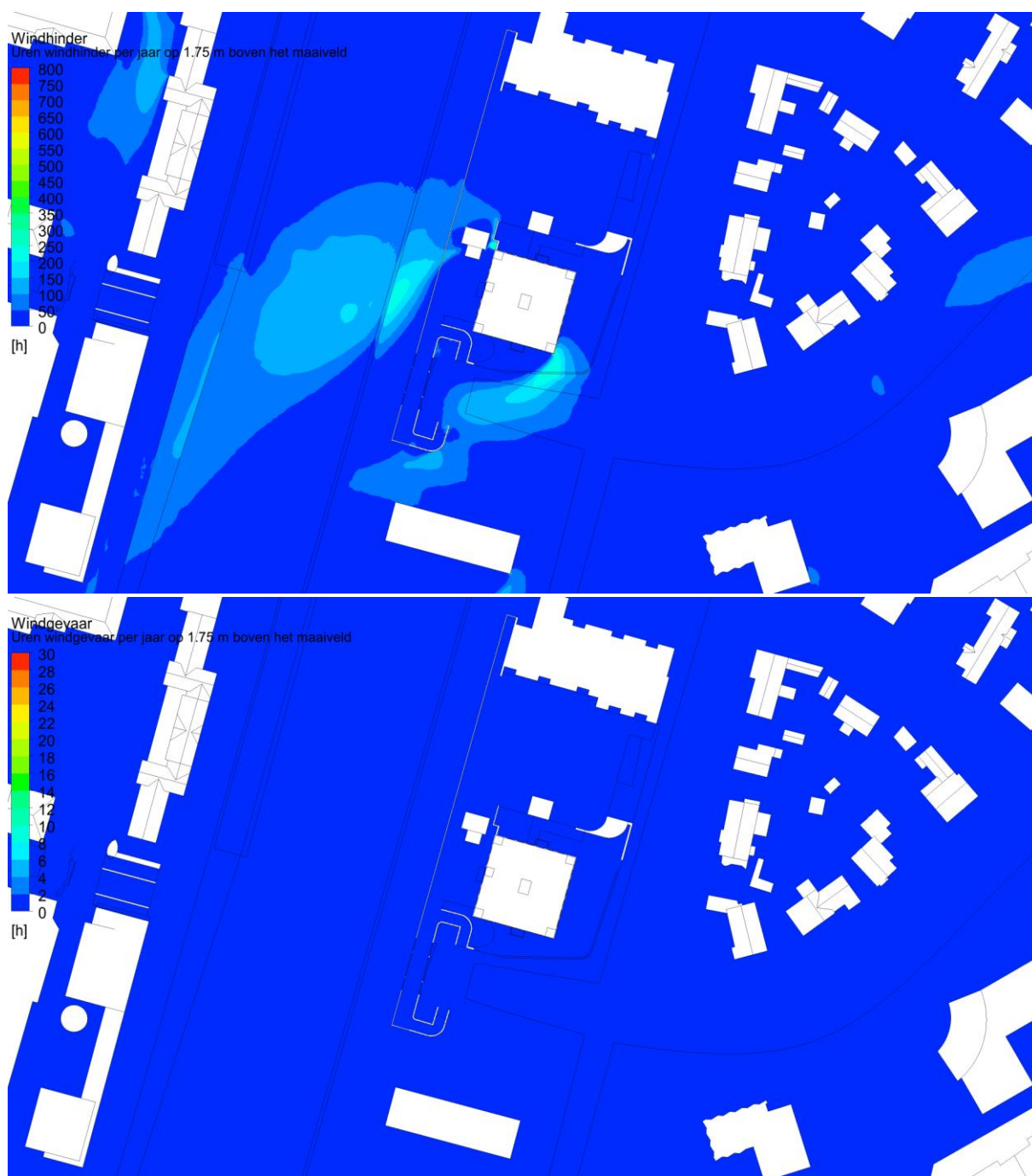


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

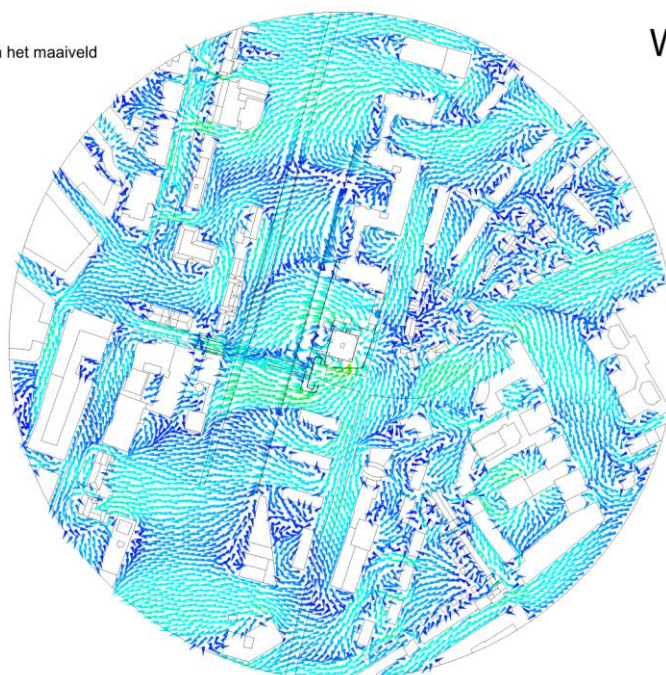
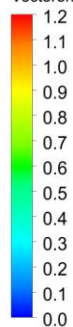


Windrichting = 60

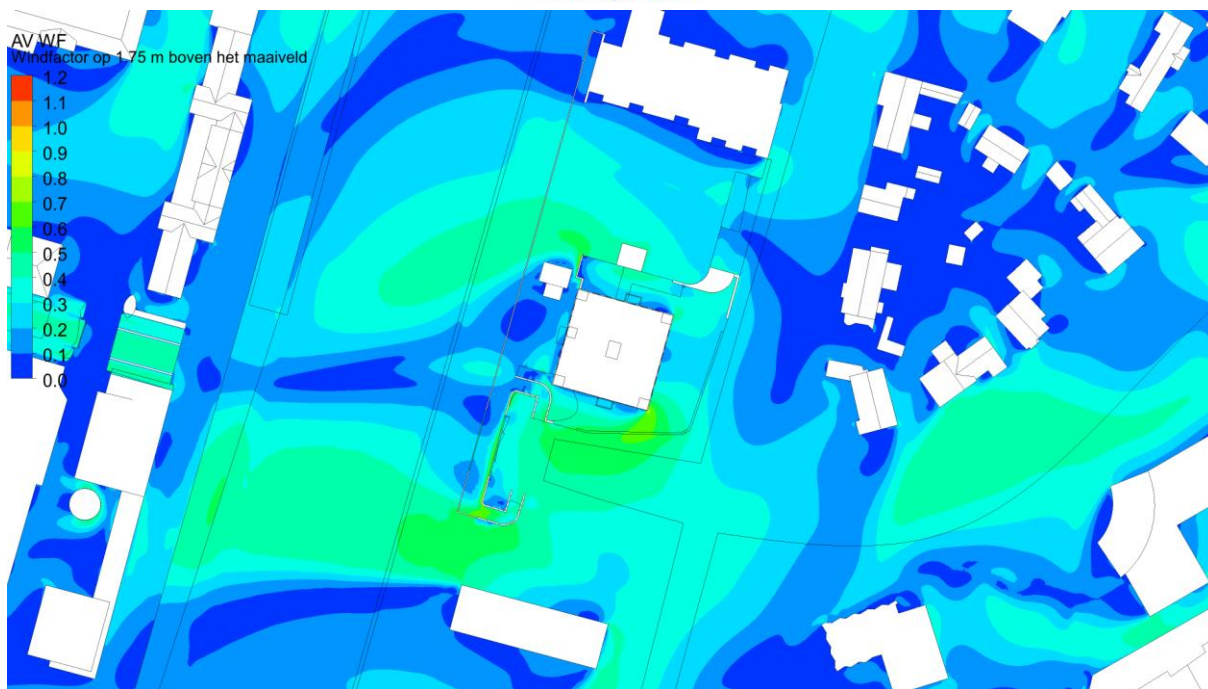


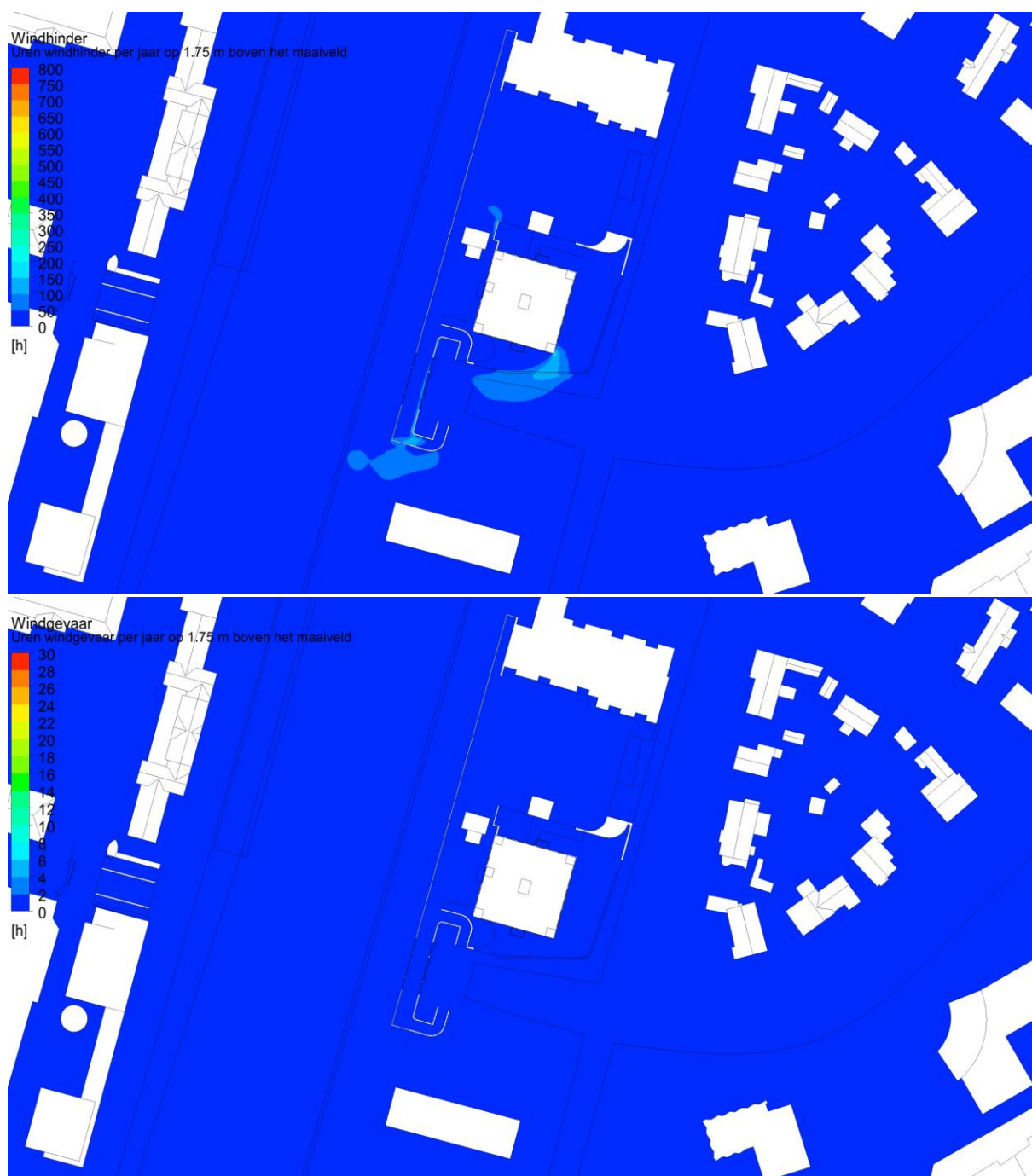


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

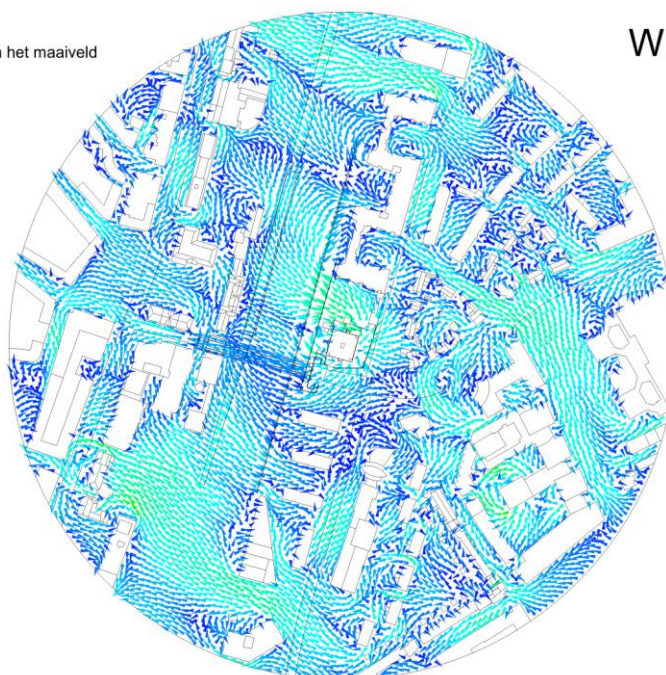
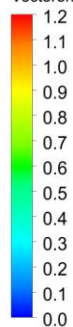


Windrichting = 90

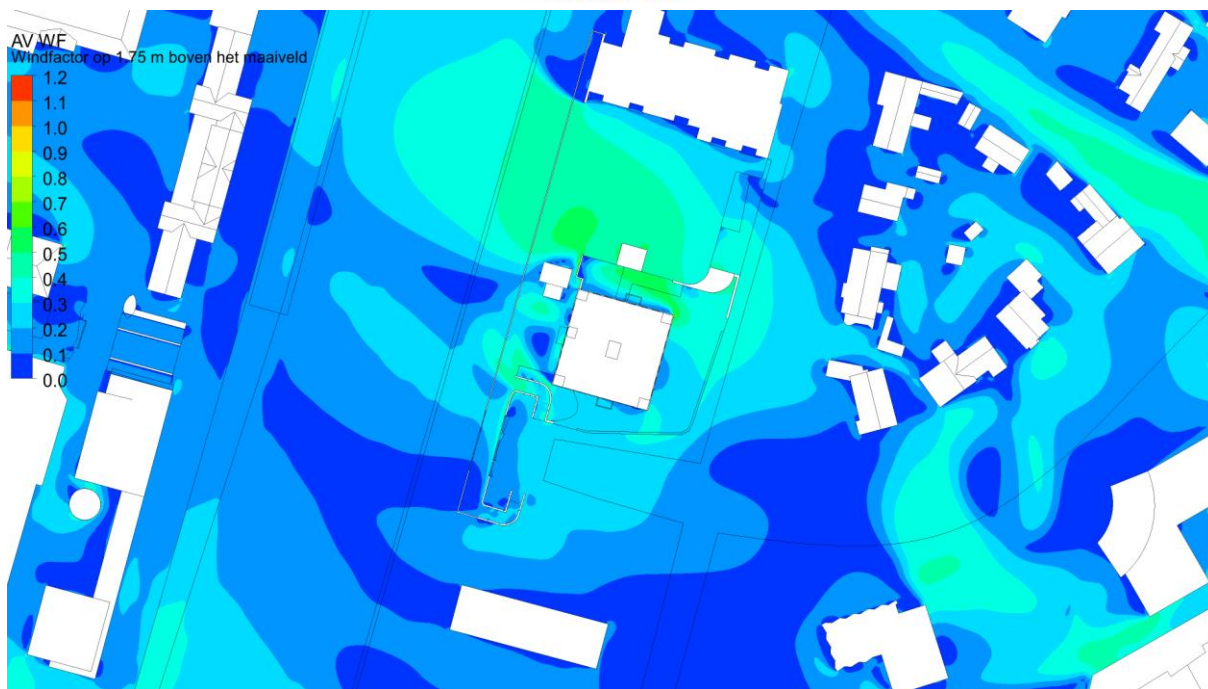


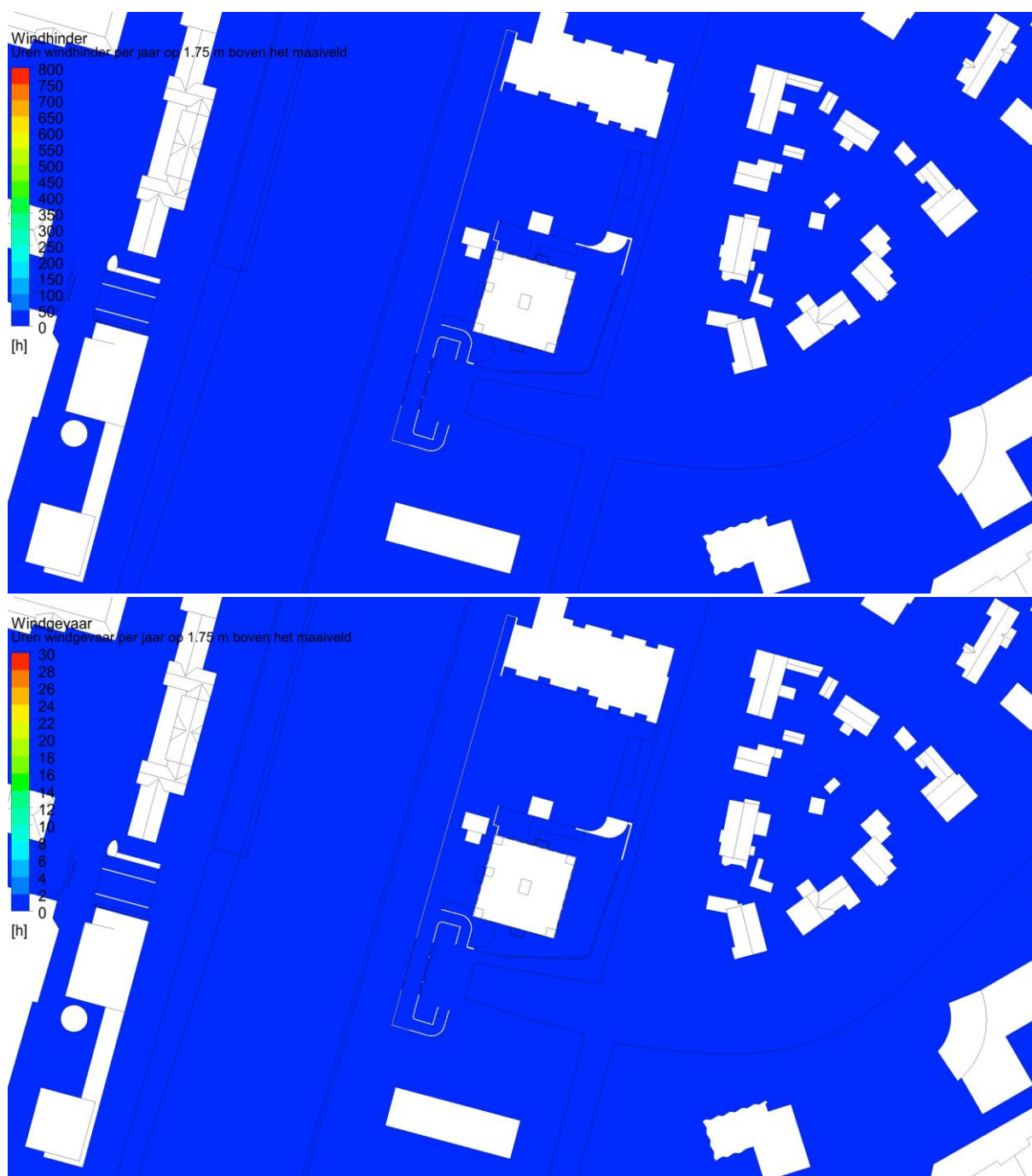


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

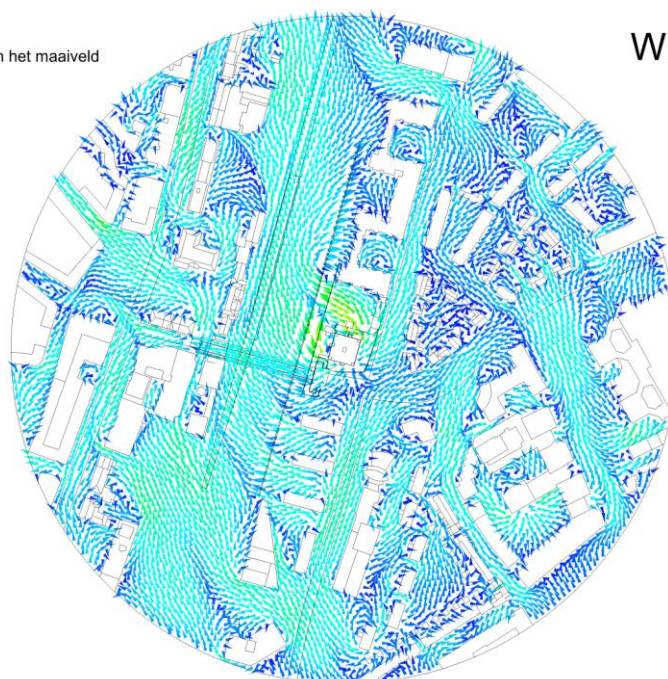
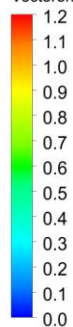


Windrichting = 120

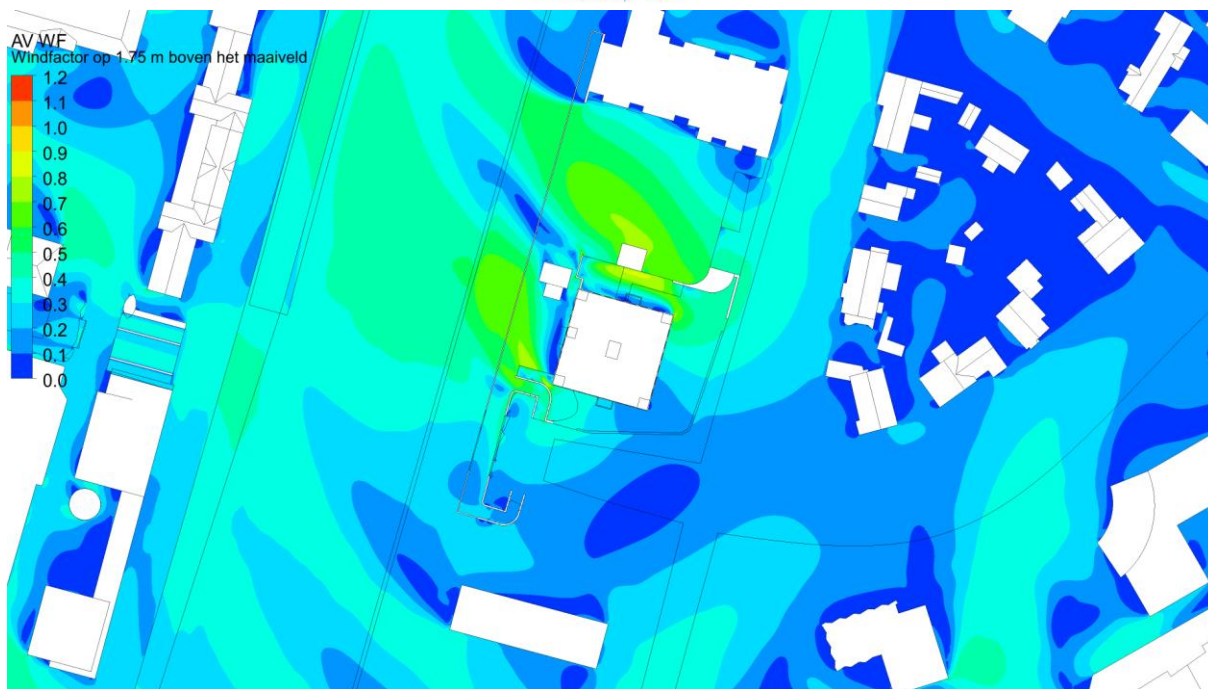


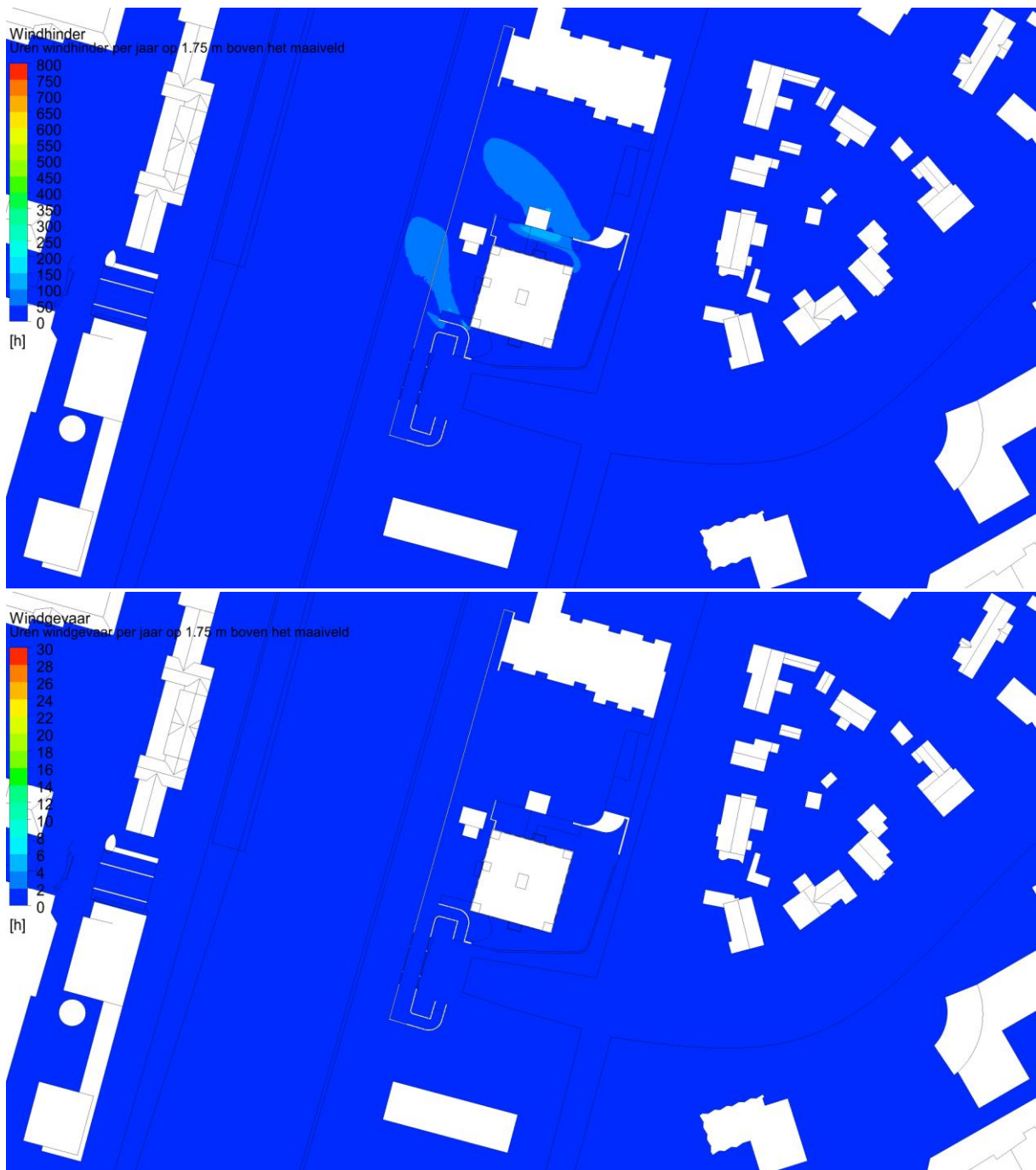


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

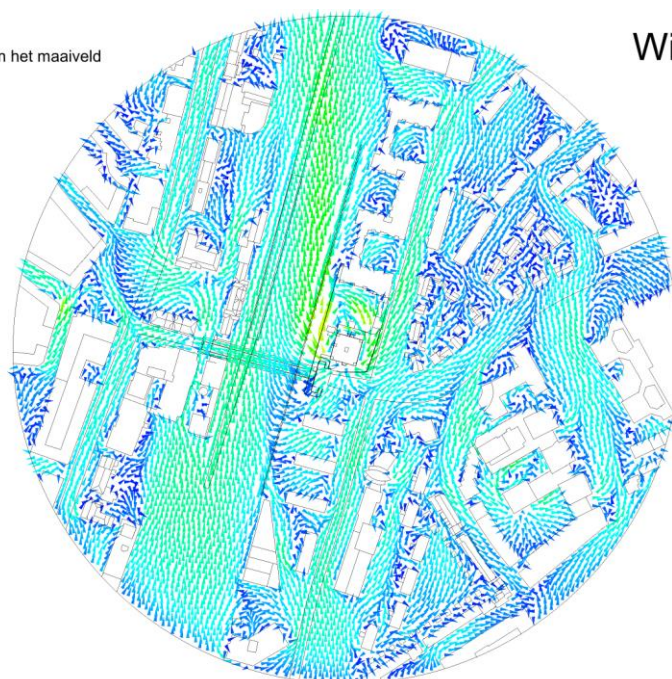
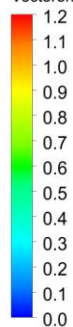


Windrichting = 150

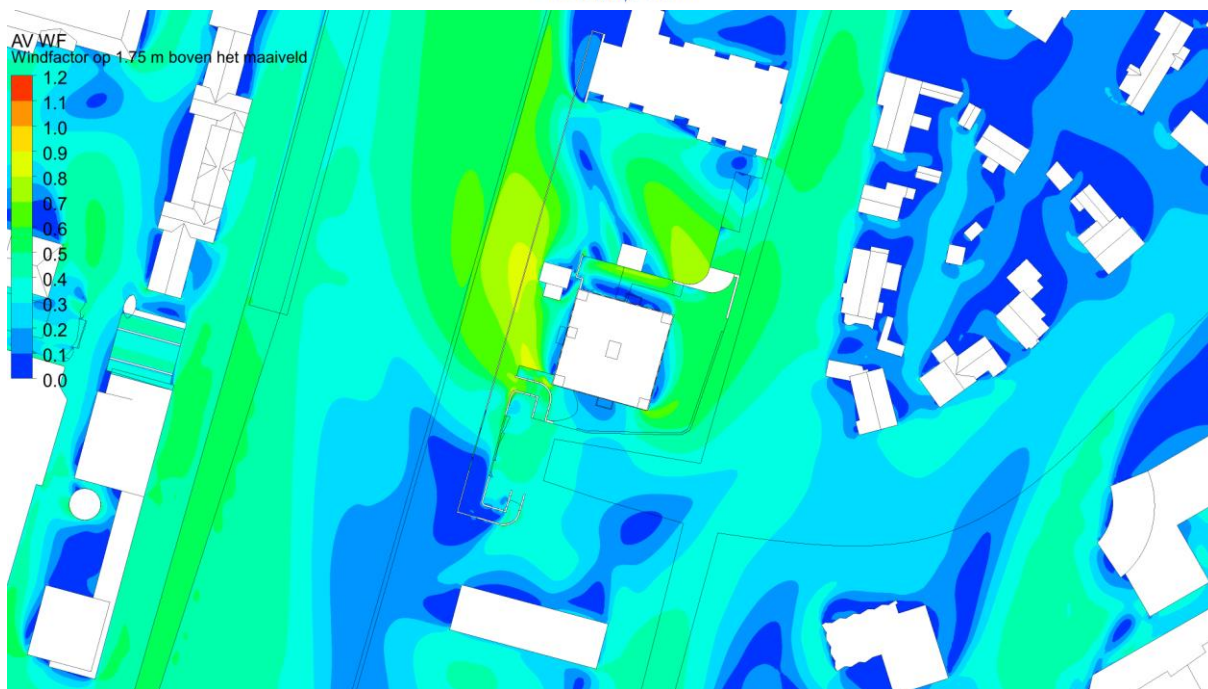


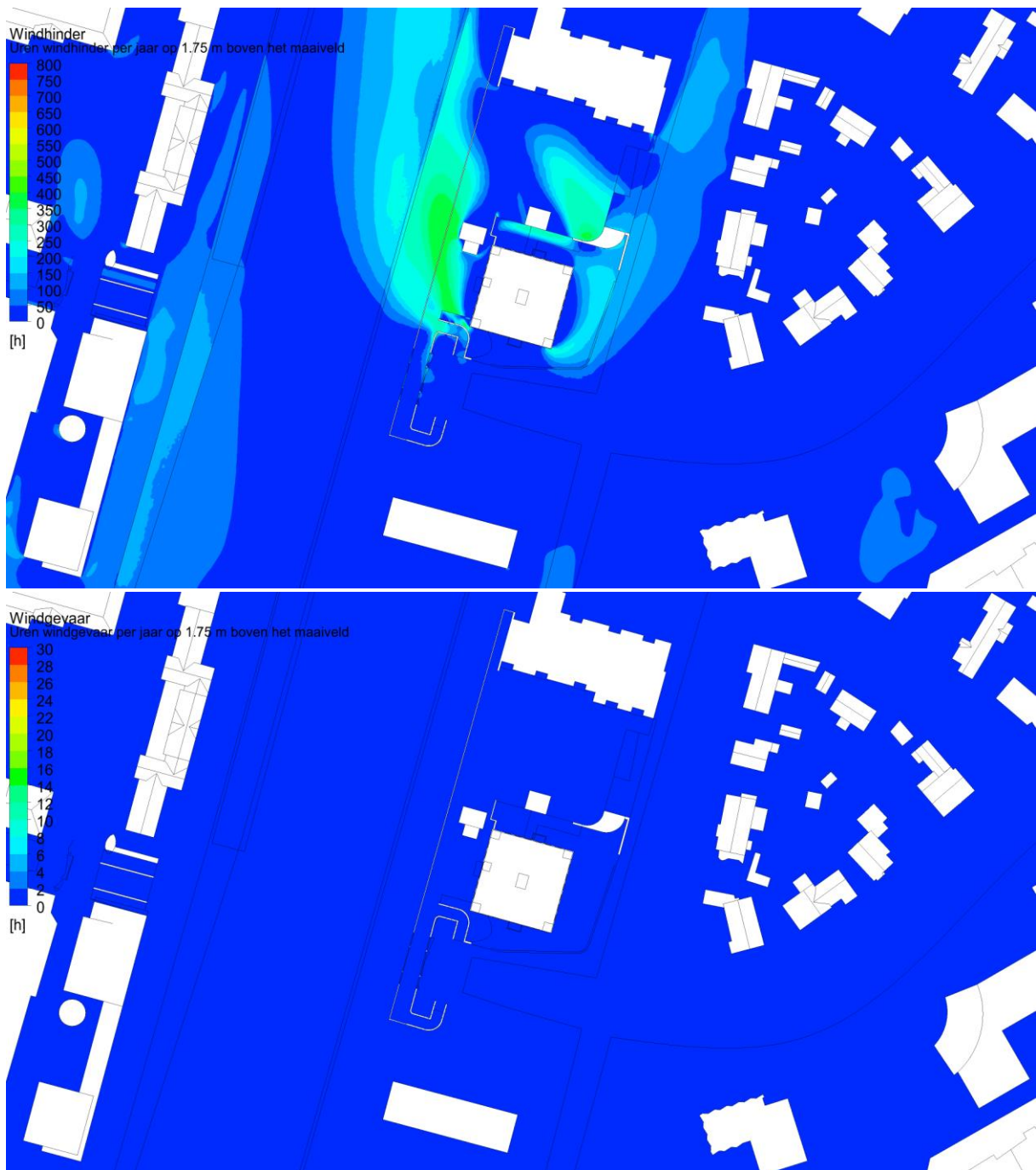


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

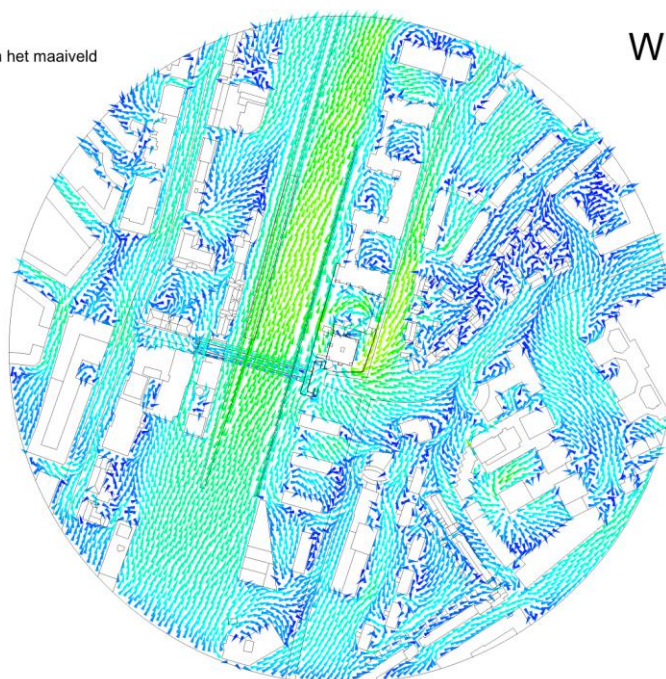
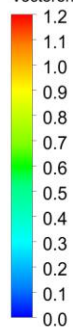


Windrichting = 180

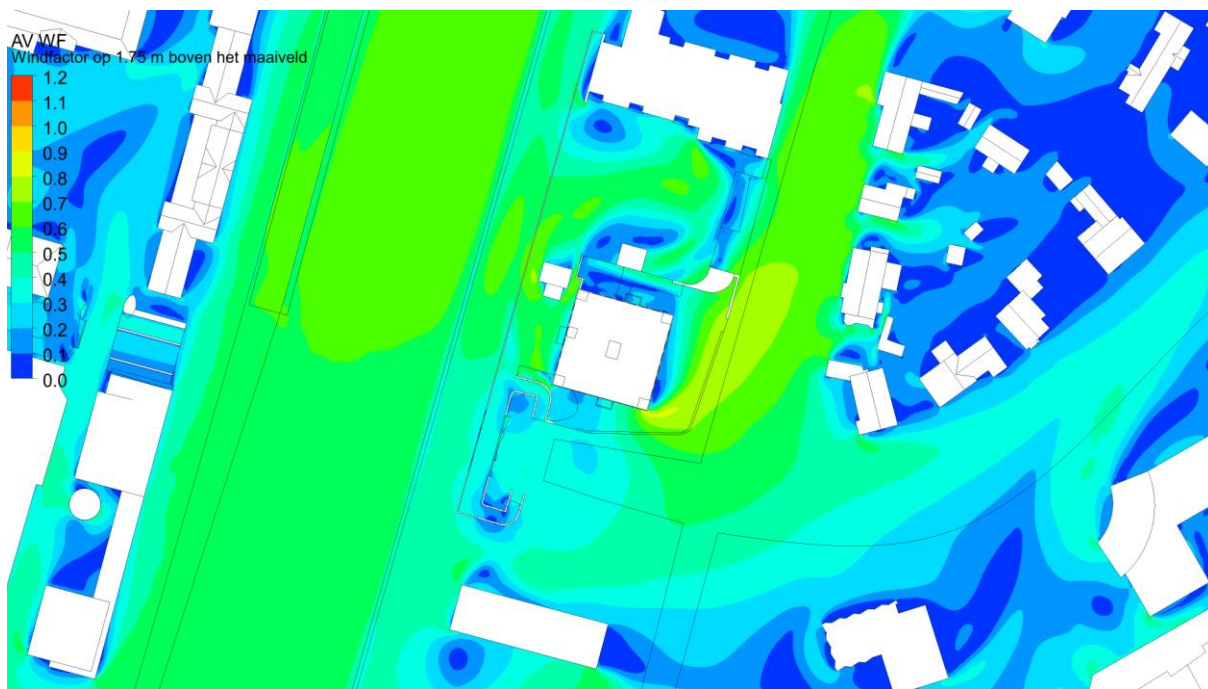


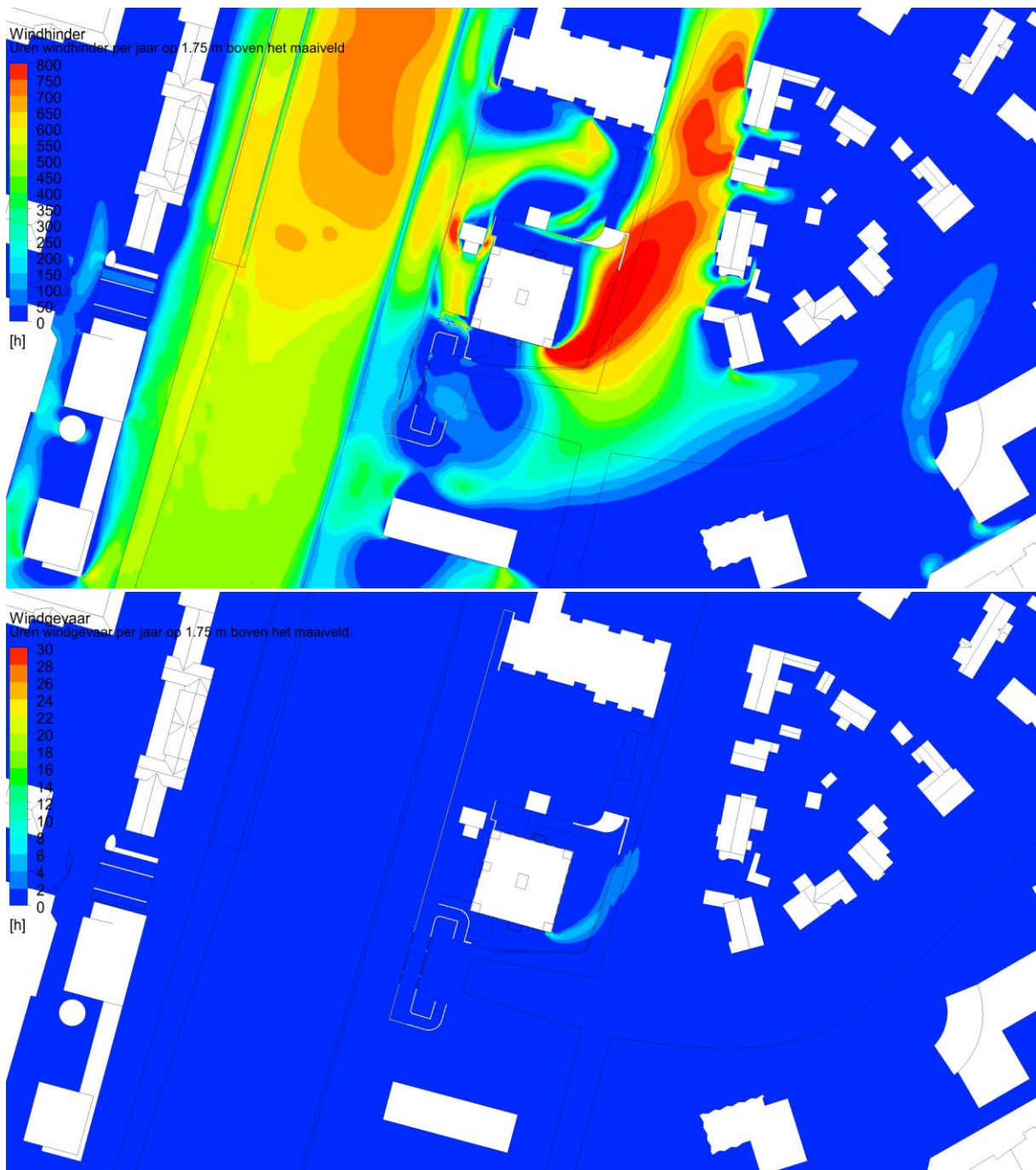


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

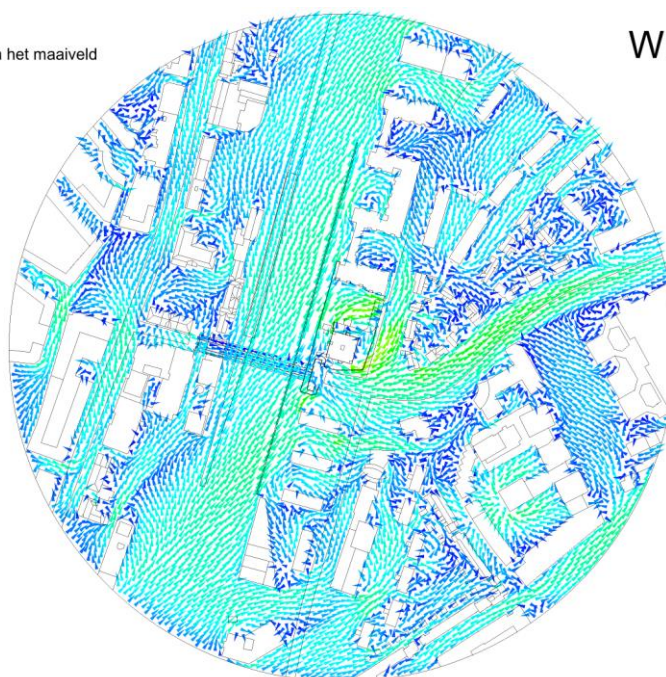
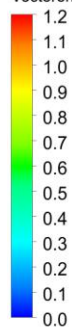


Windrichting = 210

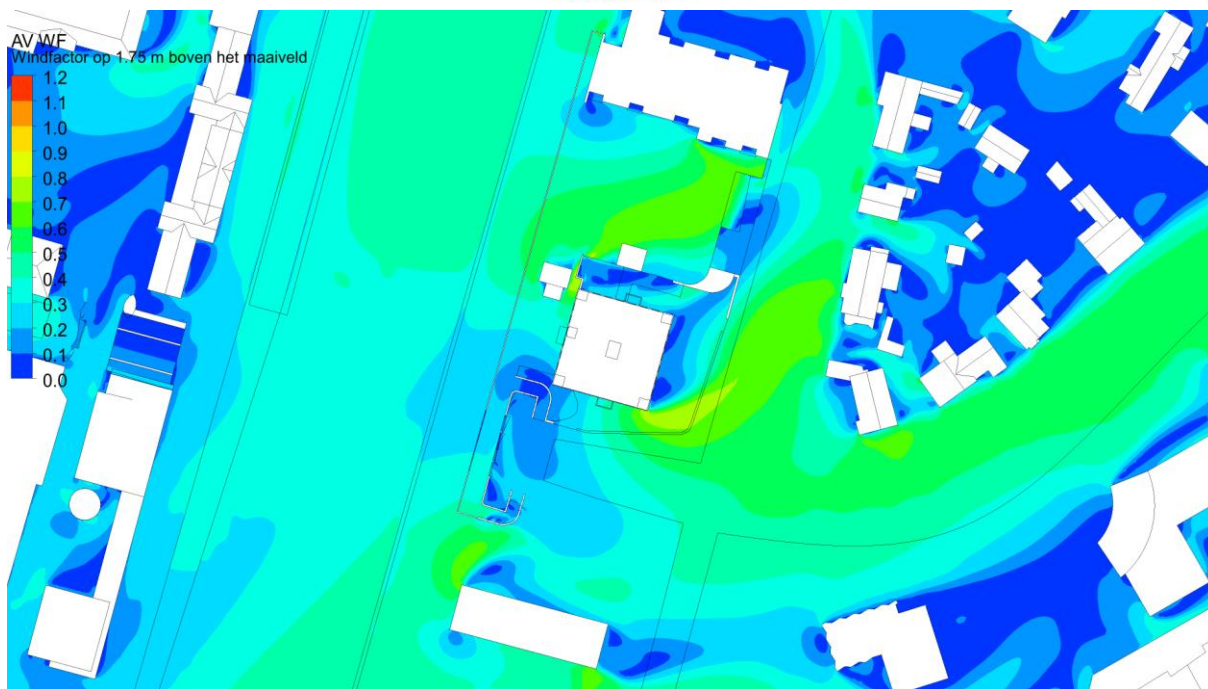


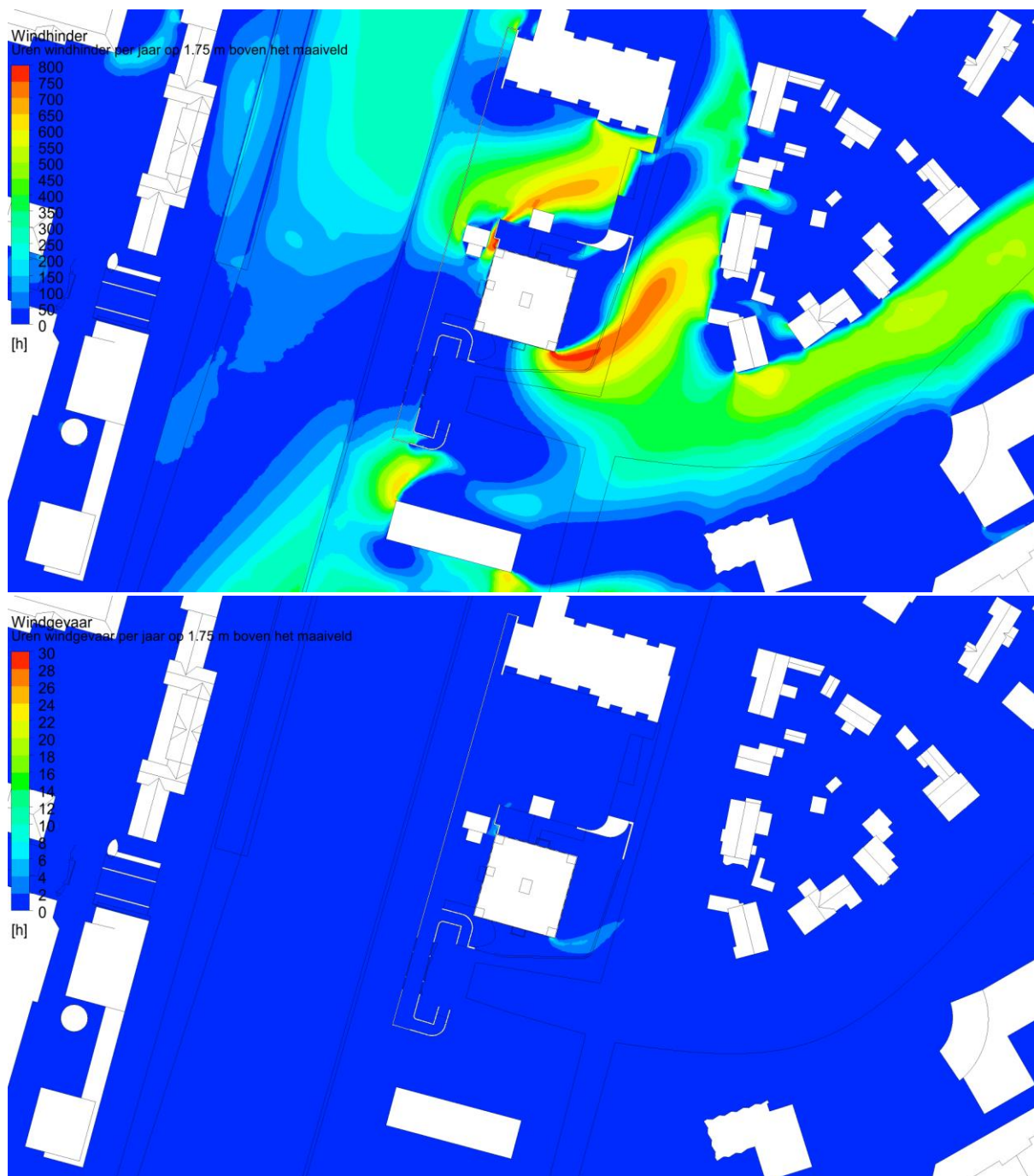


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

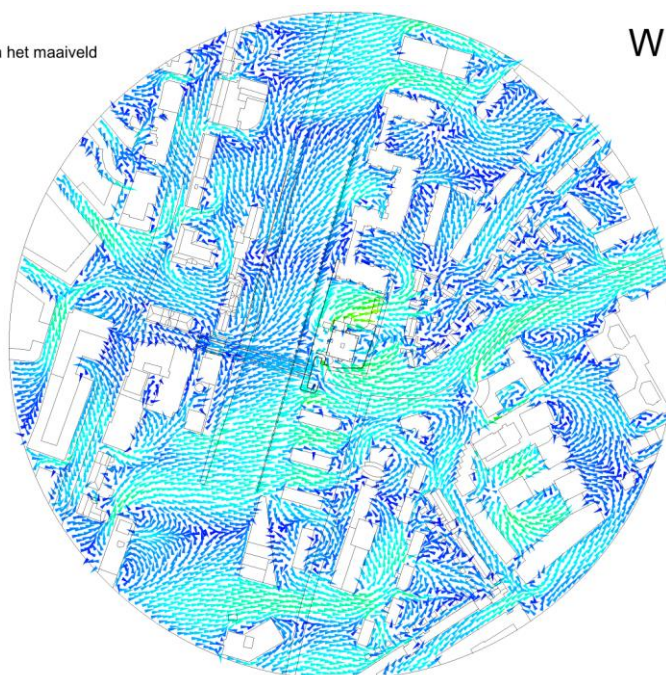
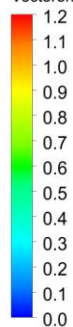


Windrichting = 240

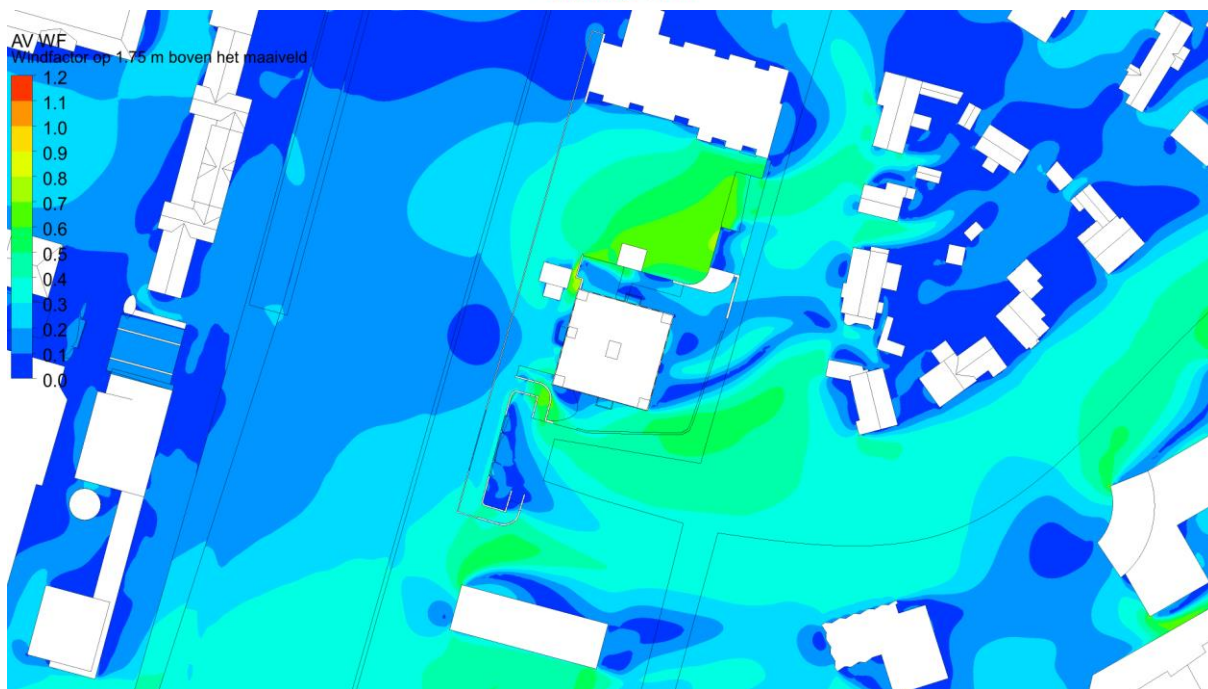


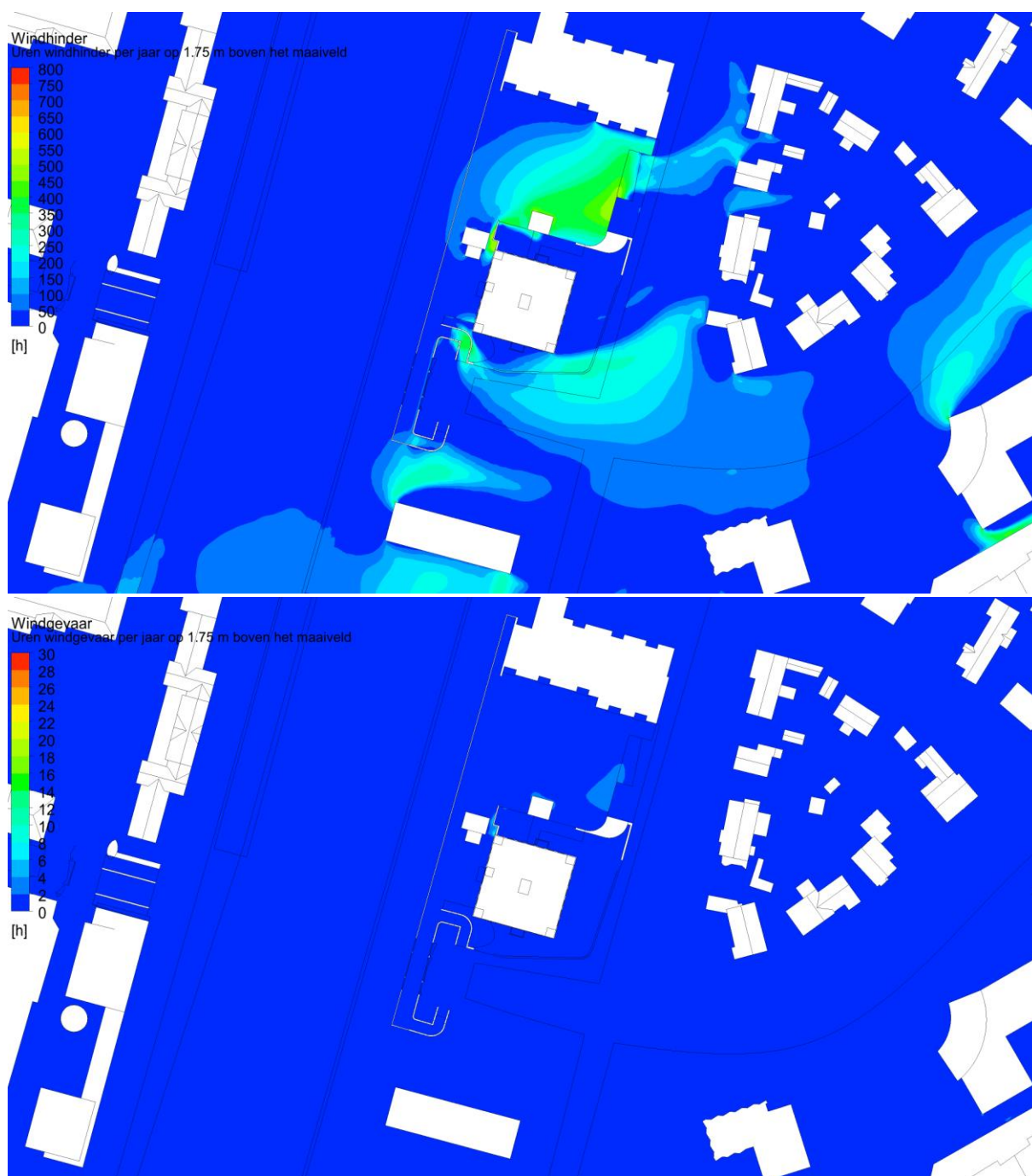


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

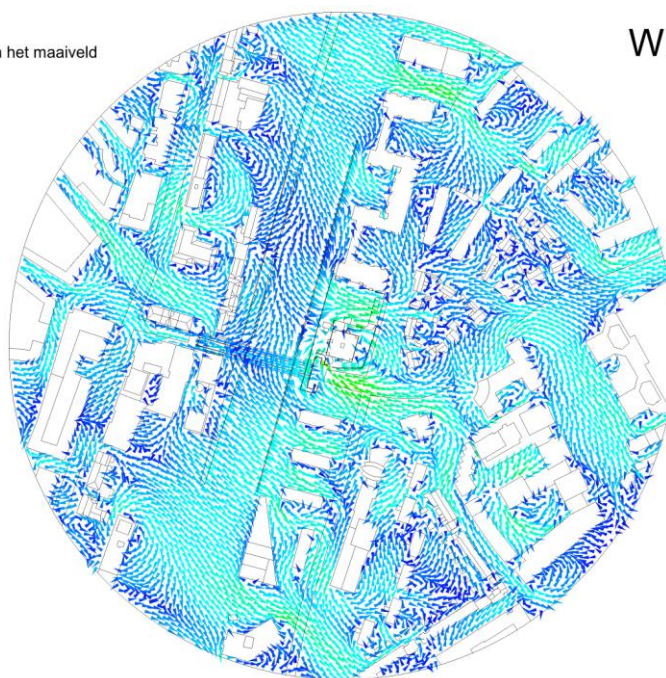
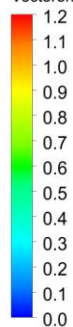


Windrichting = 270

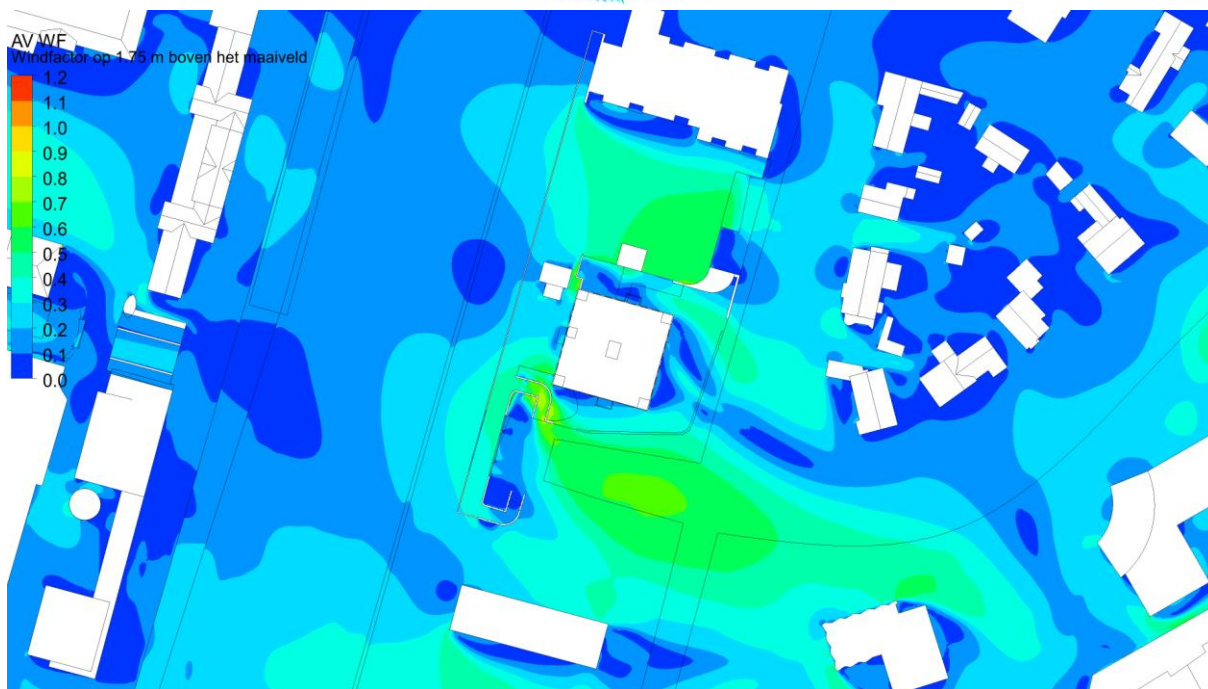


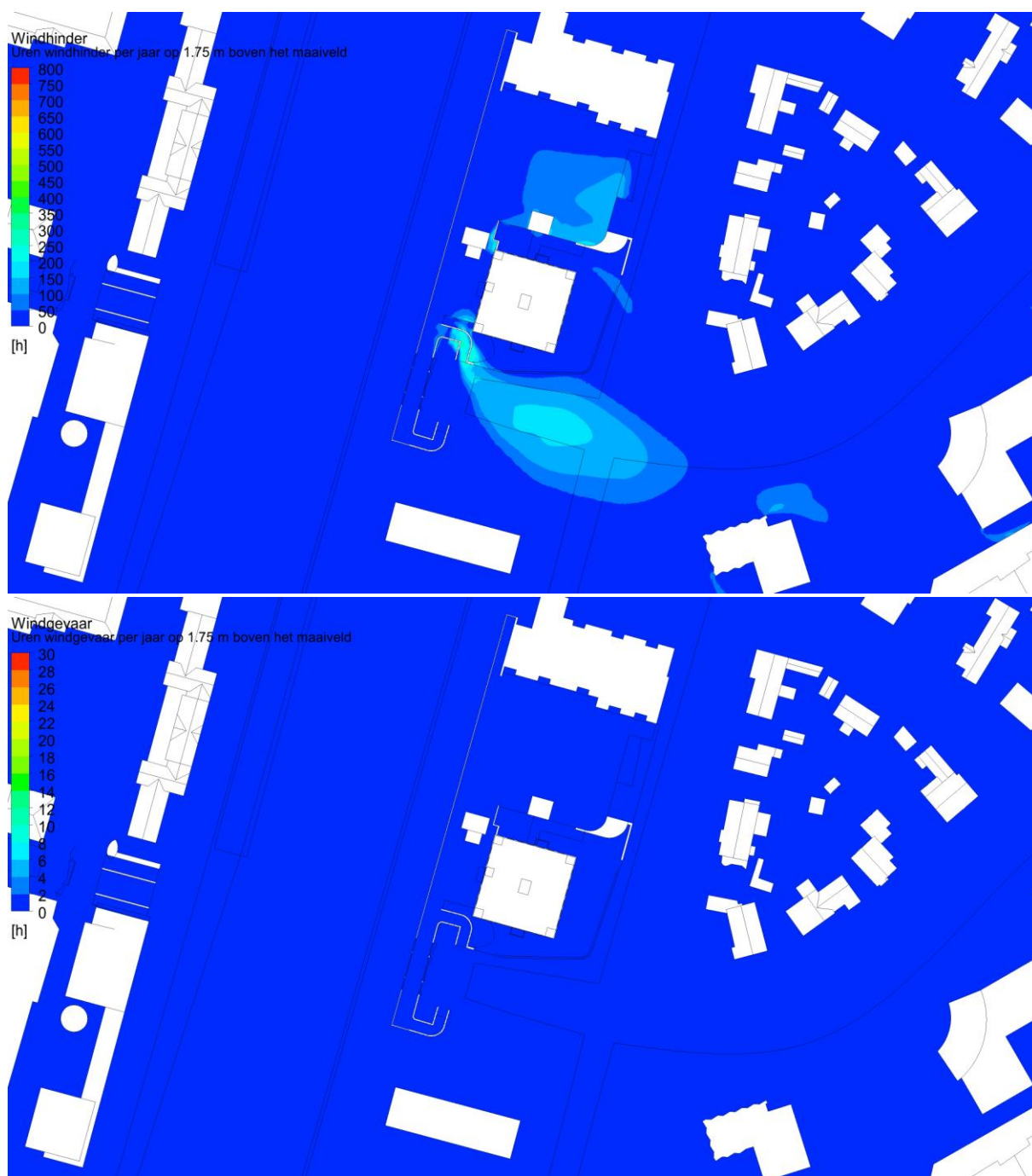


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

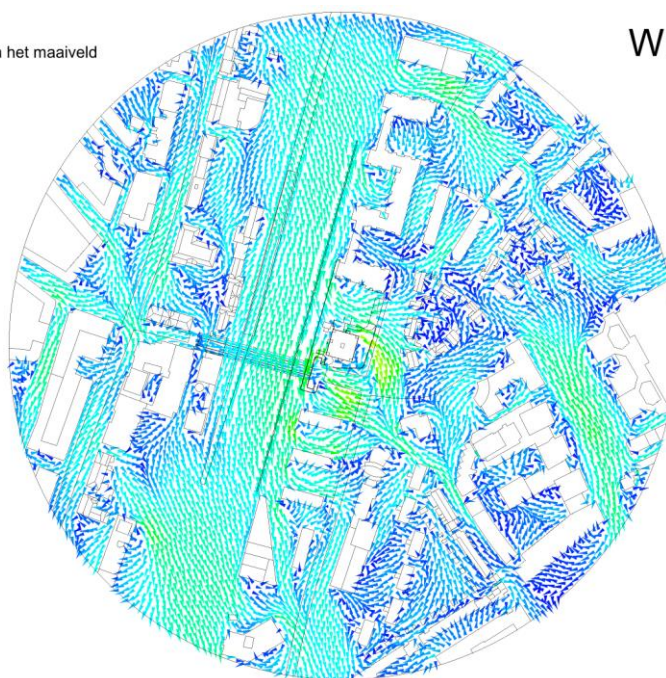
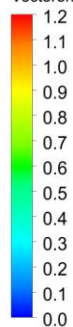


Windrichting = 300

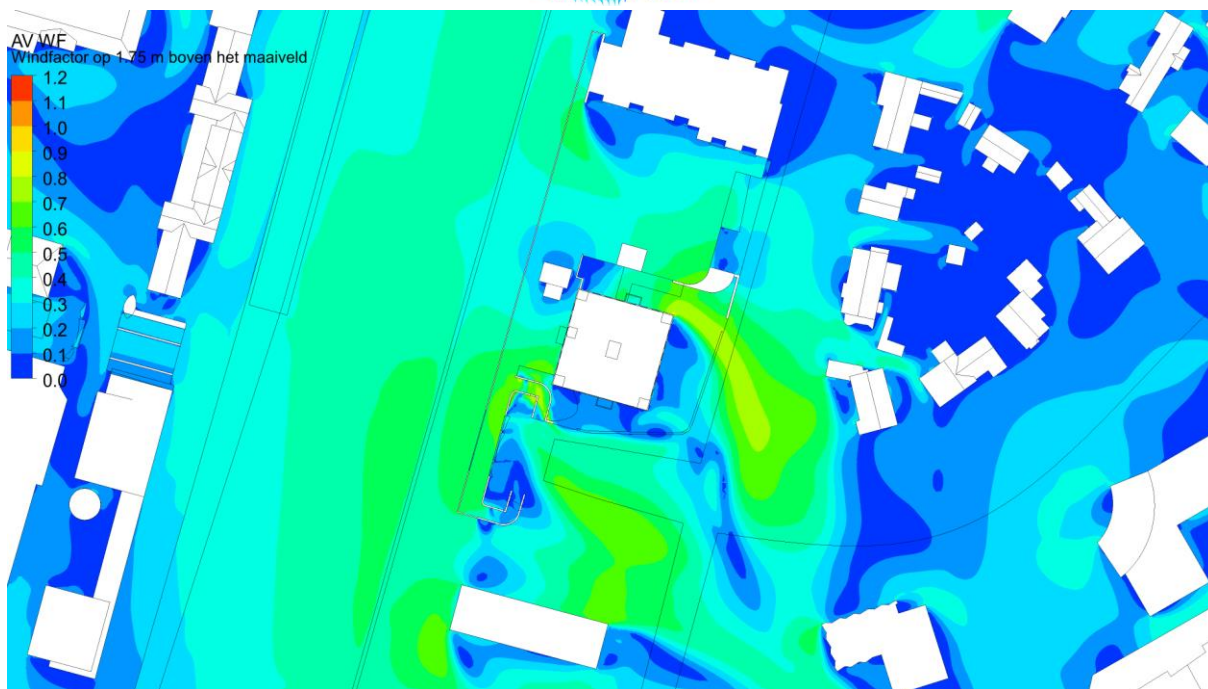


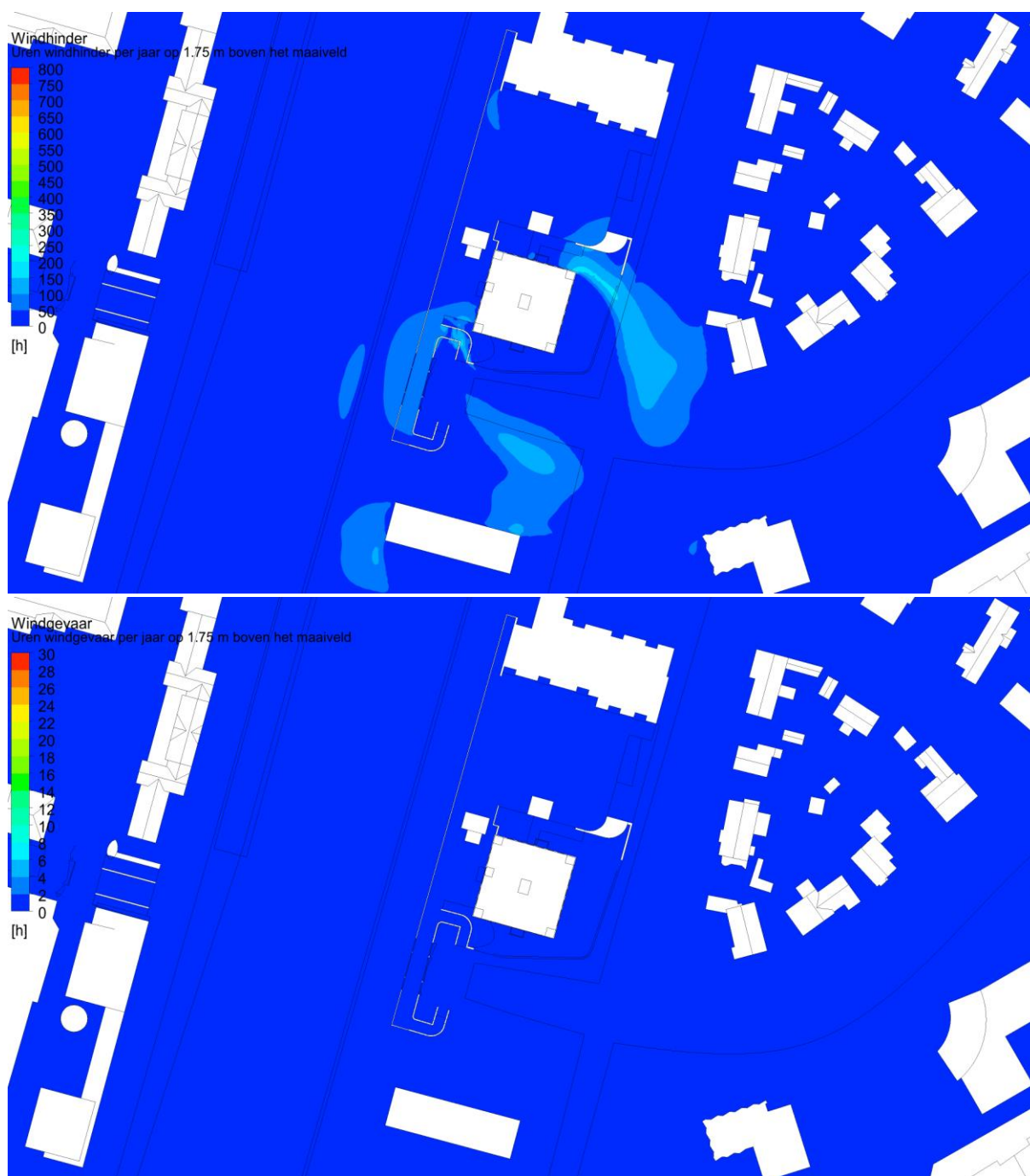


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld



Windrichting = 330



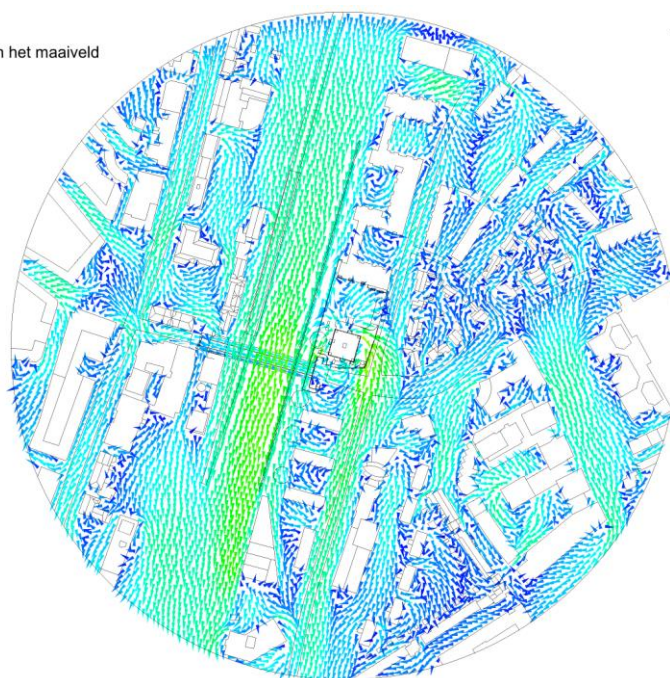
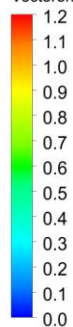


Bijlage B – CFD simulatieresultaten per windrichting met inachtneming van maatregelen

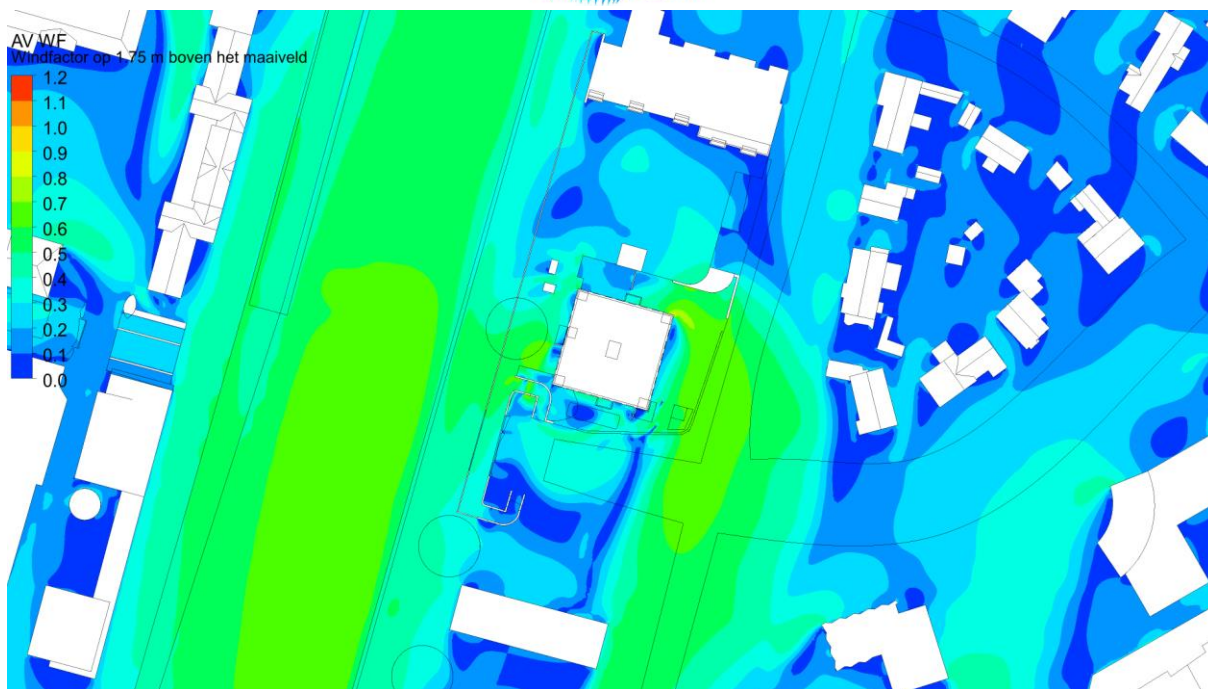
Op de volgende pagina's worden de CFD simulatieresultaten per windrichting weergegeven op 1,75 m boven het grondvlak. Voor iedere windrichting is het volgende weergegeven:

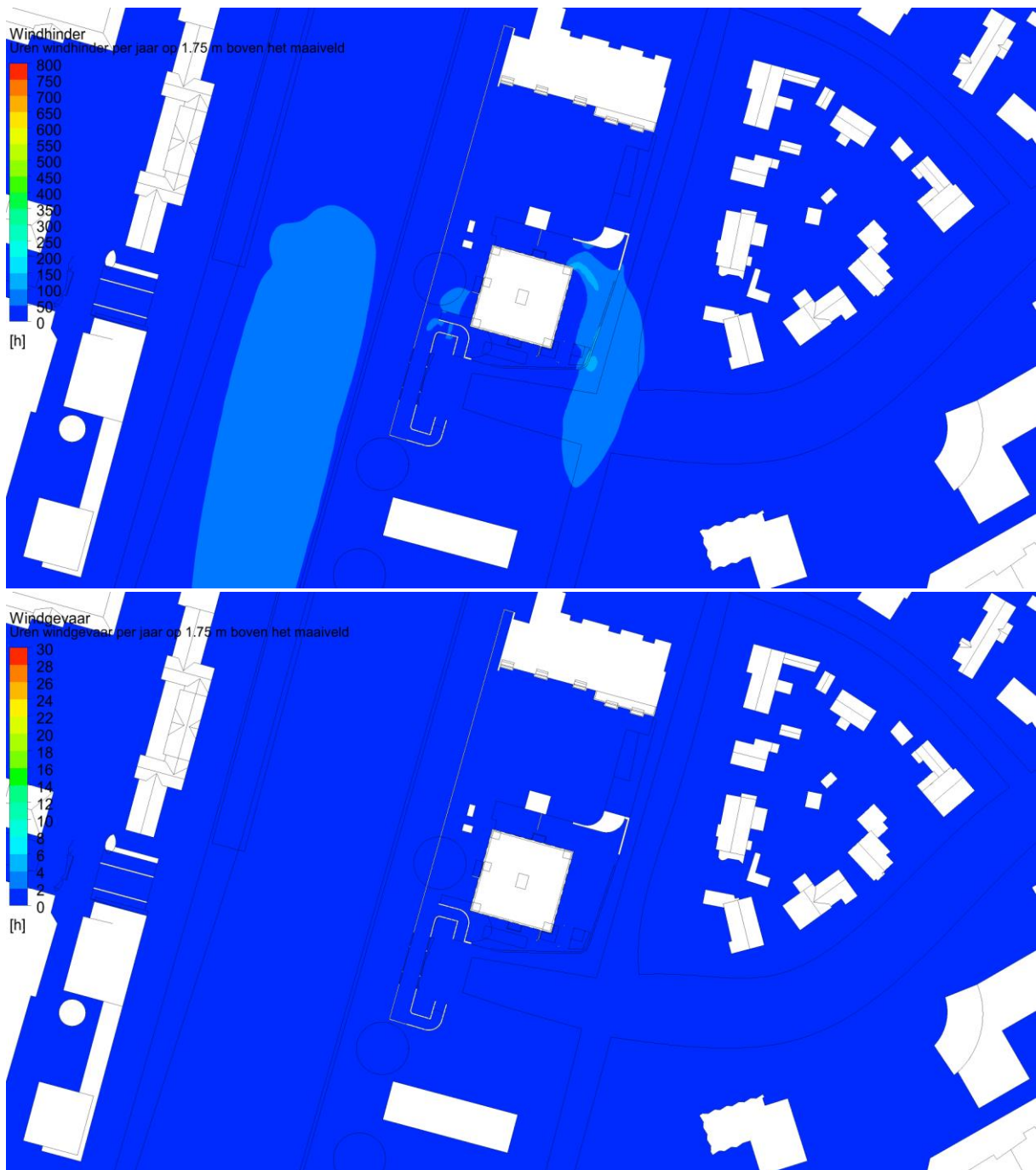
- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windhinder per jaar
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windgevaar per jaar

AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

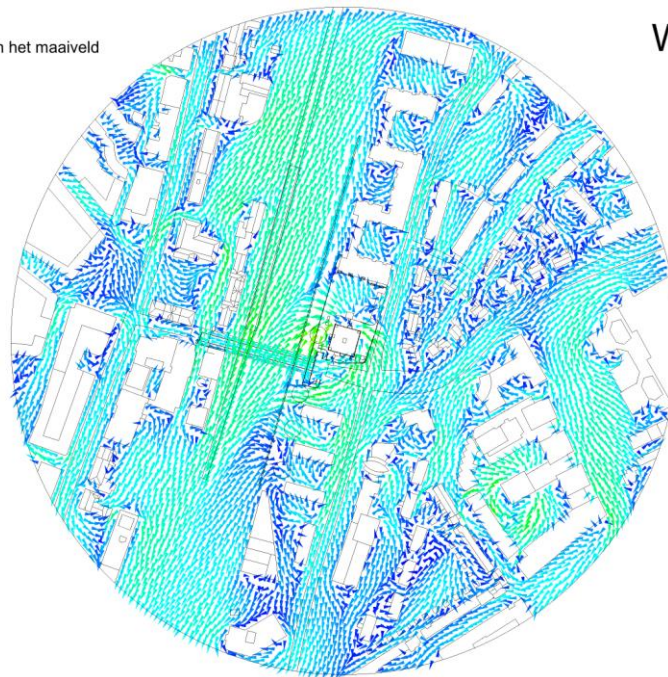
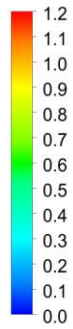


Windrichting = 0

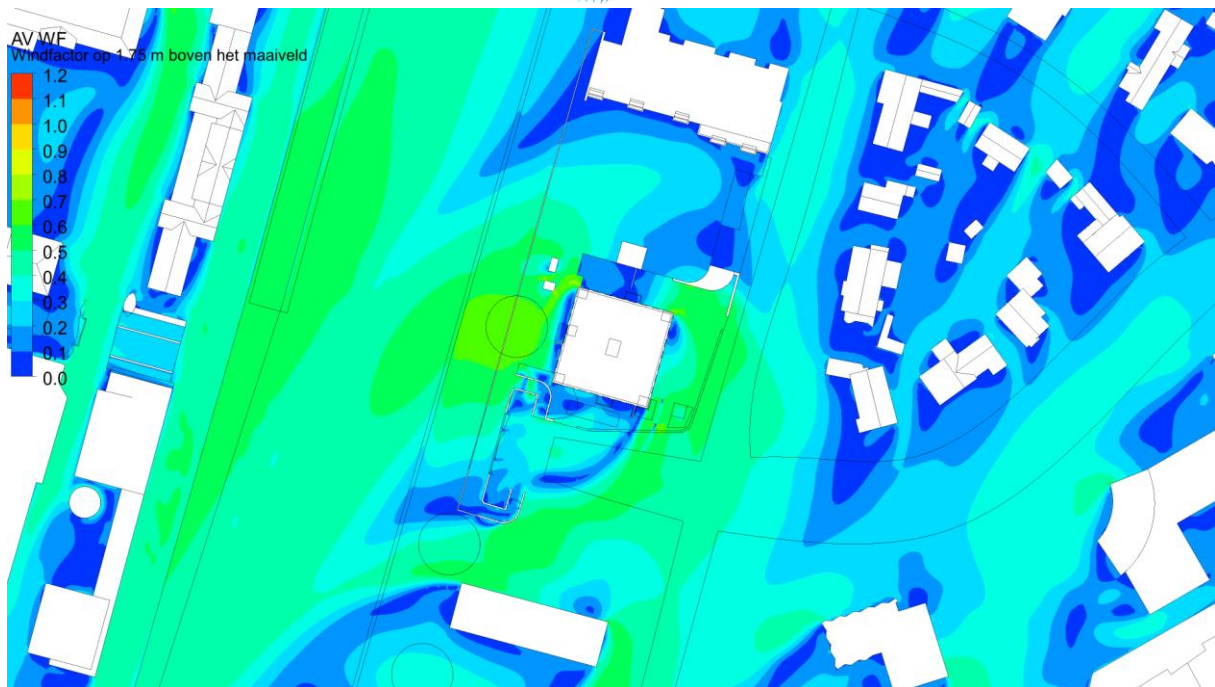


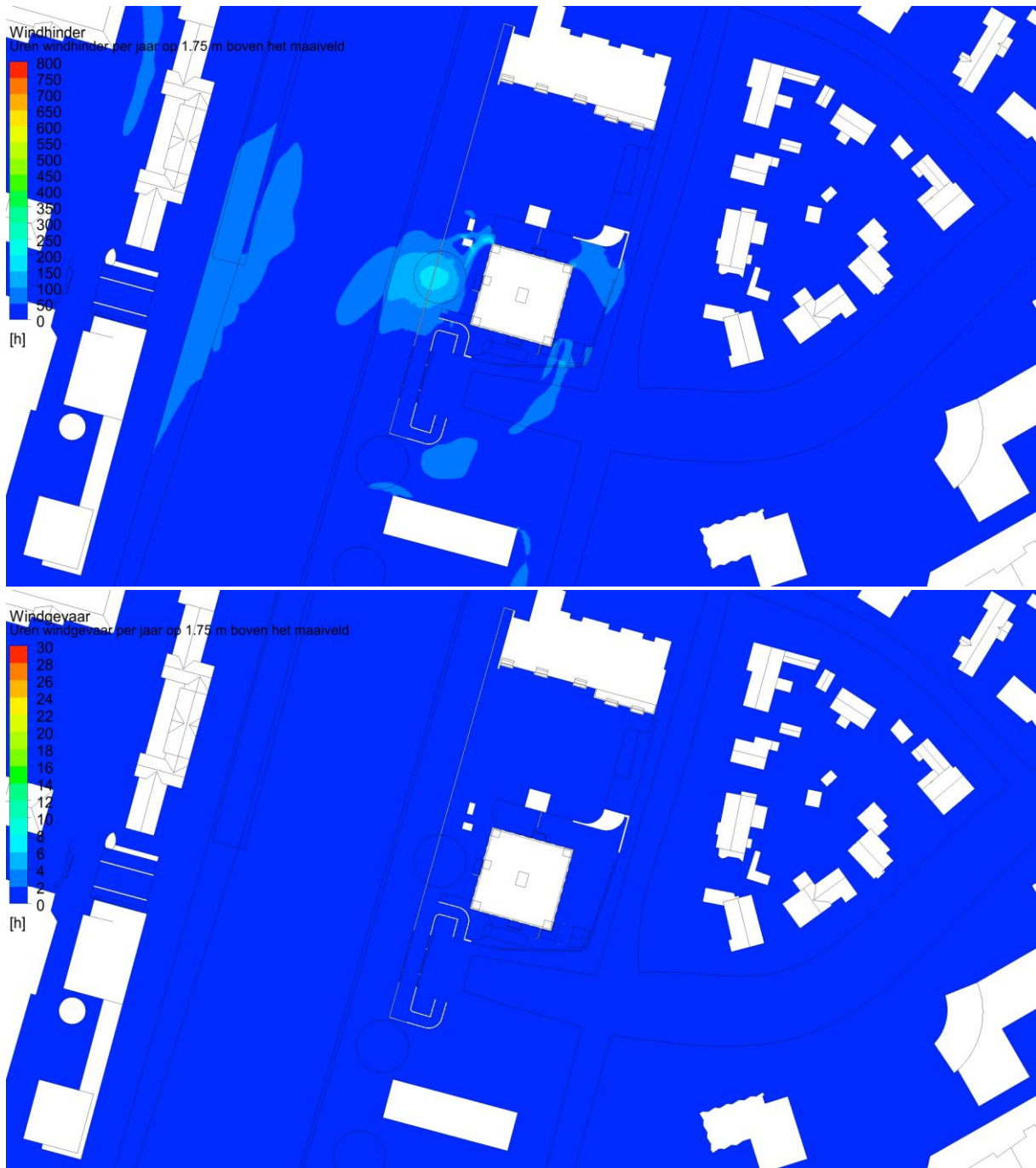


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

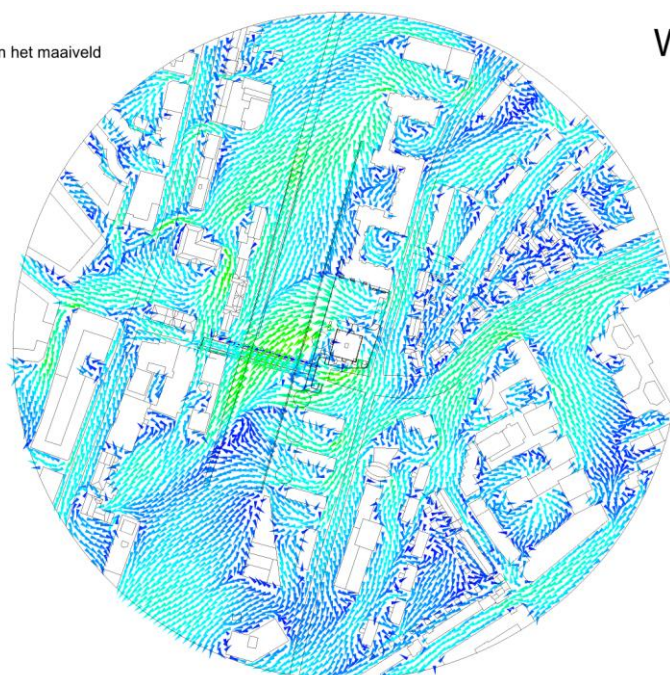
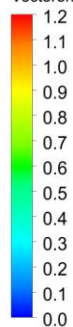


Windrichting = 30

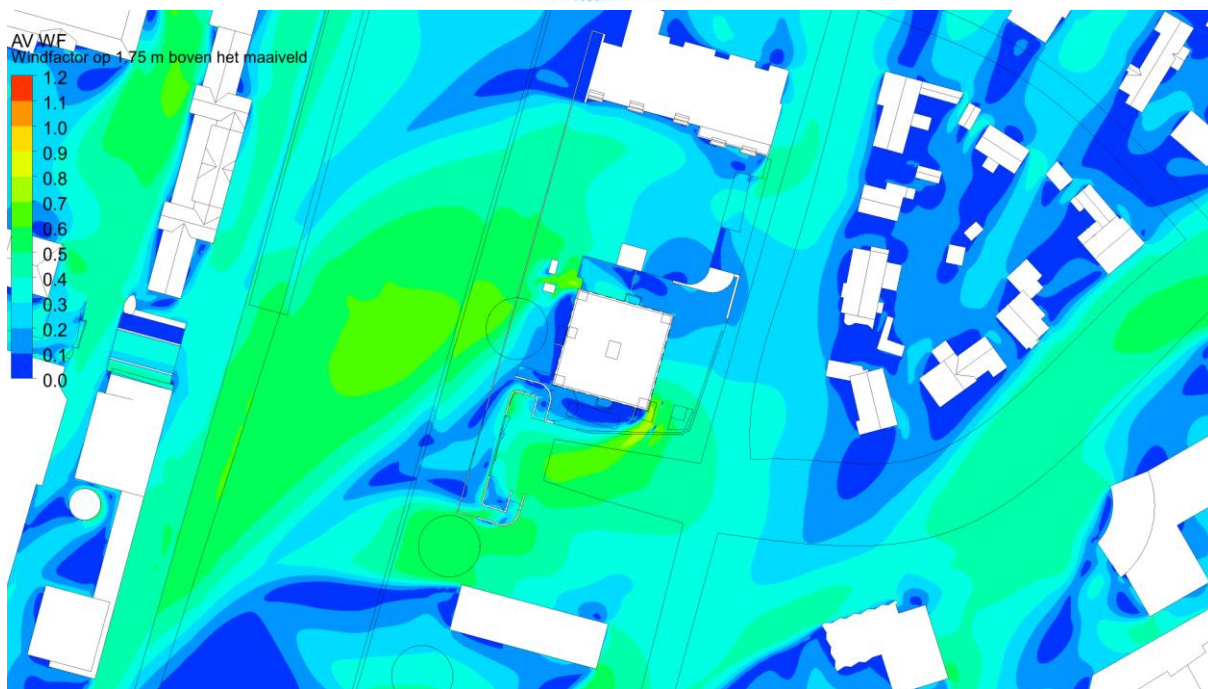


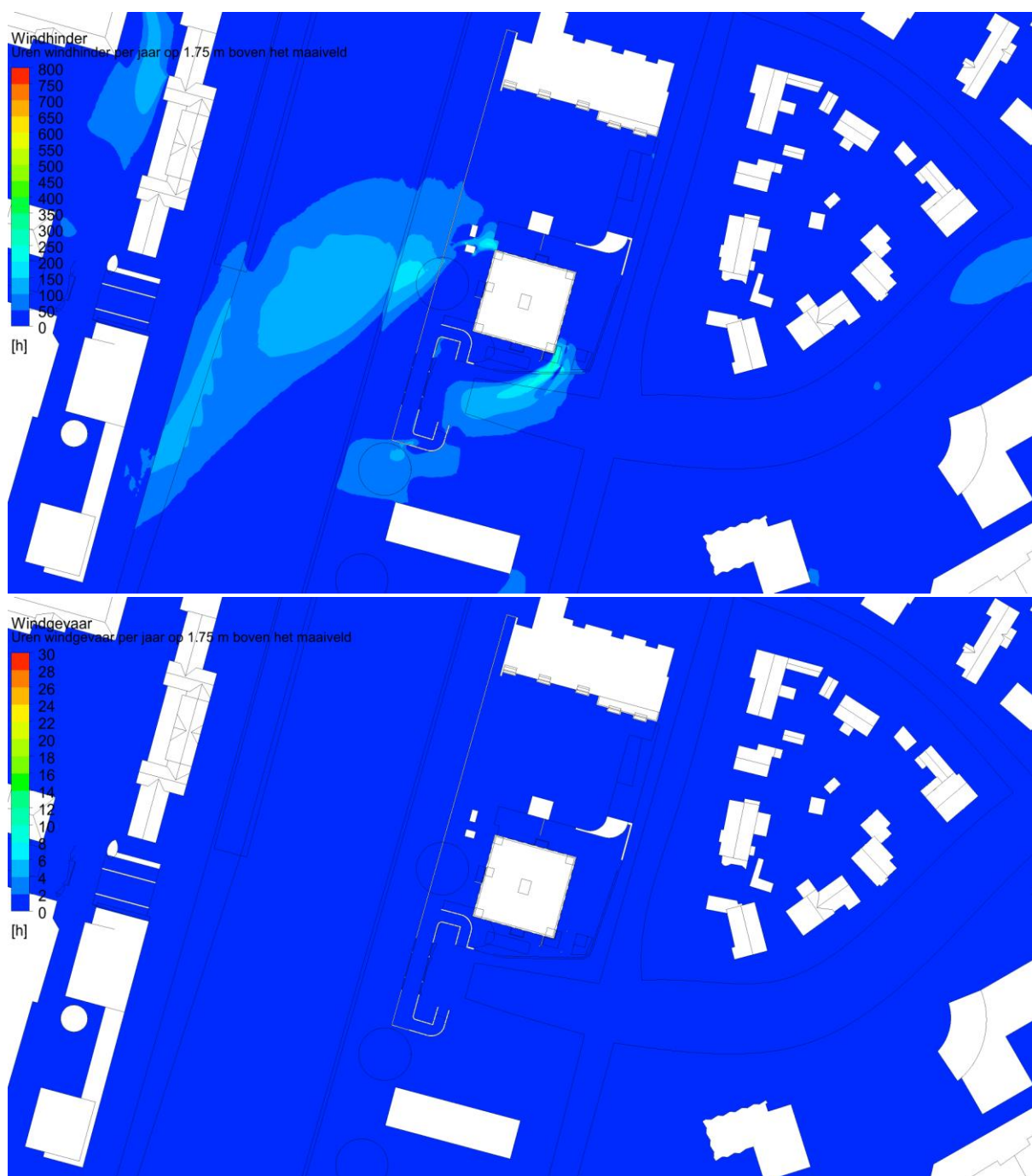


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

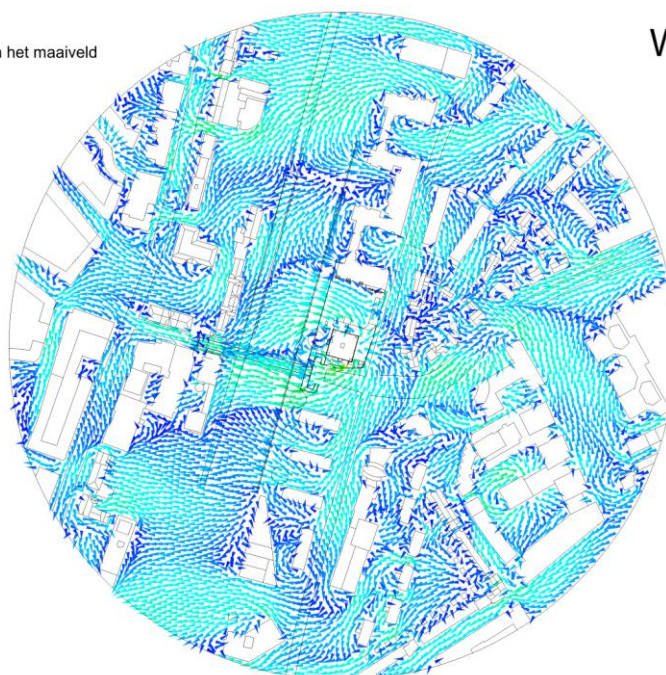
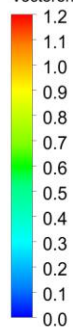


Windrichting = 60

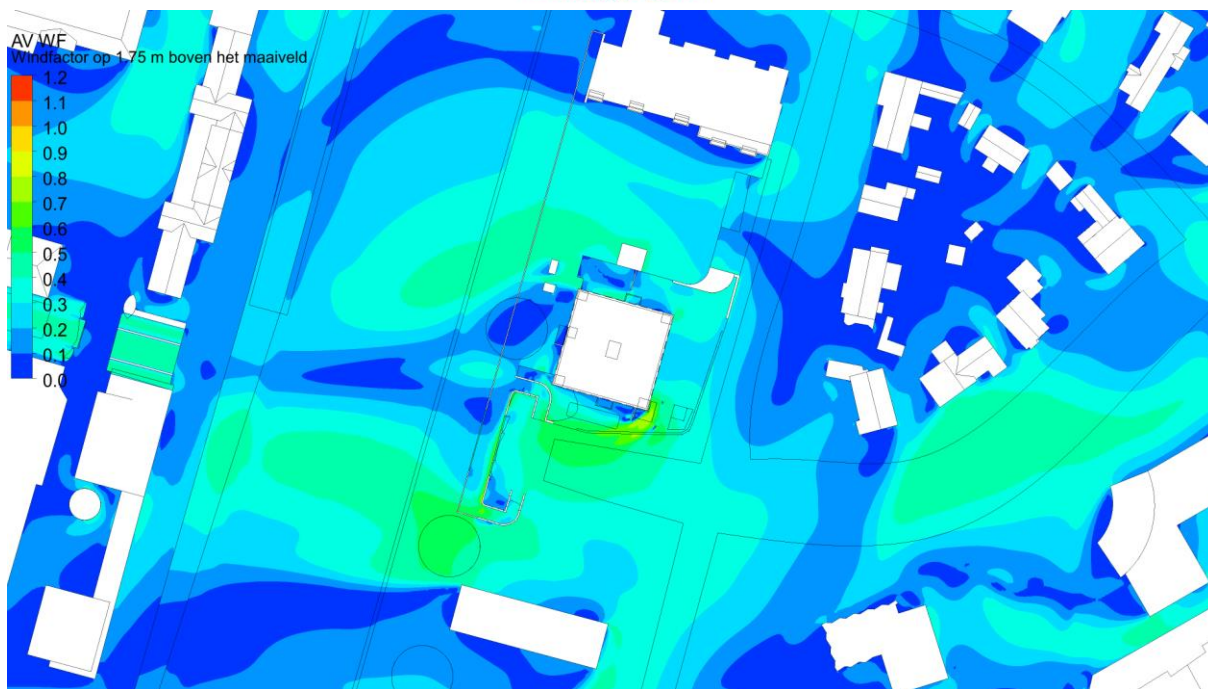


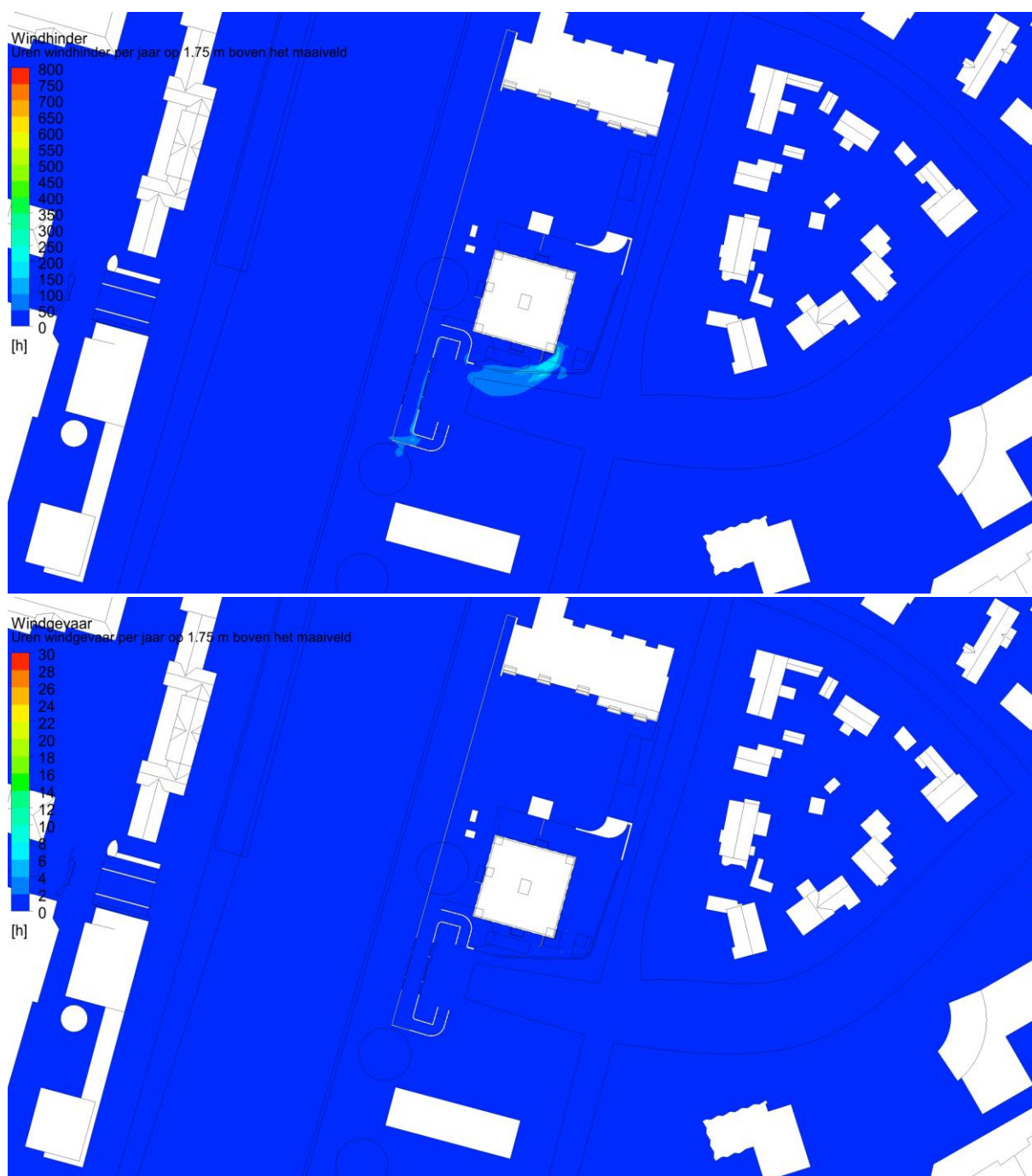


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

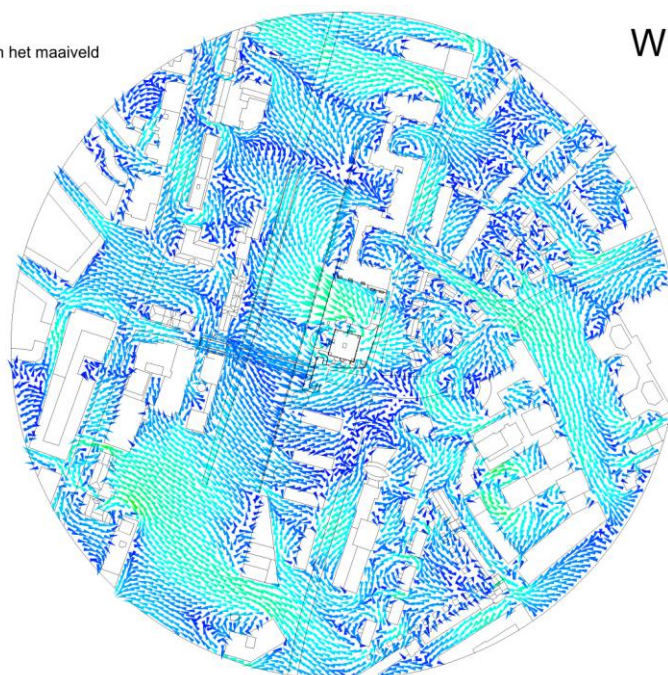
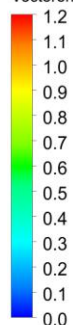


Windrichting = 90

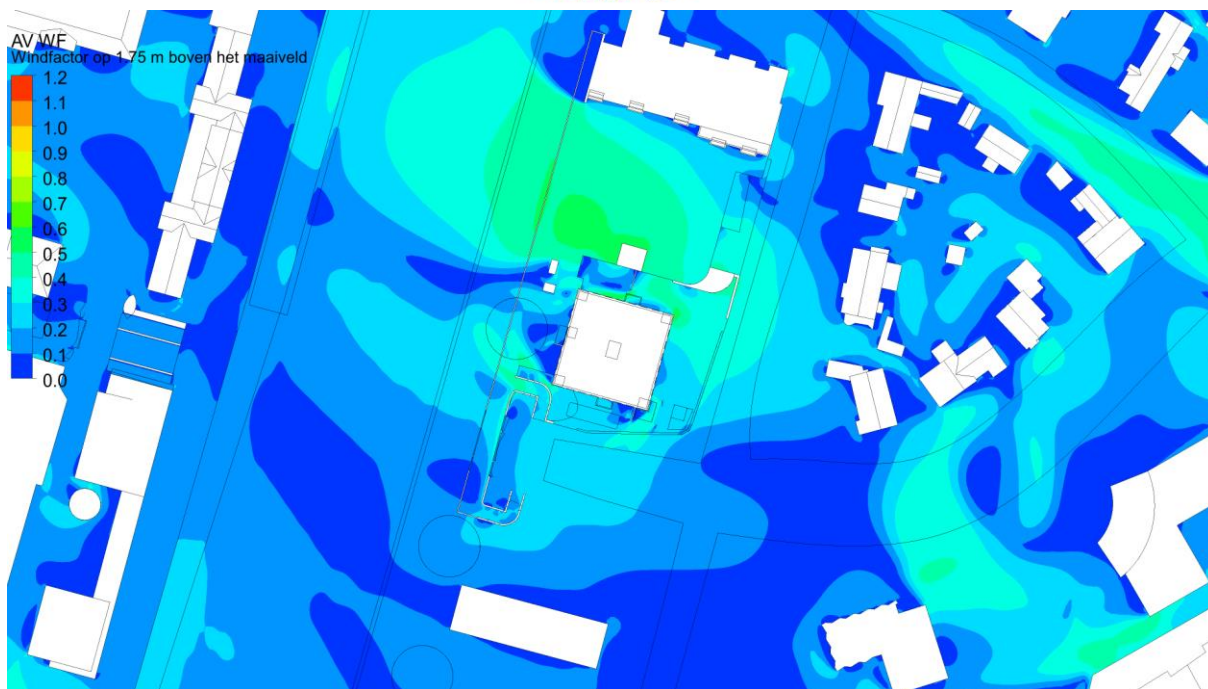


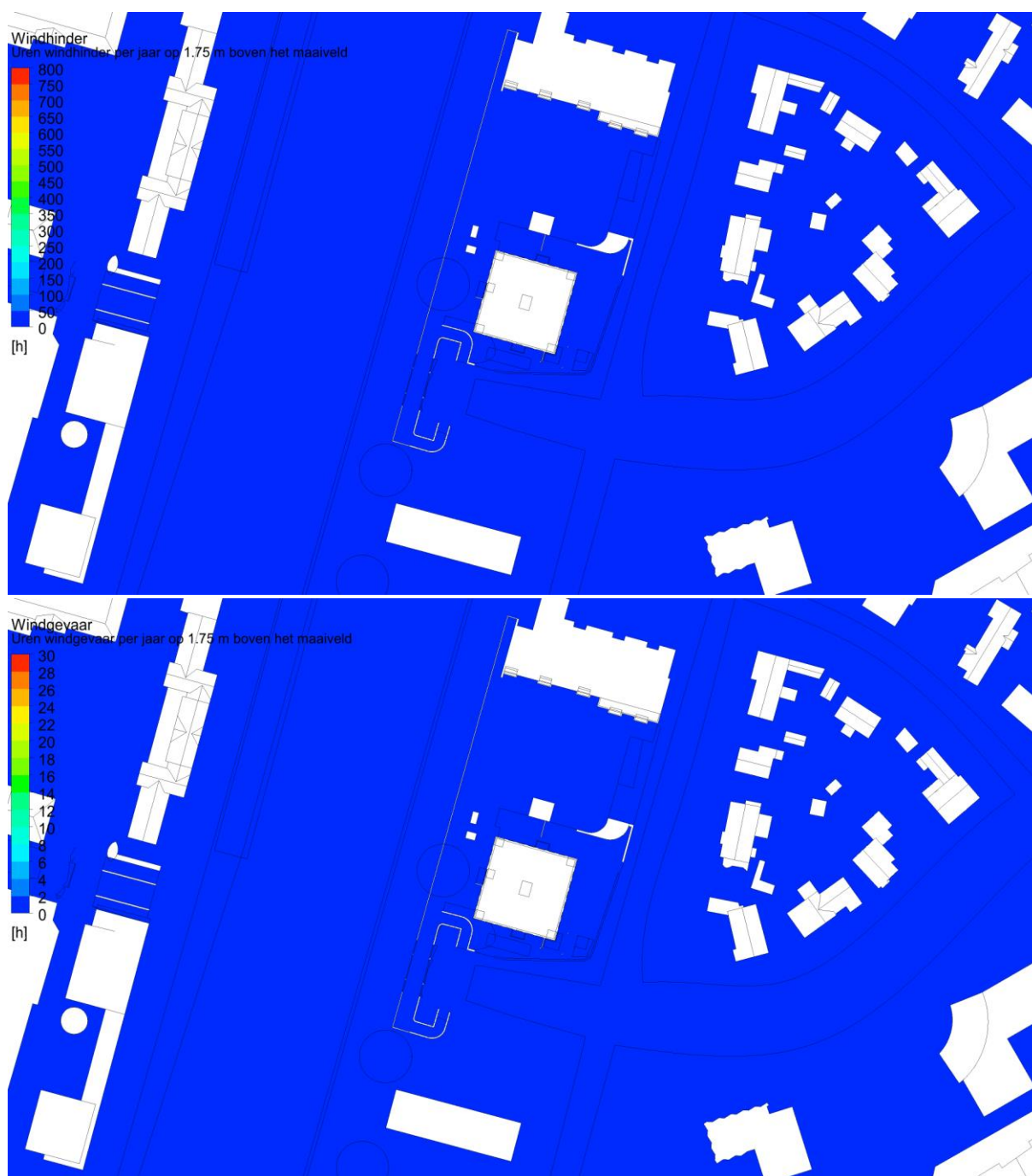


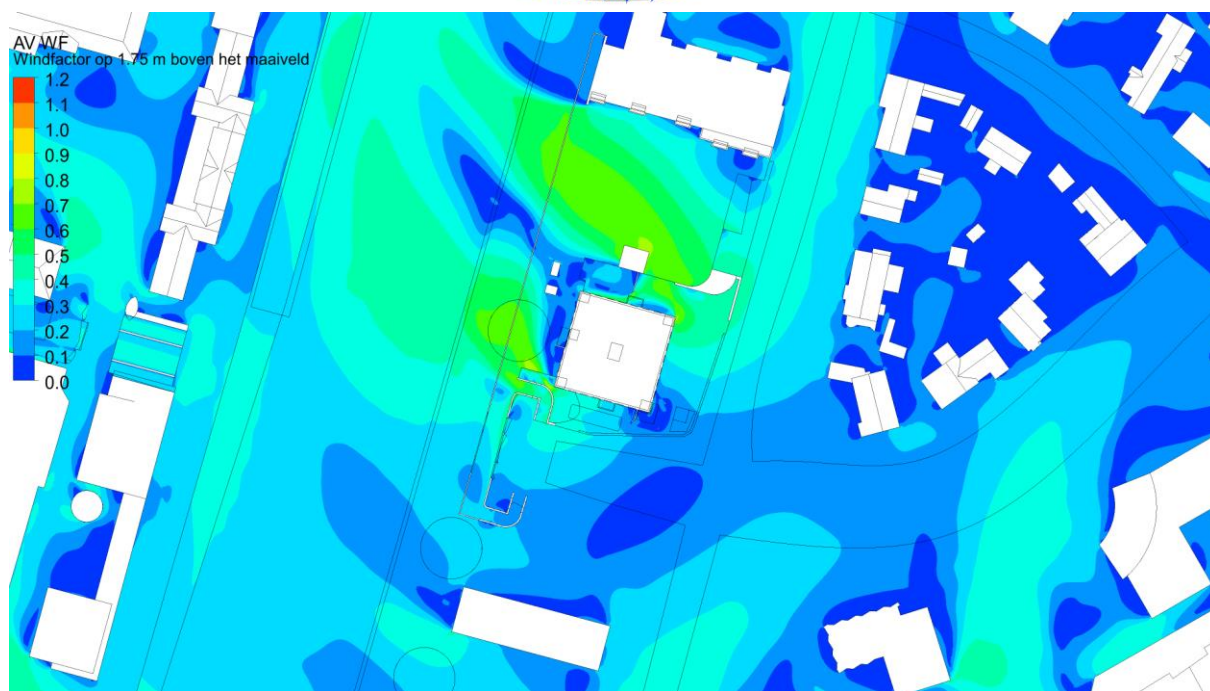
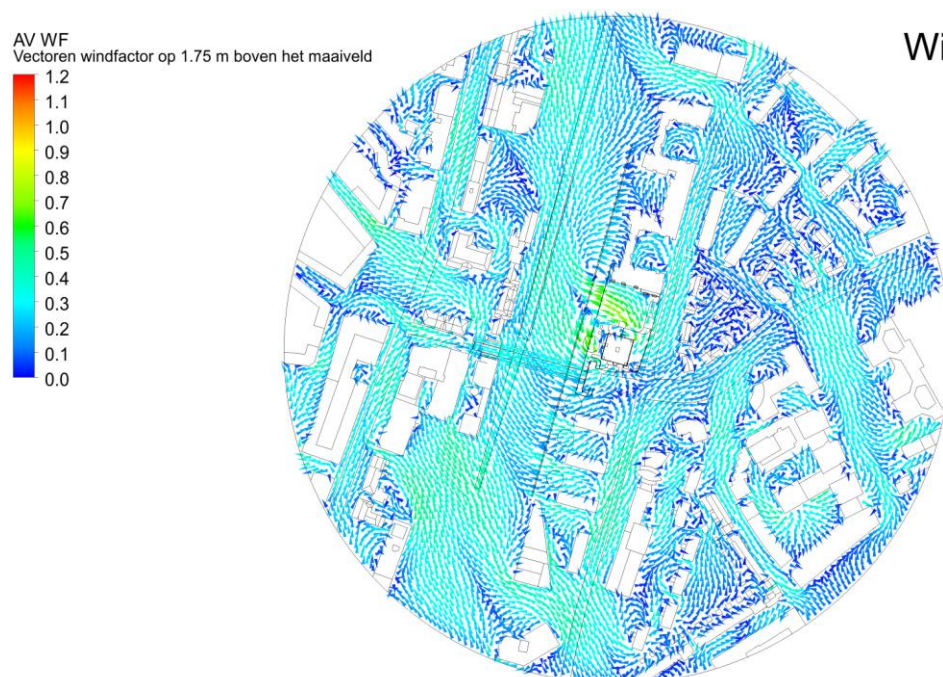
AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

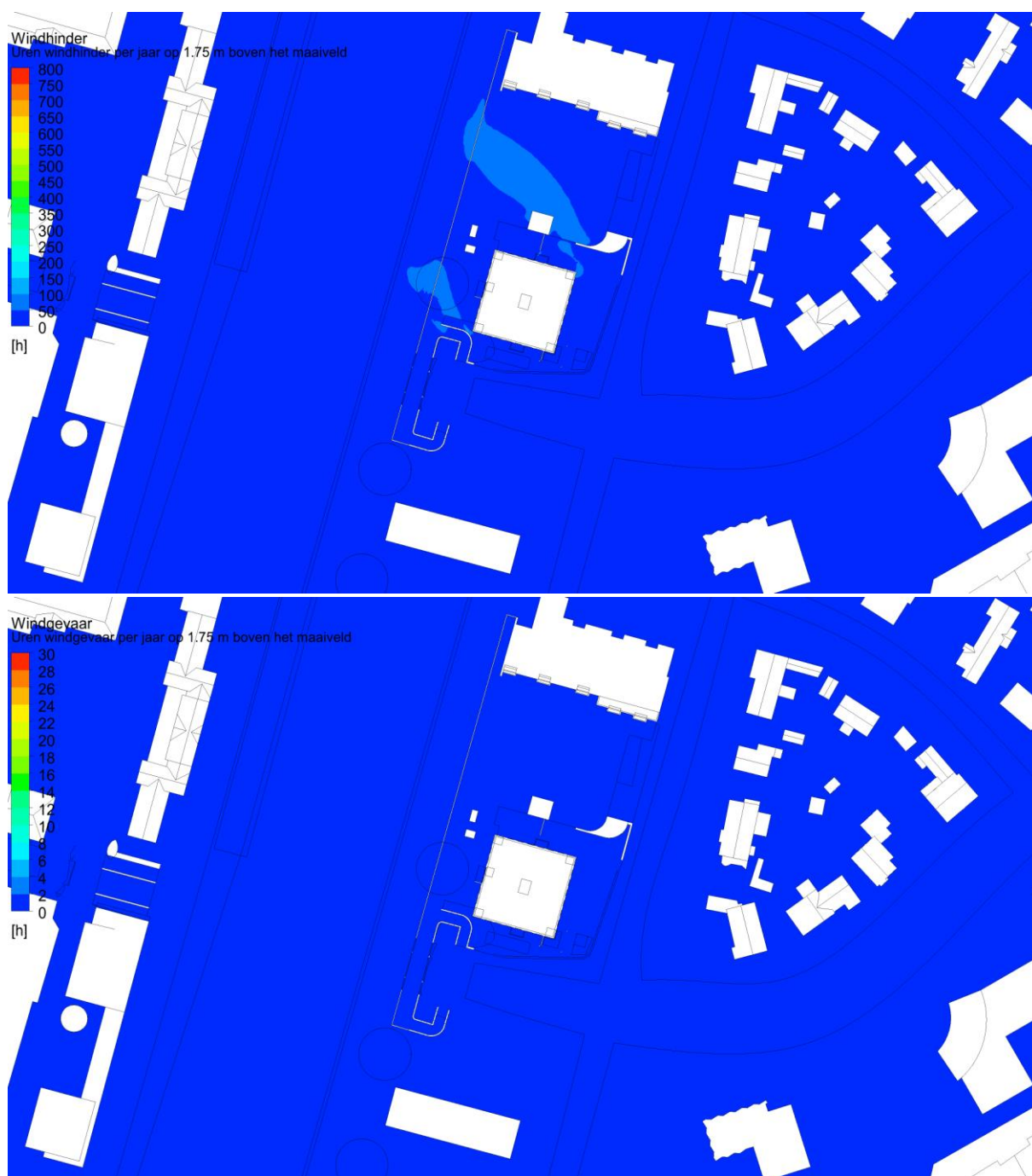


Windrichting = 120

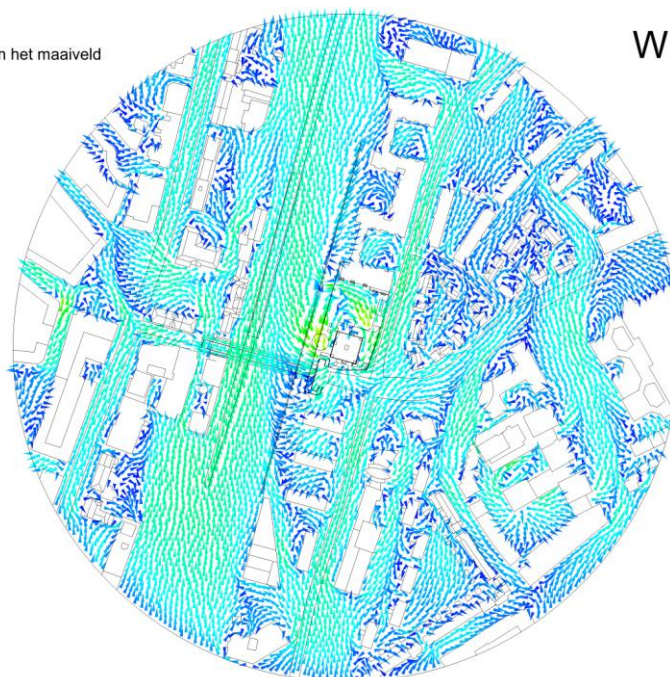
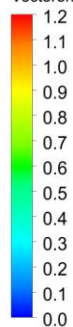




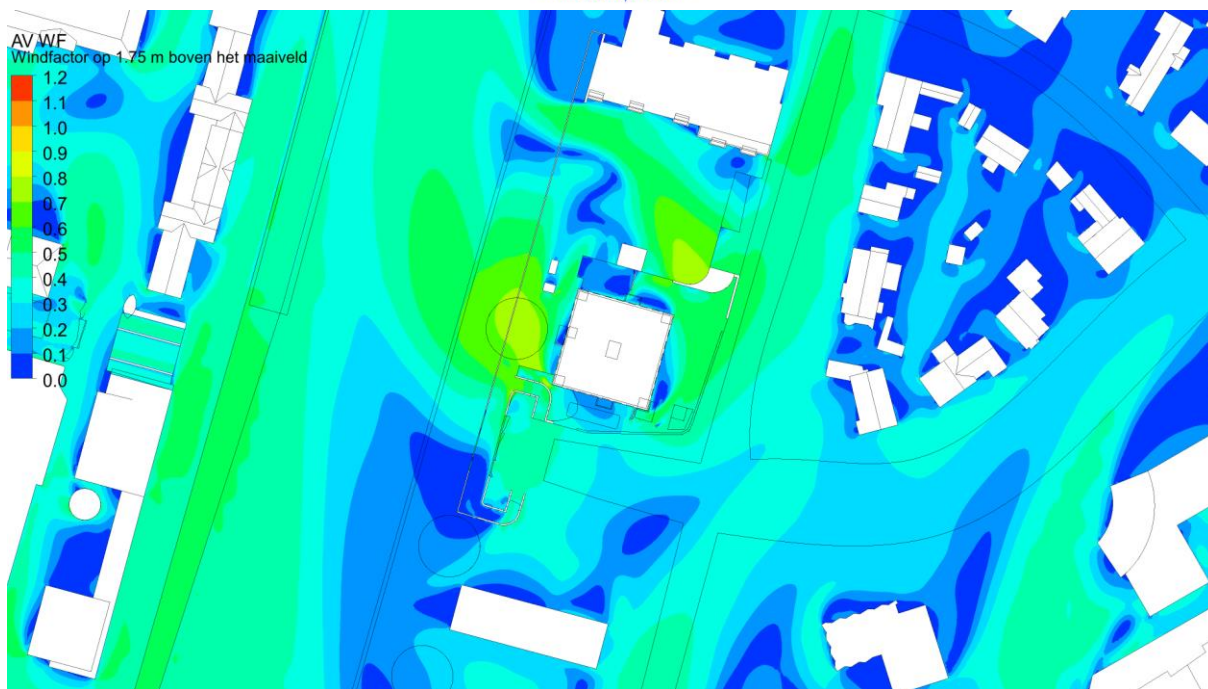


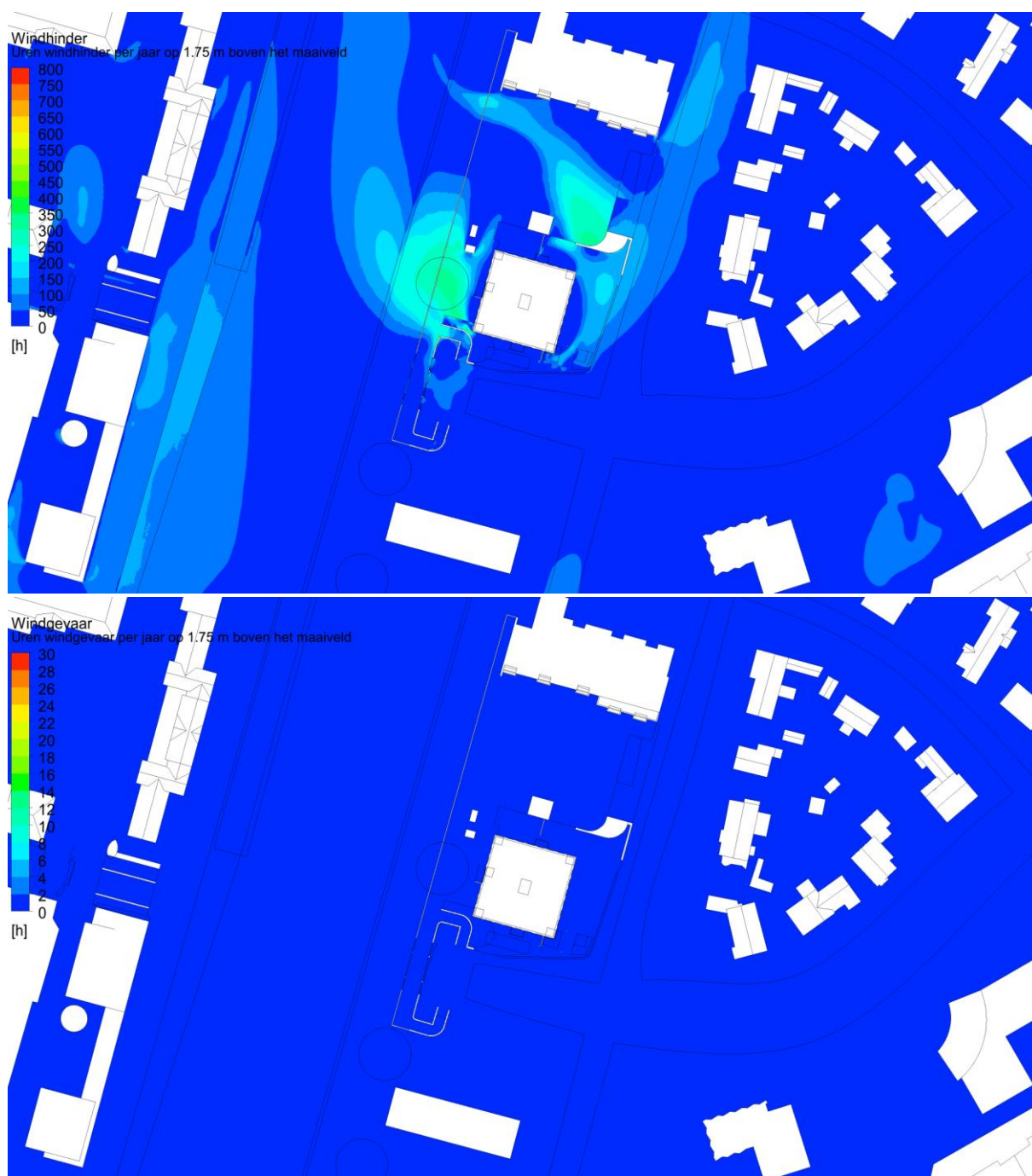


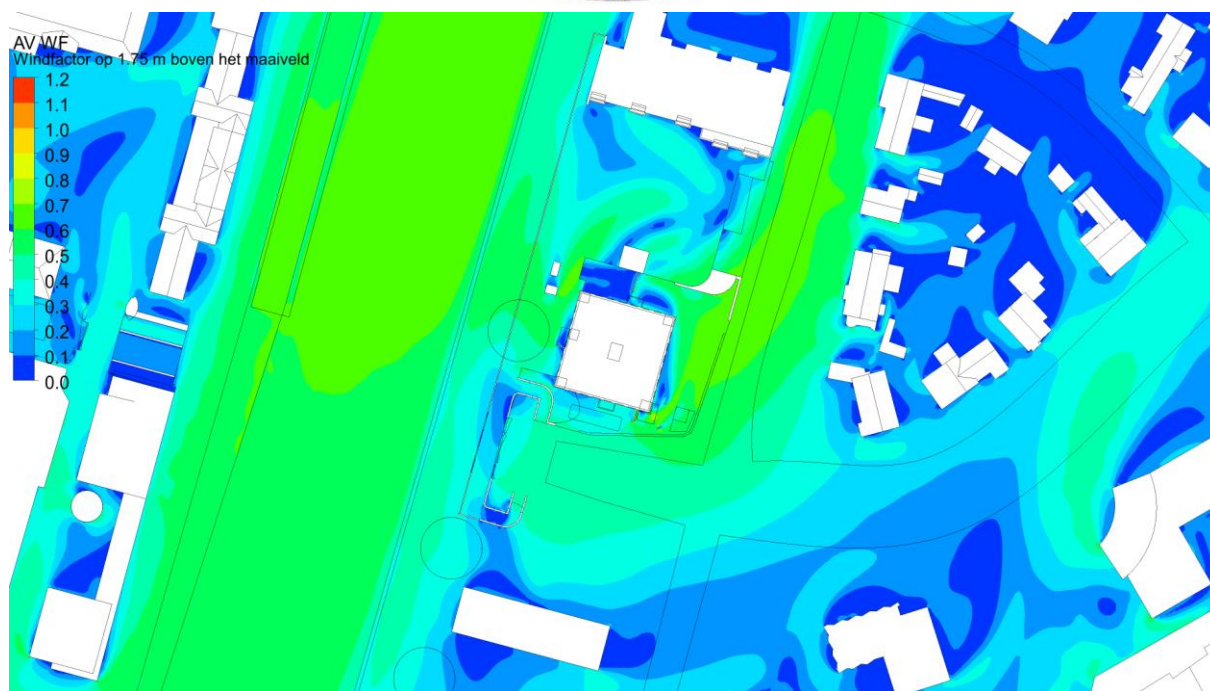
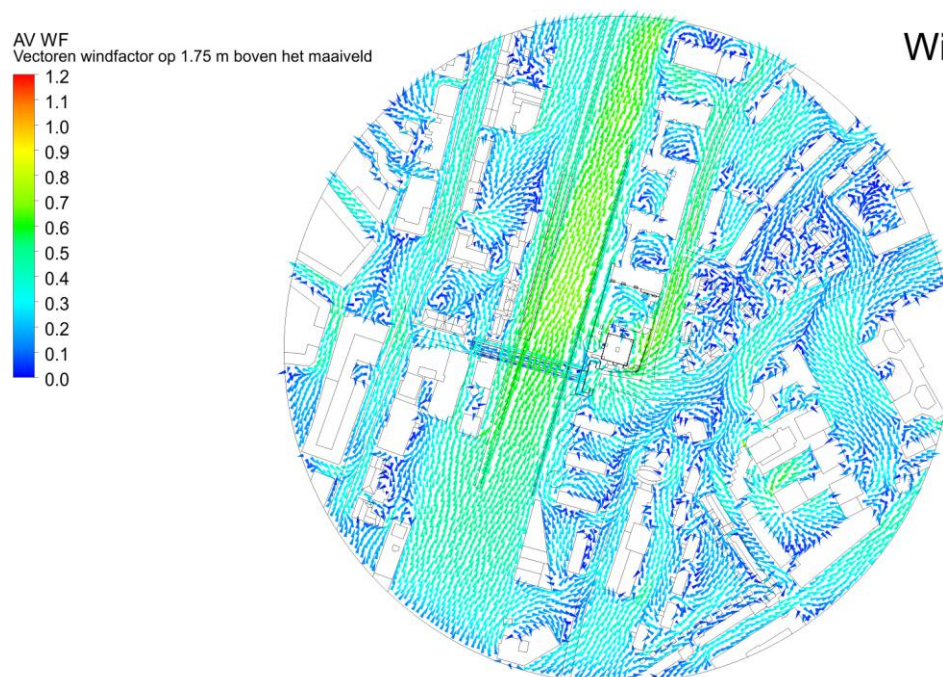
AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

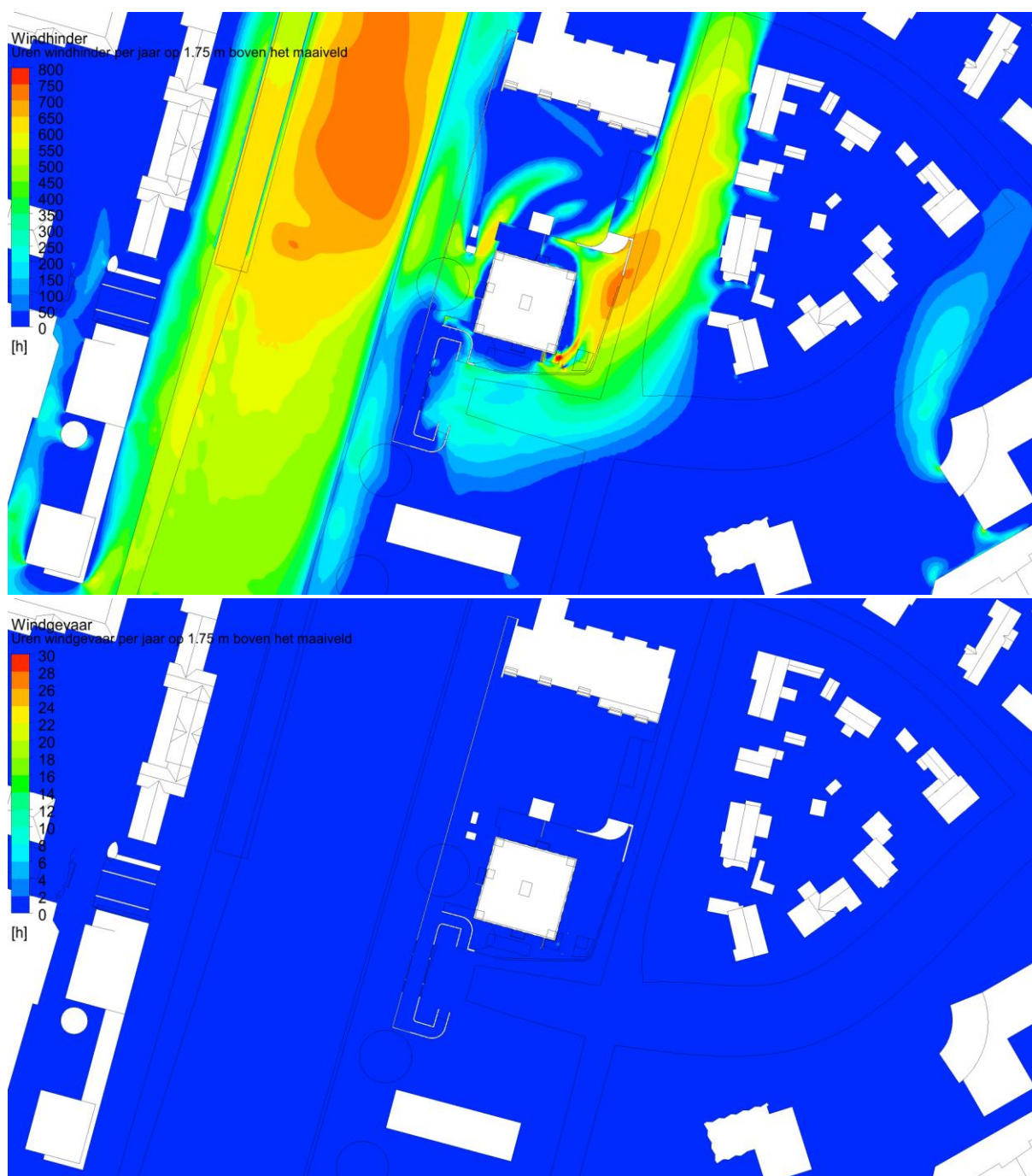


Windrichting = 180

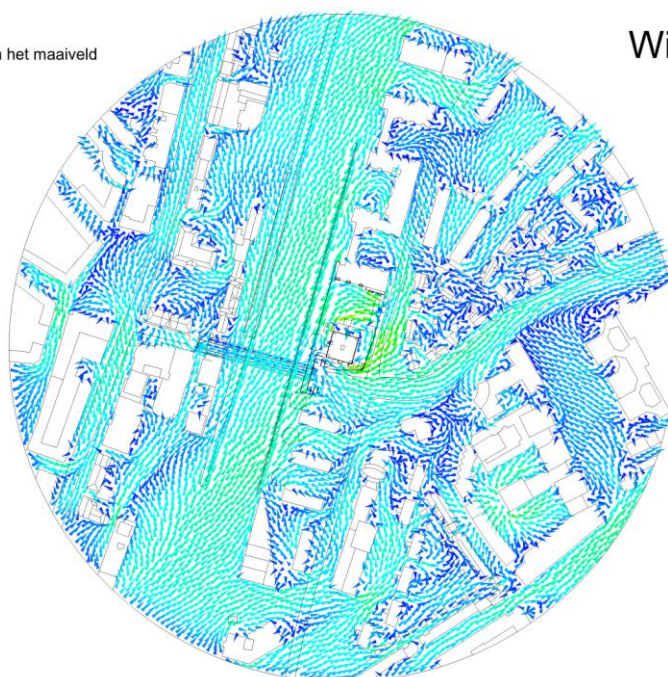
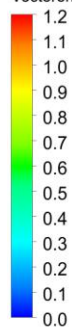




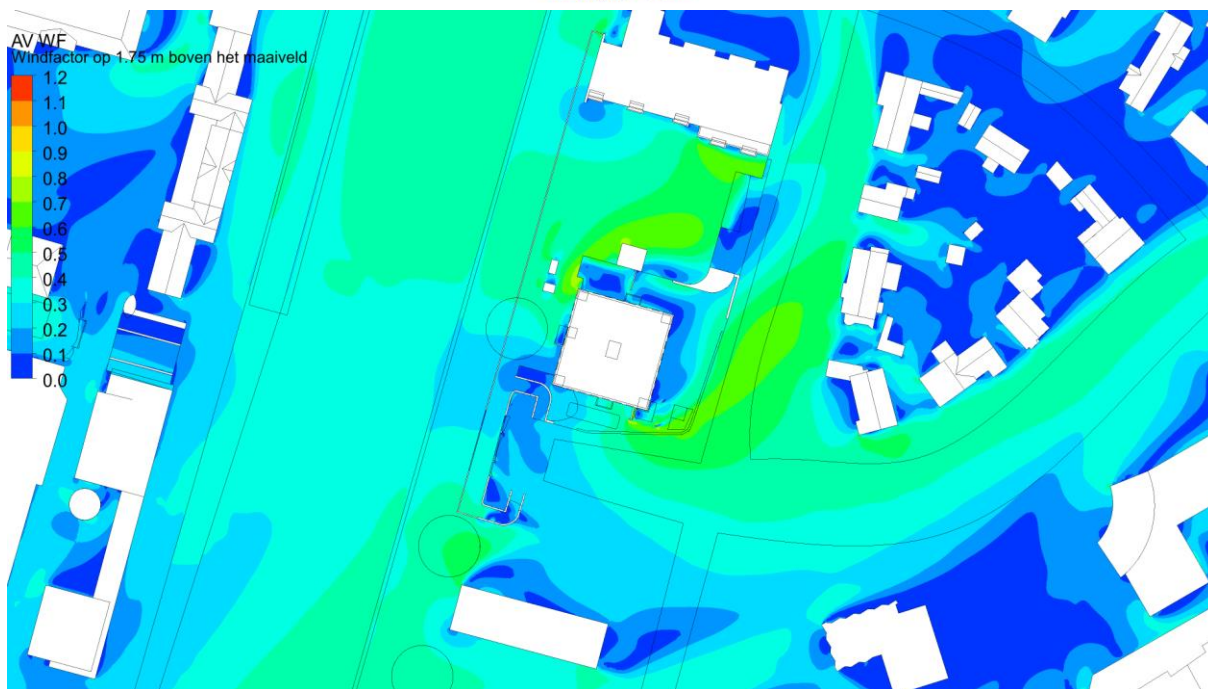


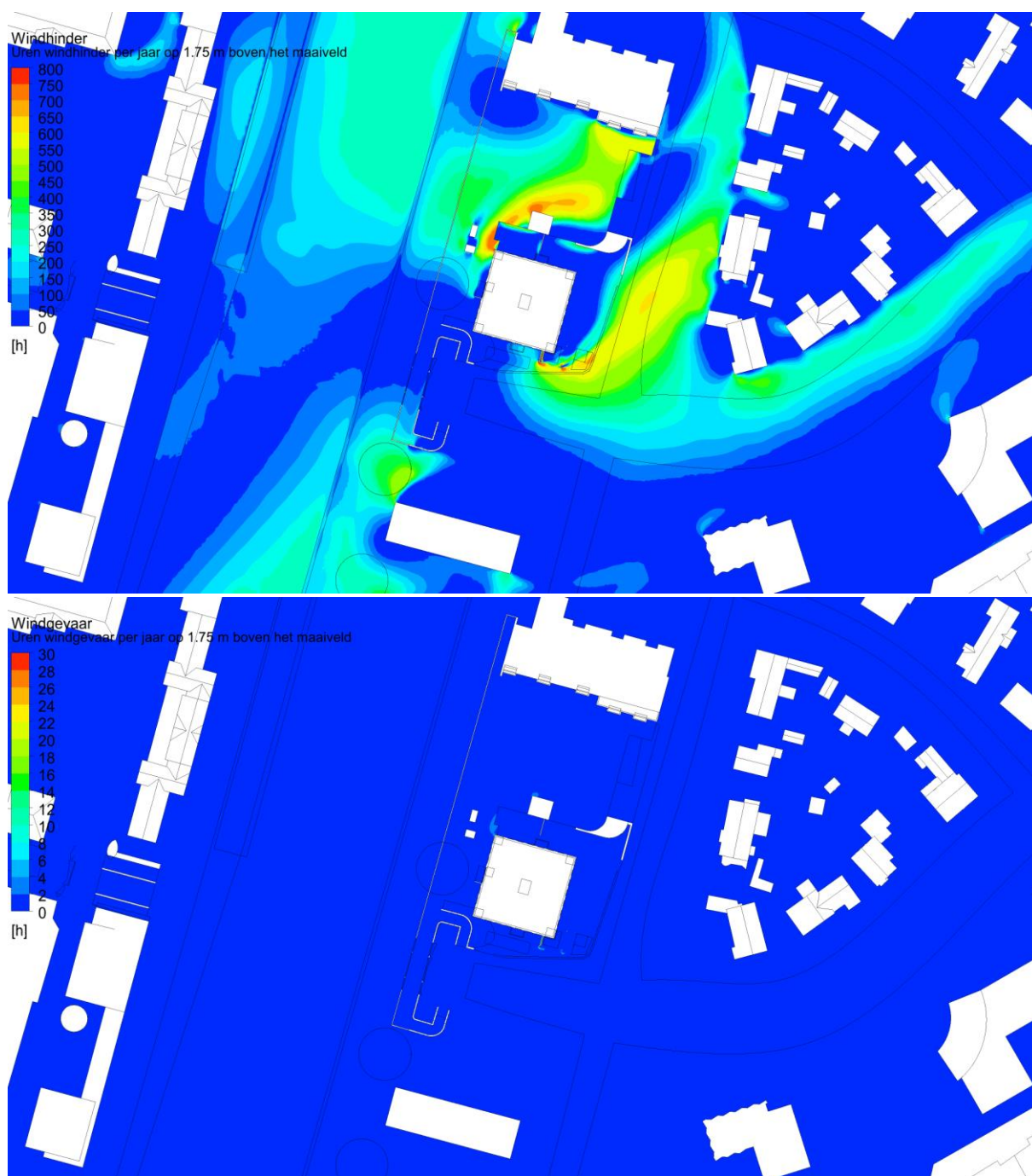


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

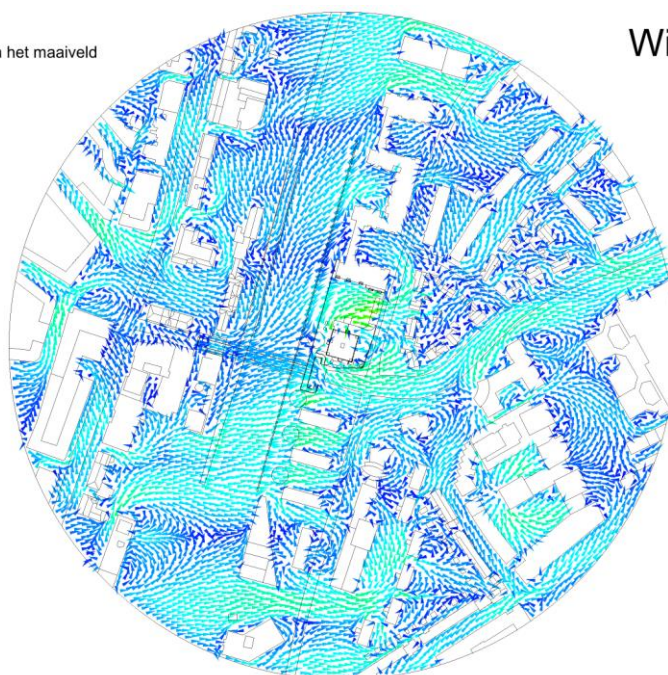
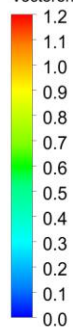


Windrichting = 240

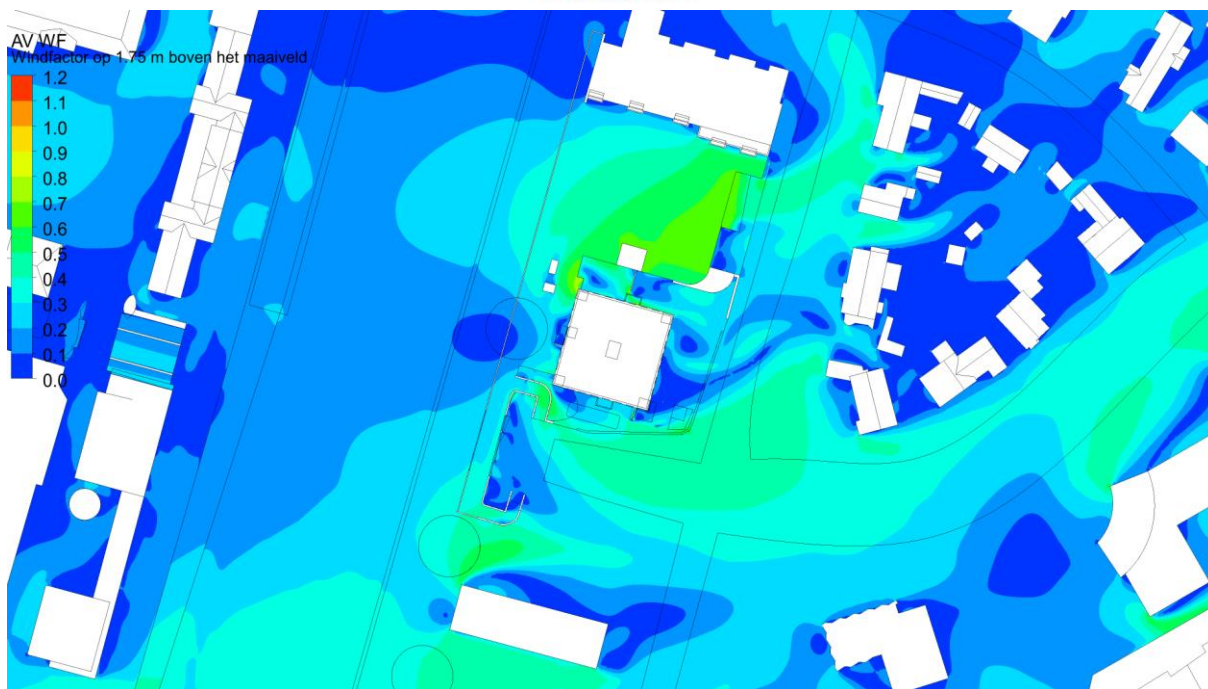


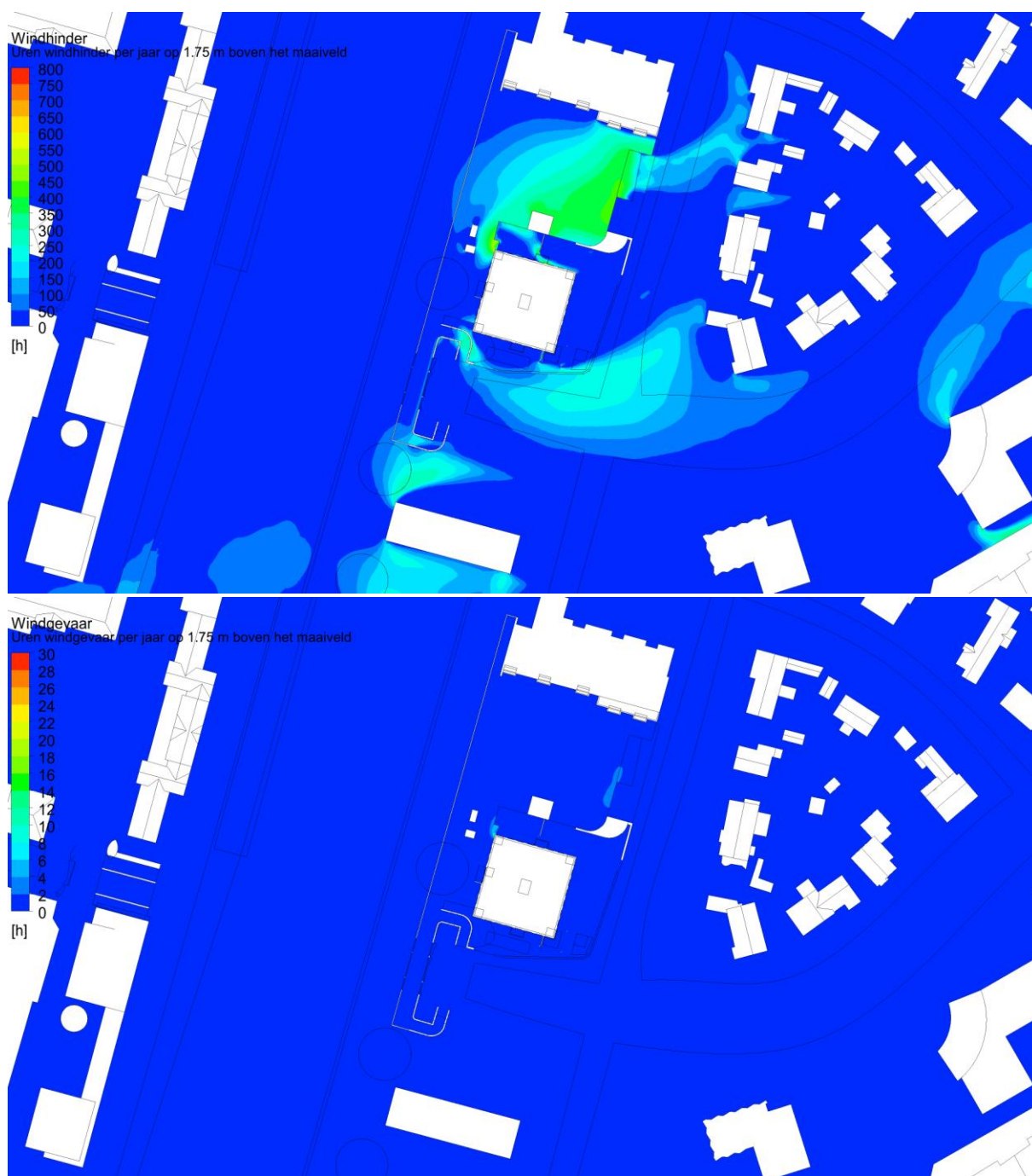


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

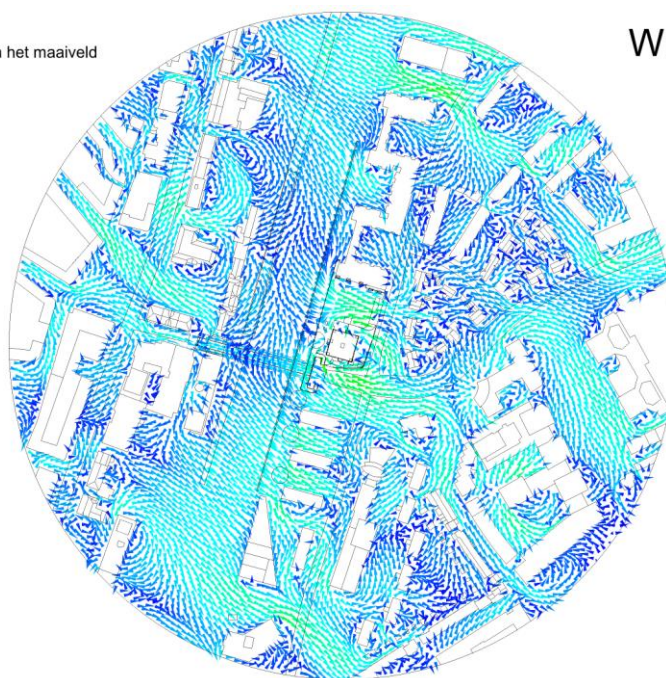
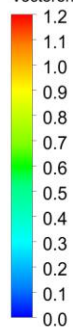


Windrichting = 270

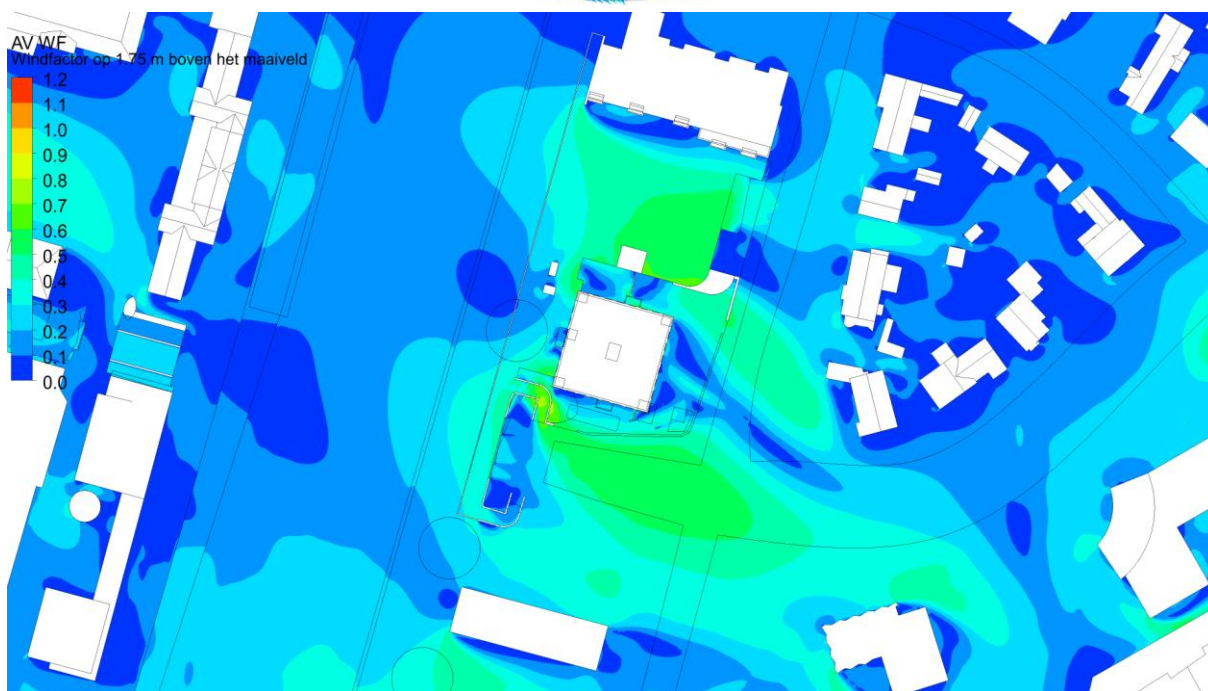


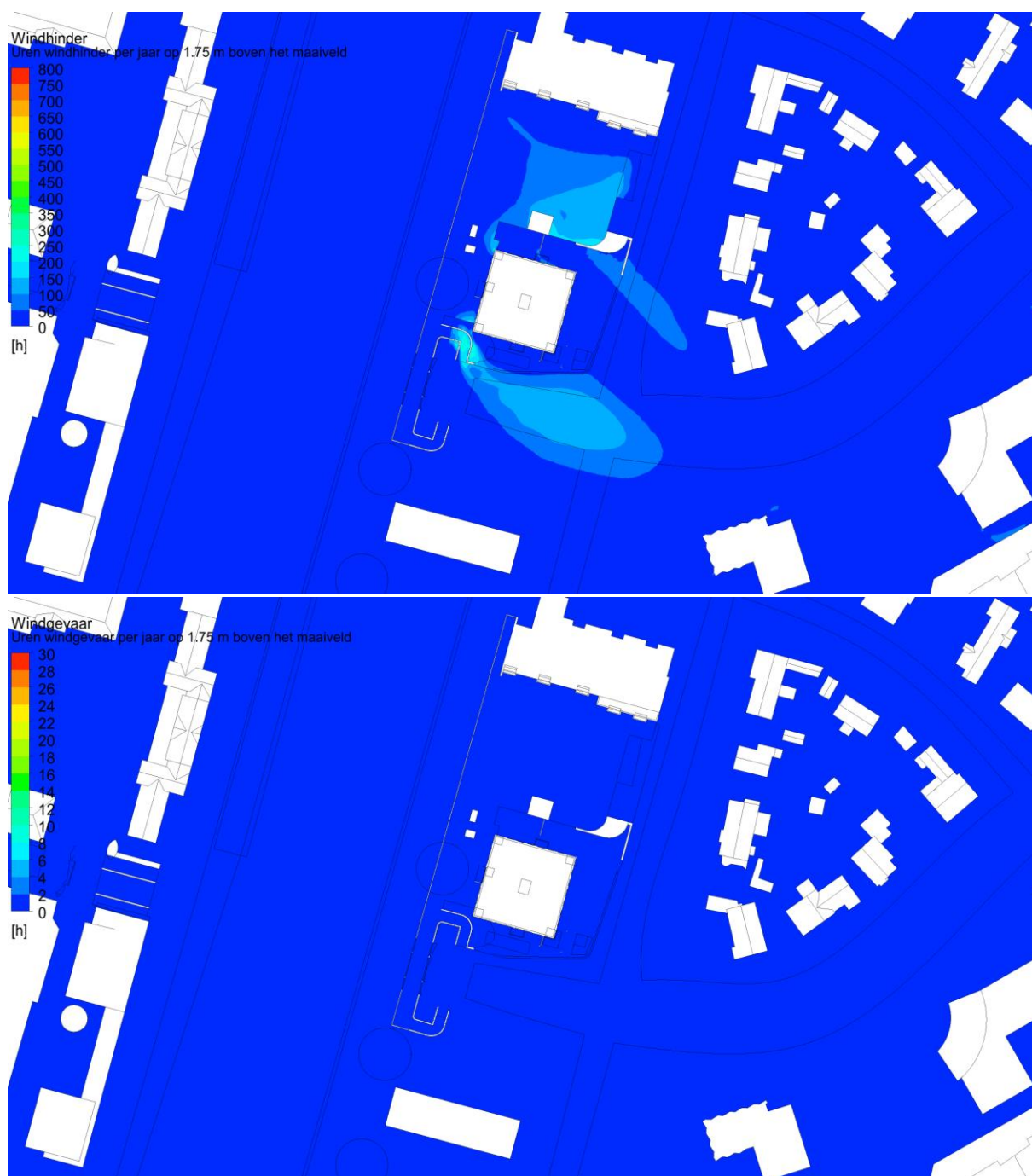


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld

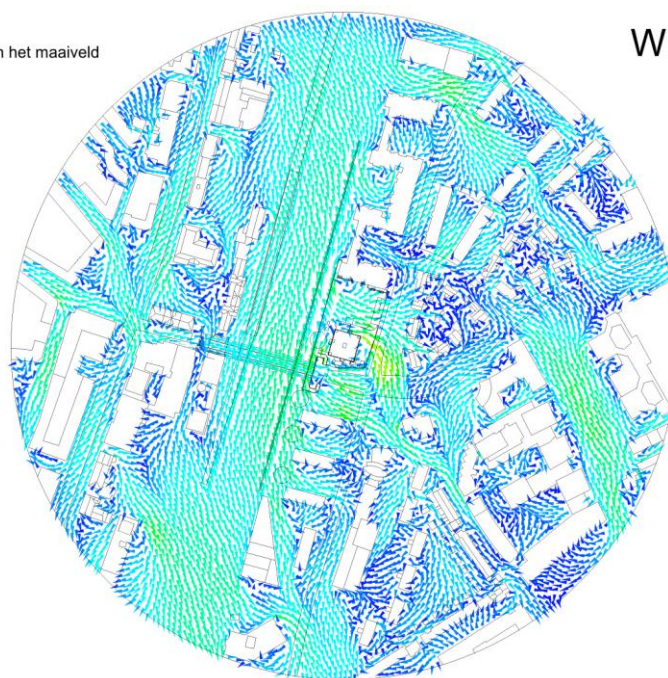
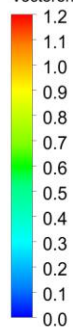


Windrichting = 300

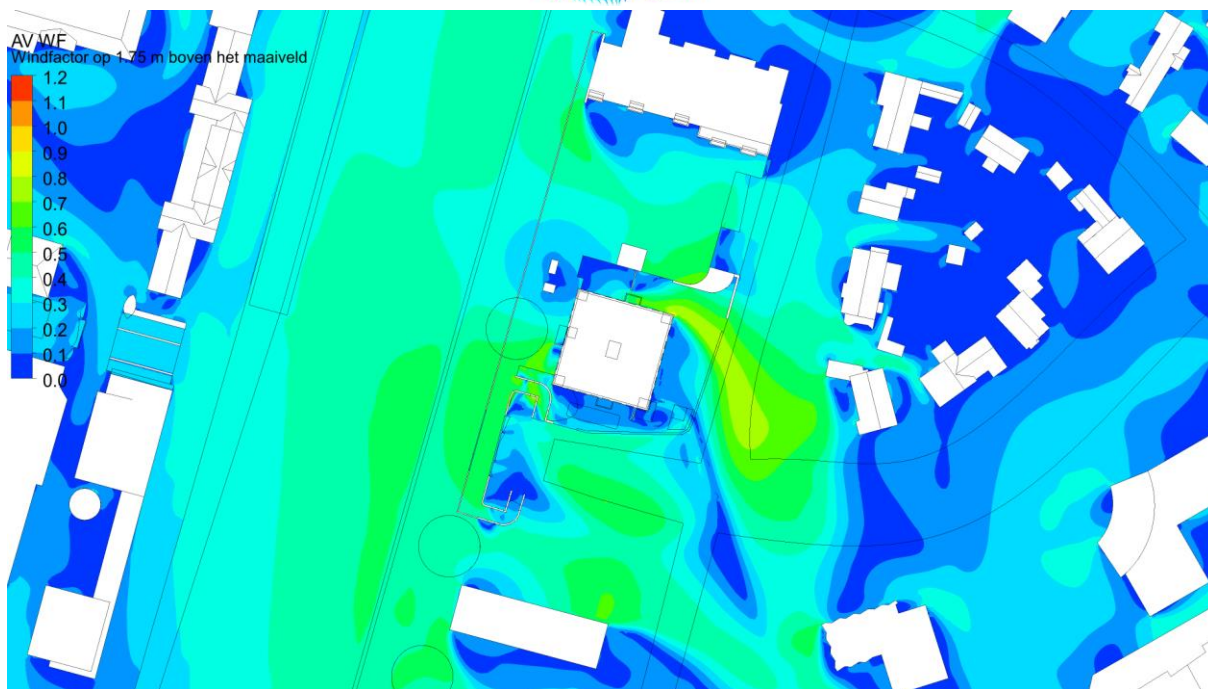


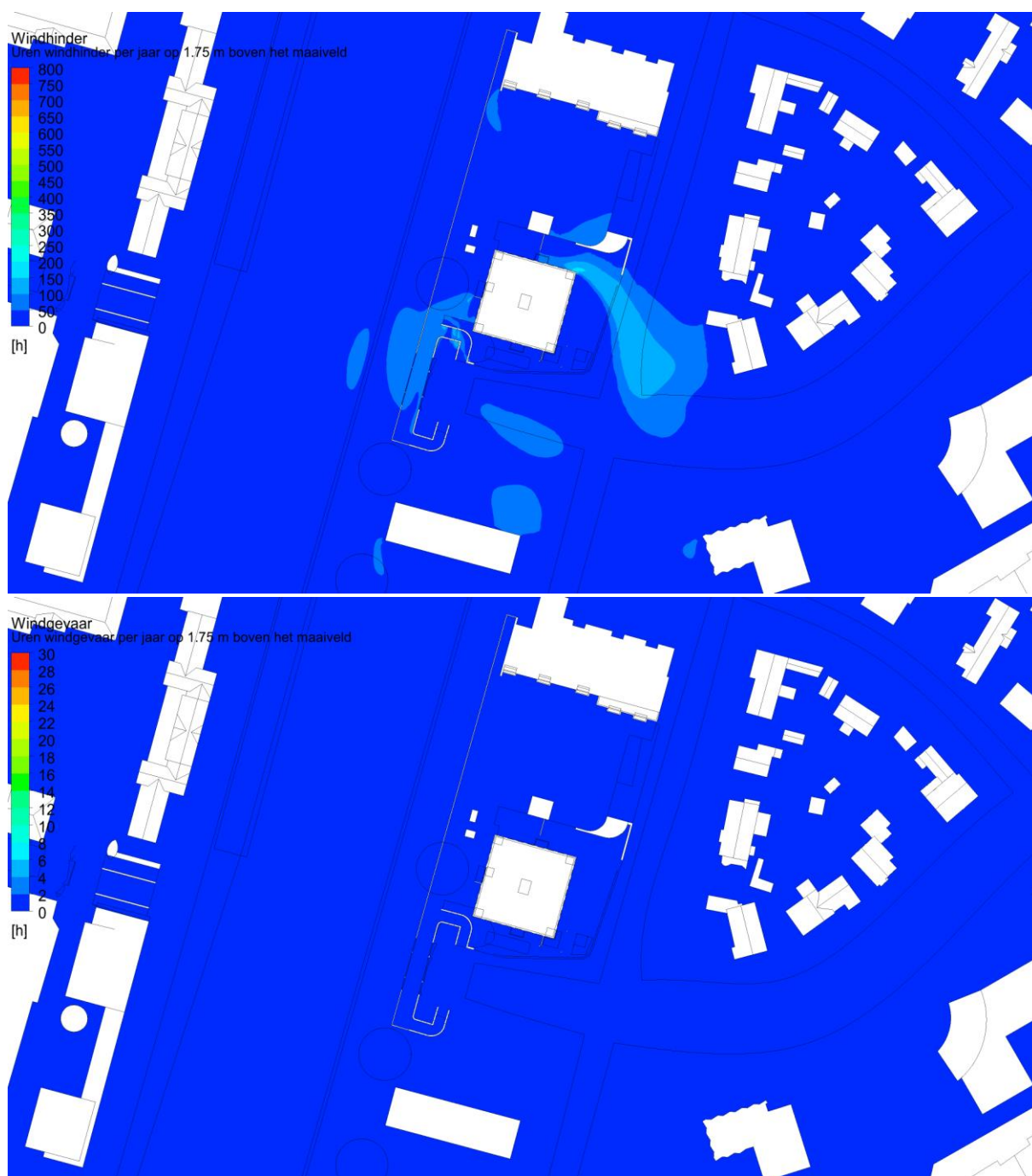


AV WF
Vectoren windfactor op 1.75 m boven het maaiveld



Windrichting = 330





Bijlage C – Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens
Projectnaam	Windonderzoek Roertoren
Opdrachtgever	Aveco de Bondt
Datum	7 oktober 2022 – 23 februari 2024
Model	Algemene gegevens
Omvang gemodelleerd gebied	300 m
Afmetingen model	1960x1280x410m
Blokkeringsgraad	<5 %
Gemodelleerd groen	Volumetrische weerstandscoefficiënt van 0,25 m ⁻¹
Aantal windrichtingen	12
Onderzochte configuraties	Nieuwbouw
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM ☐ FEM ☐ anders Ansys CFX 2022 R2 en 2023 R1
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☐ isothermisch ☐ passieve scalairs ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalairs Overige:
Rekenrooster	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prisma's Aantal elementen: 44,3 miljoen – 77 miljoen
Turbulentiemodellering	RNG κ - ϵ
Convectieve differentieschema's	Snelheidscomponenten: High Resolution (Upwind) Turbulentie grootheden: First order Upwind
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Atmosferische grenslaag stedelijk gebied Ruwheid: 1,6 m Snelheid: 5 m/s op 10 m hoog
Uitlaat	Uitlaat met relatieve druk 0 Pa
Boven-/zijwanden	Opgelegd windprofiel
Vloer/bodem	Ruwheid gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie
Overige	Binnen gemodelleerd gebied Wanden: Glad met stilstaande lucht (no slip)
Gegevensverwerking en beoordeling	Informatie voor locatie en berekening windklimaat
RD-coördinaten	X 197510, Y 356025