

Rapport

Project: De Aarhof

Locatie: Alphen aan den Rijn, Nederland
Onderwerp: CFD simulaties windhinderonderzoek
Document: 51021910e000
Datum: 16 Mei 2024

Status	Beschrijving	Auteur	Controle	Datum
1 ^e uitgave	CFD rapport			11/11/2021
2 ^e uitgave	Veranderingen geometrie ontwikkeling			30/06/2023
3 ^e uitgave	Geometrie update			16/05/2024

Project De Aarhof
Locatie Alphen aan den Rijn, Nederland

Onderwerp CFD simulaties windhinderonderzoek
Document 510211910e000
Revisie 2 (revisie van rapport B621009e001 d.d. 30 Juni 2023)
Datum 16 Mei 2024
Status Definitief
Auteur [REDACTED]
Controle door [REDACTED]

1^{ste} Opdrachtgever Nelissen ingenieursbureau
Larixplein 7
5602 BG Eindhoven
Nederland

Contact [REDACTED]

2^{de} Opdrachtgever BRO
Bosscheweg 107
5282 WV Boxtel
Nederland

Contact [REDACTED]

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 en beoordelingsmethodiek	4
3	Uitgangspunten	5
3.1	Geometrie	5
3.2	Windklimaat	8
3.3	Windprofiel.....	10
3.4	CFD modellering	12
4	Resultaten windhinderonderzoek	13
4.1	Windhinder.....	13
4.2	Windgevaar	20
5	Samenvatting.....	24
	Referenties	26
	Appendix A – CFD simulatieresultaten per windrichting oude situatie	27
	Appendix B – CFD simulatieresultaten per windrichting nieuwe situatie.....	52
	Appendix C – Technisch inlegvel numerieke simulatie	77

1 Introductie

Op verzoek van Nelissen ingenieurbureau en BRO is een windhinderonderzoek uitgevoerd voor het ontwikkelingsproject Aarhof, te Alphen aan den Rijn. Het ontwikkelingsproject omvat een winkelcentrum met daarboven/omheen woongebouwen van gemiddeld 5 bouwlagen hoog en twee woontorens van circa 49 en 65 m hoog. Er is tevens een bovengrondse parkeergarage aanwezig.

Het windklimaat rond de Aarhof is inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN8100 (1). Er is inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau in de directe omgeving van de ontwikkeling, de balkons, galerijen en op het parkeergebied op de 1^e verdieping.

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 en beoordelingsmethodiek

Het doel van het onderzoek is het lokale windklimaat op straatniveau, de balkons, galerijen, het parkeergebied en de ingangen van de Aarhof inzichtelijk te maken. Daarnaast wordt het lokale windklimaat op straatniveau van de ontwikkeling vergeleken met de huidige situatie van de Aarhof.

Het lokale windklimaat is inzichtelijk gemaakt aan de hand van de methode omschreven in de NEN8100. De NEN8100 maakt gebruik van een classificatie tabel waarbij de boordeling 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 het ontwikkelingsgebied. 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 NEN8100.

De drempelwaarde voor windgevaar is in de NEN8100 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 NEN8100.

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

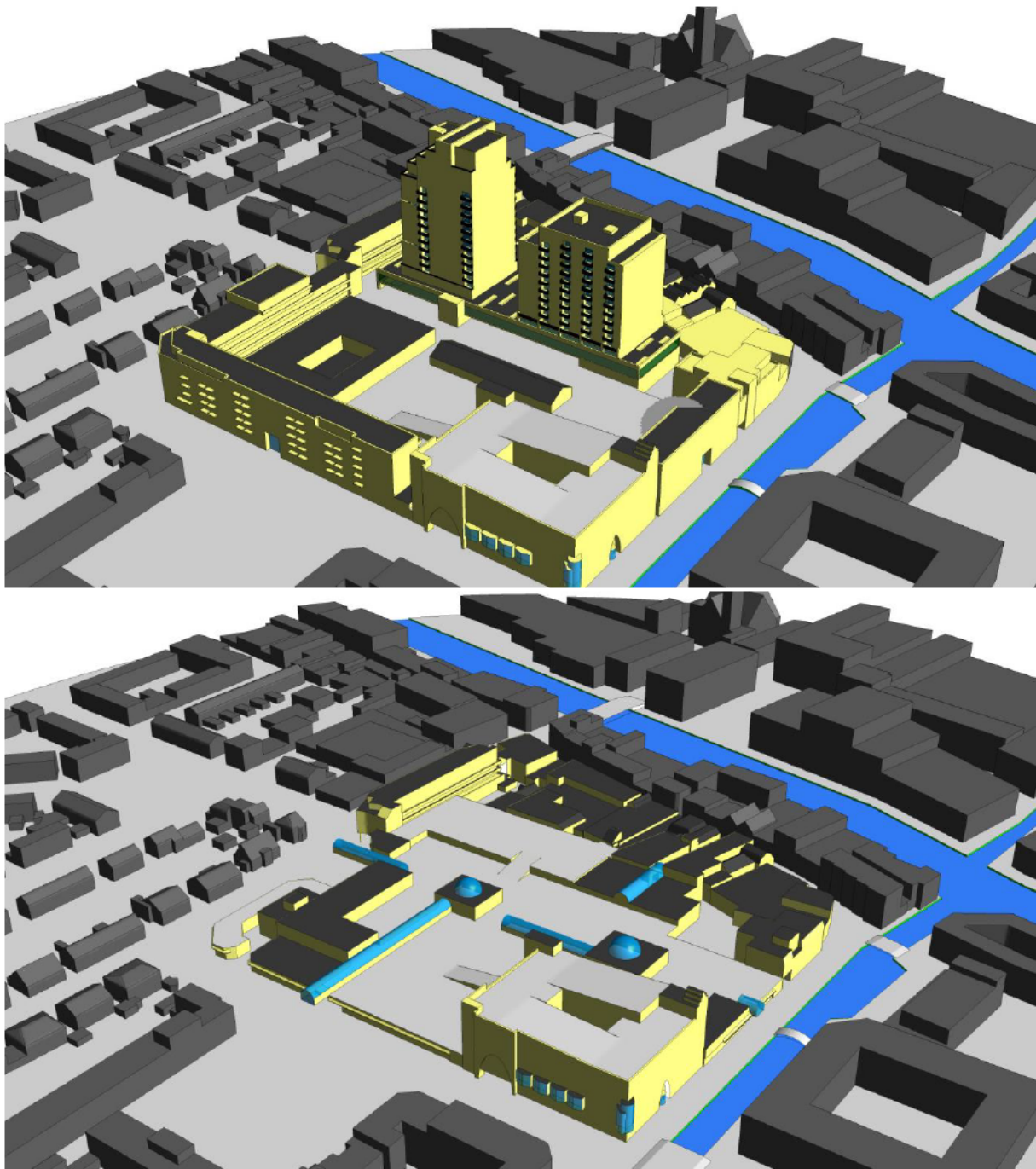
De Aarhof is een ontwikkeling in Alphen aan den Rijn, de ontwikkeling omvat een winkelcentrum met daarboven/omheen woongebouwen van gemiddeld vijf bouwlagen hoog en twee woontorens van circa 49 en 65 m hoog. Tevens wordt de bovengrondse parkeergarage verbouwd en wordt er onder de woontorens een extra stuk parkeergarage bijgebouwd.

Het 3D CFD model is gebaseerd op het aangeleverde 3D model, weergegeven in Tabel 3. Het 3D model voor de huidige Aarhof is gebaseerd op 3D Bag (2). Daarnaast is de omgeving gereconstrueerd aan de hand van het actueel Hoogtebestand Nederland (3). Op verzoek van de gemeente is het pand van Aarkade 6-8 in meer detail opgenomen in de simulatie met de nieuwbouwontwikkeling. Dit pand zit niet geheel in de simulatie van de huidige situatie doordat het nog niet zo gedetailleerd in het landelijke 3D model(3D Bag) zit, en vanuit het oogpunt dat deze verandering het windklimaat niet significant zal veranderen.

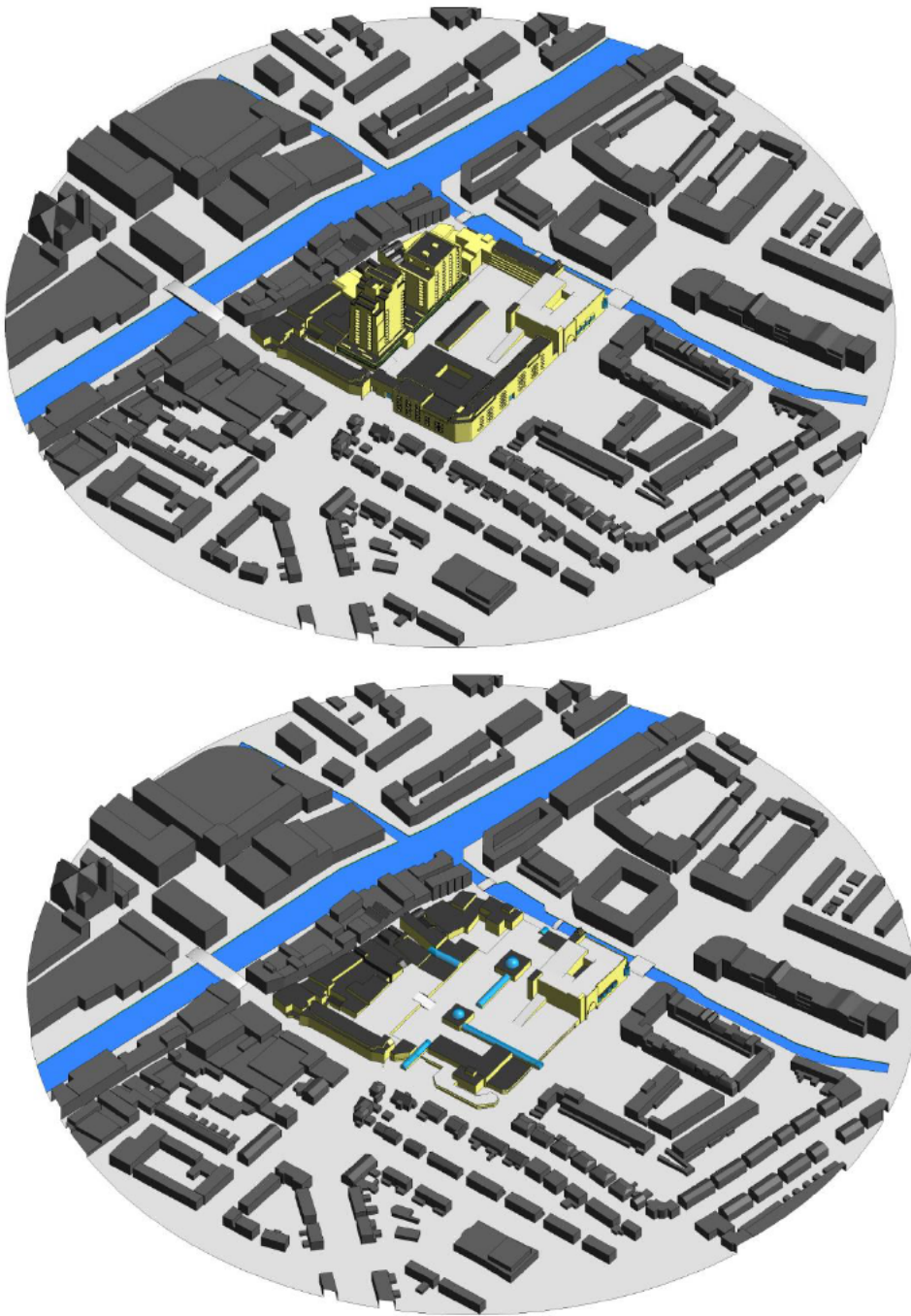
Model/tekening	Omschrijving	Ontvangen op
VO_19015_Aarhof_Central File.skp	3D model	02-11-2021
19015_211014_200_overzichtsplattegronden.pdf	Overzichtplattegrond	02-11-2021
19015_aarhof_blok E_CF.skp	3D model blok E	16-05-2023
19015_aarhof_blok F_CF.skp	3D model blok F	16-05-2023
19015_aarhof_D_winkelcentrum_CF.skp	3D model winkelcentrum	16-05-2023
3553507_1530219540779_Aarkade-ROSSUM-2018-04-12_CONSTRUCTIE.pdf	tekeningen Aarkade 5-8	27-03-2024

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

In Figuur 1 is een impressie van het 3D CFD model voor de huidige en nieuwe situatie nabij de Aarhof weergegeven. In Figuur 2 is het volledige 3D model voor beide situaties weergegeven.



Figuur 1: Overzicht van de nieuwbouwontwikkeling (boven) en huidige situatie (beneden) in het 3D CFD model.

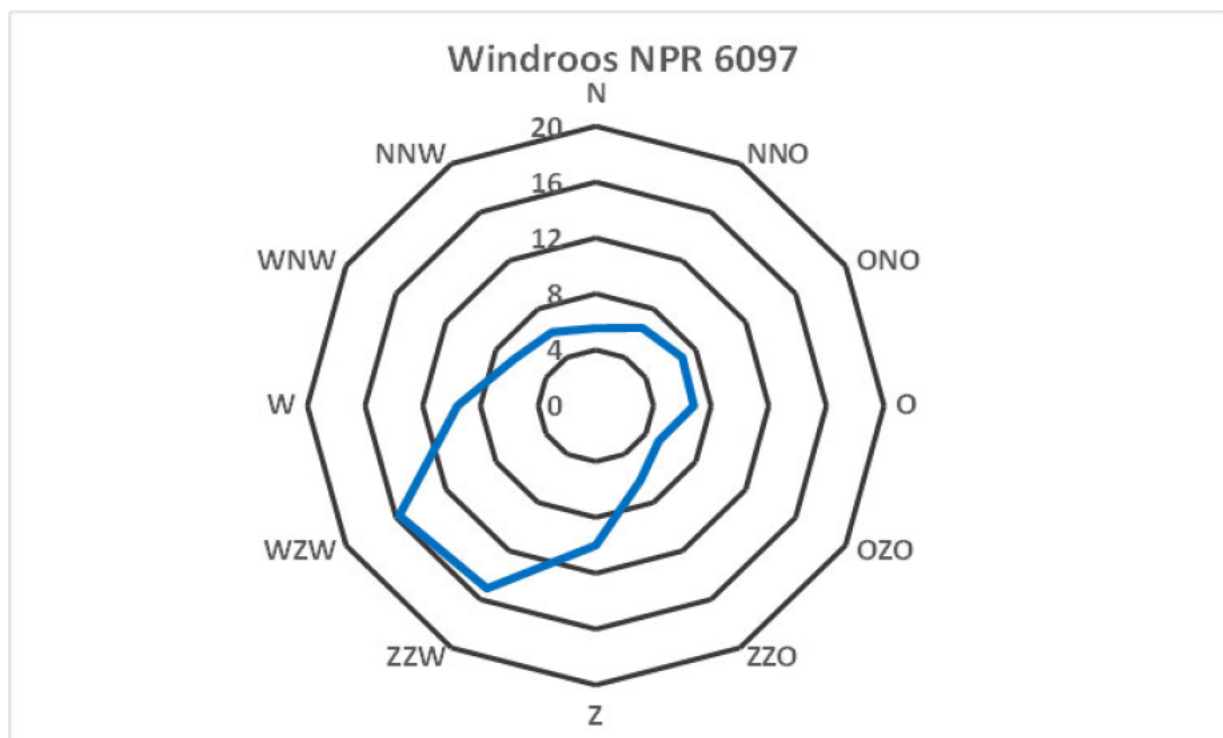


Figuur 2: Overzicht van het 3D CFD model van de ontwikkeling (boven) en huidige situatie (beneden) met omliggende bebouwing.

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.

De simulaties zijn uitgevoerd voor de 12 windrichtingen zoals aangegeven in de windroos, zie Figuur 3.



Figuur 3: Windroos ter plaatse van de Aarhof, 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	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]	[uur]
0,0 – 0,9	14.8	14.6	9.4	11.2	11.8	13.2	13.6	14.6	16.3	18.4	13.5	15.9
1,0 – 1,9	52.7	51.1	34.4	36.4	33.4	42.4	46.2	53.3	54.3	58.7	48.8	50.2
2,0 – 2,9	73.4	73.4	55.7	51.3	52	64.8	81.1	87.4	82.7	82.1	67.9	68.8
3,0 – 3,9	84.8	93.1	70.9	69.3	65.2	79.9	100.3	114.4	112.6	99.9	77.9	79.1
4,0 – 4,9	78.2	87.3	78.1	76.9	62.8	83.7	109.8	139.3	129.4	109.4	79.3	82.2
5,0 – 5,9	65.4	78.4	85.2	82.3	60.3	76.2	107.2	151.8	151	102.8	73.8	70.4
6,0 – 6,9	50.1	61.2	74.9	74.1	52.9	60.5	98.4	140.4	152.8	87.5	60.2	55
7,0 – 7,9	31.2	43.8	57.7	57.6	36.8	41.5	83.1	135.4	144.3	77.1	51.2	38.3
8,0 – 8,9	17.2	29.1	41.4	42.7	28	30.4	67.7	118.8	124.4	60	36.2	30
9,0 – 9,9	8.9	15.5	34	33.8	21.1	22	54.7	100.7	109.3	43.8	27.2	18.3
10,0 – 10,9	4.90	8.6	25.5	23.9	9.1	12	37.2	80.8	89.9	32.7	17.6	10.9
11,0 – 11,9	2.50	4.1	15.8	15.4	4.8	8.6	28.6	63.8	63.8	22.9	10.7	5.8
12,0 – 12,9	1.50	2.5	10.7	8.8	1.8	3.8	19.2	45.7	53.3	16.8	7	3.5
13,0 – 13,9	0.80	1	6.7	6.3	1.3	2	11.9	30.7	34.7	12.1	2.9	1.9
14,0 – 14,9	0.20	0.2	4.2	3.7	0.5	0.4	7.9	20	22.9	6.4	1.4	1
15,0 – 15,9	0	0.1	1.7	1.5	0.5	0.4	4.3	11.6	15.9	3.9	1.1	0.4
16,0 – 16,9	0	0	0.4	0.7	0.1	0.3	2.3	7.5	8.9	2.5	0.3	0.3
17,0 – 17,9	0	0	0.2	0.4	0.1	0	1	3.3	5	1.2	0.1	0.2
18,0 – 18,9	0	0	0.1	0.1	0	0	0.4	2.5	3	0.8	0.2	0
19,0 – 19,9	0	0	0.1	0	0	0	0.5	1.3	2	0.3	0.1	0
20,0 – 20,9	0	0	0	0	0	0	0.3	0.8	1	0.2	0	0
21,0 – 21,9	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.5	0	0	0
22,0 – 22,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.1	0.1	0
23,0 – 23,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0
24,0 – 24,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0
25,0 – 25,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0
26,0 – 26,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27,0 – 27,9	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 Aarhof volgens NPR 6097.

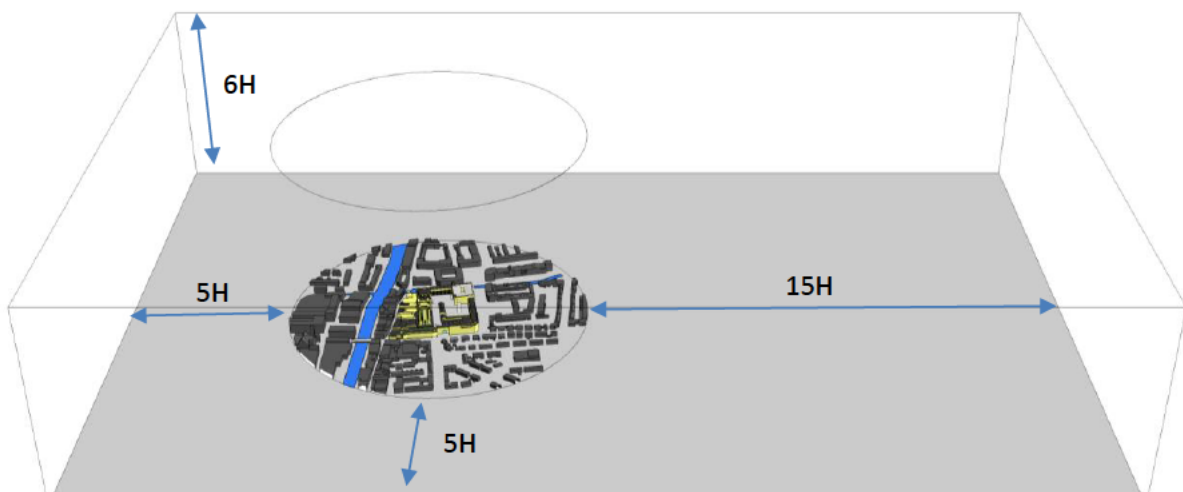
3.3 Windprofiel

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 Aarhof is vastgesteld door middel 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.



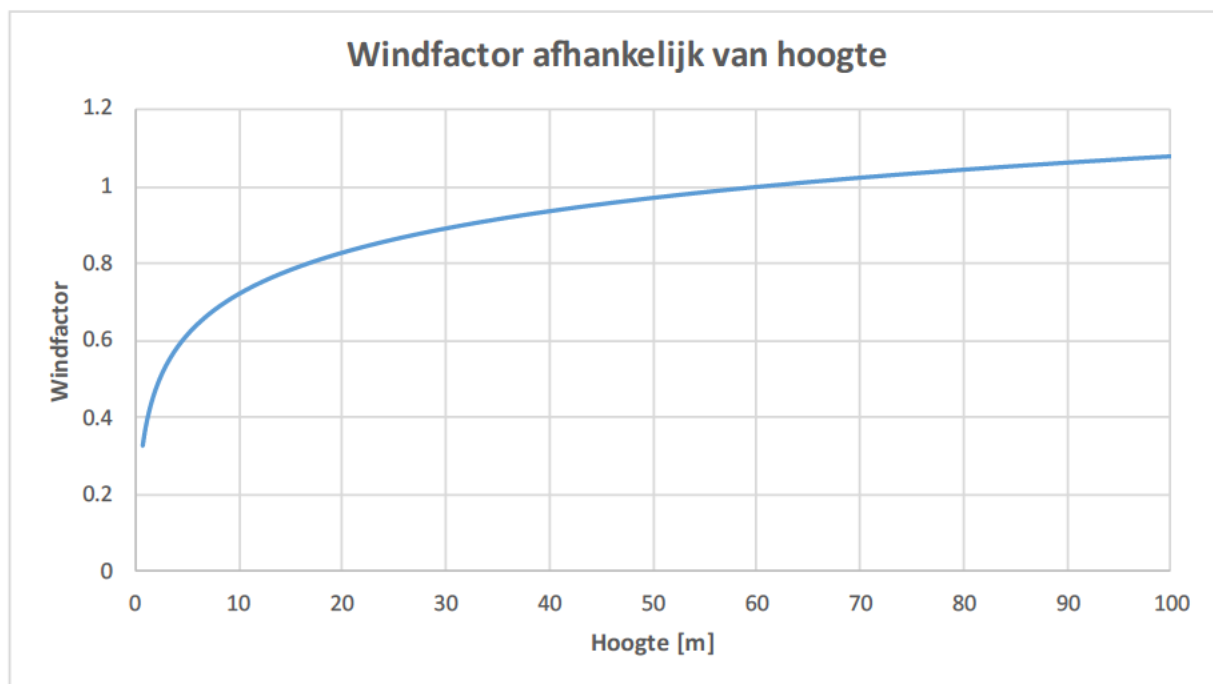
Figuur 4: Winddomein om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).

Aan de hand van de referentiewindsnelheid, referentiehoogte en ruwheidslengte 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 voor de huidige en nieuwe situatie zijn uitgevoerd met behulp van het softwarepakket ANSYS CFX versie 2021 R1 of hoger. Dit softwarepakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd. In Bijlage C staat een omschrijving van de software en validatielijst voor deze toepassing.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom de Aarhof. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van een fluïdum worden voor elke cel opgelost. In Tabel 5 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

Parameter	Beschrijving
Cel type	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
Cel grootte	Dynamisch, variërend tussen 0,025 tot 1,0 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,2 tot maximaal 15 m in het vrije volume
Aantal cellen	83.4 miljoen
Simulatie type	Steady state
Convergentie criteria	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
Tijdstap	2,5 s
Aantal iteraties	1000
Fluïde	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) Wandruwheid: - 0.050 m op straten - 0.001 m op water
Randen winddomein	Snelheids- en turbulentieprofiel
Ruwheid winddomein	Gemodelleerd door toepassing van volumetrische bronnen voor momentum en turbulentie net boven het maaiveld
Balkonreling	Volumetrische weerstandscoefficiënt: 0.15

Tabel 5: CFD modellering eigenschappen.

4 Resultaten windhinderonderzoek

Het aantal uren overschrijding van windhinder en windgevaar is voor 12 windrichtingen berekend. Het resulterende aantal uren overschrijding is op straat, in parkeergebieden en galerijen/terrassen 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 voor de huidige situatie en in Bijlage B voor de nieuwbouwontwikkeling.

4.1 Windhinder

In Figuur 6 en Figuur 7 wordt respectievelijk het percentage overschrijding van windhinder op jaarbasis weergegeven volgens de kwaliteitsklassen uit de NEN8100 op 1,75 m boven de grond en boven het parkeerdek. De bovenste figuur toont het resultaat voor de situatie met de ontwikkeling en de onderste figuur toont de huidige situatie. In Figuur 8 wordt het percentage overschrijding van windhinder op jaarbasis op 1,75 m boven de galerijen/terrassen en 1 m boven balkons weergegeven voor de nieuwbouwontwikkeling.

Op Figuur 6 is te zien dat in de huidige situatie voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar is rondom de Aarhof, met gebieden van kwaliteitsklasse C langs de Aarkade en De Vest. In de nieuwe situatie is kwaliteitsklasse A voornamelijk aan de zuid- en westkant van de Aarhof te zien. De gebieden met kwaliteitsklasse B en C langs de Aarkade en De Vest zijn iets uitgebreid. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren. Op het terras aan de Aarkade is dit een goed tot slecht windklimaat voor de activiteit langdurig zitten.

De nieuwbouwontwikkeling zorgt voor een verandering van het windklimaat op straatniveau aan de noord en de zuidoostkant van het gebied. Op het parkeerdek is aan de zuidkant een verandering ten opzichte van de huidige situatie zichtbaar.

Aan de noordzijde van het ontwikkelingsgebied is een verandering te zien in de bevoorradingssteeg/parkeerplaats (Aarkade) naar kwaliteitsklasse C, dit is een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen.

Aan de zuidoostkant van de Aarhof zijn voornamelijk kwaliteitsklassen C en D waarneembaar met een relatief klein gebied met kwaliteitsklasse E. Dit is een gevolg van de veelvoorkomende windrichtingen 210 en 240 graden (zuidwestenwind). Bij deze windrichtingen stroomt de lucht langs de zuidzijde van de Aarhof en versnelt om de zuidoosthoek van het gebouw de straat de Vest in, weergegeven in Figuur 9. Ter verduidelijking van de grootte van dit gebied is een vergrote afbeelding in Figuur 10 weergegeven.

Aan de zuidkant, bij de inrit van het bevoorradingsgebied, is voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar voor de nieuwe situatie. Bij de huidige situatie is hier een groot gebied met kwaliteitsklasse B waarneembaar. De nieuwe opgaande gevel zorgt voor de verbetering van het windklimaat in dit gebied.

Aan de westkant van de Aarhof in de zijstraat Van Manderslootstraat naar het winkelcentrum, de Samuel aardewerksteeg en het doorloopgebied richting de bevoorrading is kwaliteitsklasse A waarneembaar voor de nieuwe en huidige situatie.

Op het parkeerdek ten oosten van de woontorens is op 1,75 m hoogte kwaliteitsklasse C of beter waarneembaar. Dit gebied wordt gemarkeerd als een doorloopgebied. Kwaliteitsklasse C betekent een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen. Alleen aan de zuidkant is een klein gebied met kwaliteitsklasse E waarneembaar. Dit gebied zal echter worden gebruikt als parkeerplaats.

Nabij alle ingangen van het winkelcentrum is in de nieuwe situatie kwaliteitsklasse A waarneembaar. Dit is een goed windklimaat voor de activiteit langdurig zitten.

Op 1,75 m hoogte boven de galerijen/terrassen is kwaliteitsklasse C of beter waarneembaar. Kwaliteitsklasse C markeert een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen, echter een matig windklimaat voor de activiteit slenteren.

Op 1 m boven de balkons is voornamelijk op de balkons ten zuidwesten van de woontorens kwaliteitsklasse E waarneembaar. Dit wordt veroorzaakt doordat veelvoorkomende wind uit het zuidwesten langs en tussen de twee woontorens versnelt, weergegeven in Figuur 10. Door deze versnelling wordt de grenswaarde voor windhinder relatief vaak overschreden, waardoor een slecht windklimaat ontstaat. De balustrades van de balkons zijn open hekken die lucht nauwelijks tegenhoudt. Door deze balustrades gesloten te maken kan het windklimaat worden verbeterd.



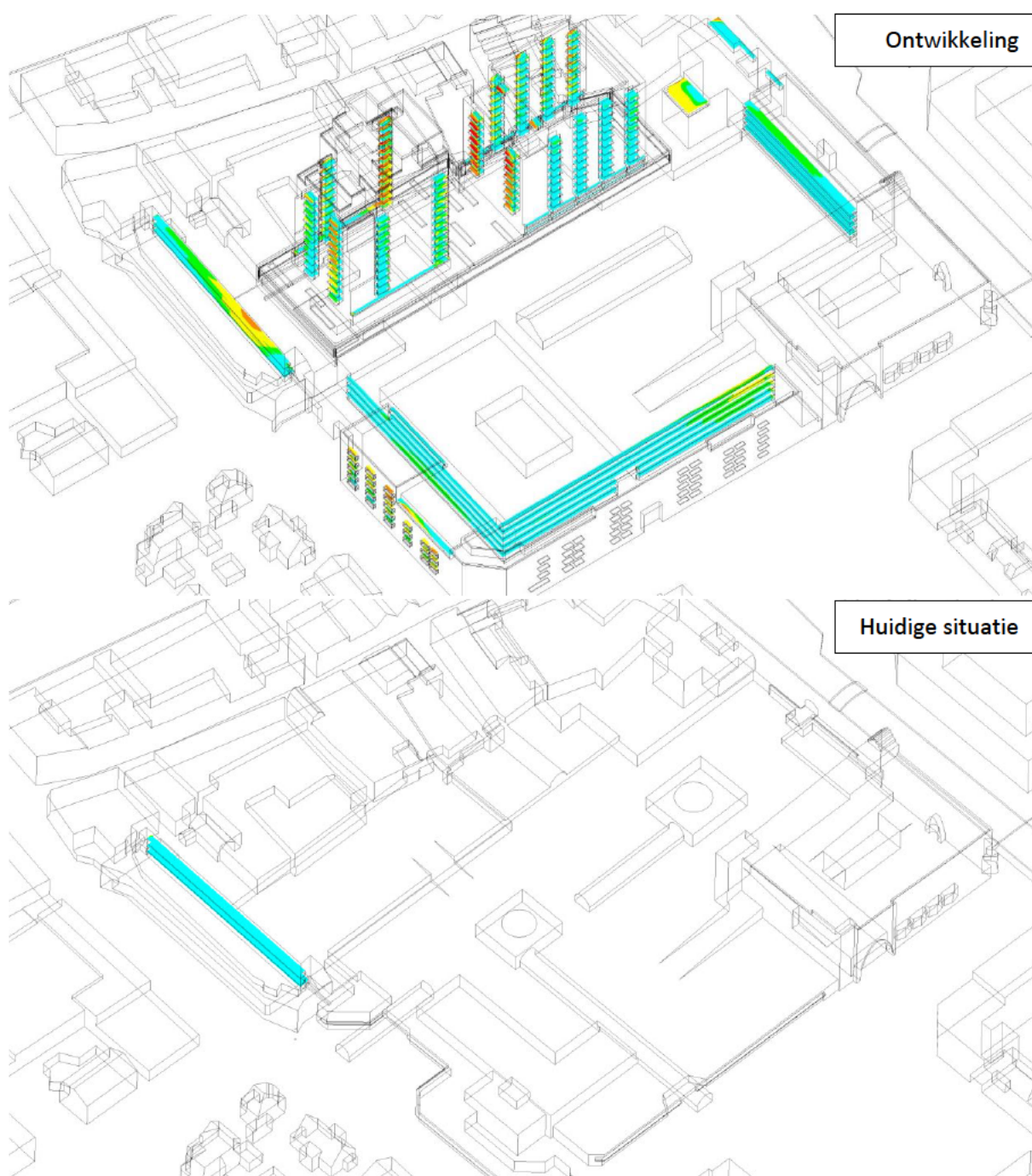
Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

Figuur 6: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven straatniveau volgens de NEN8100 rond de ontwikkeling (boven) en huidige situatie (onder). De pijlen geven de ingangen van het winkelcentrum aan.



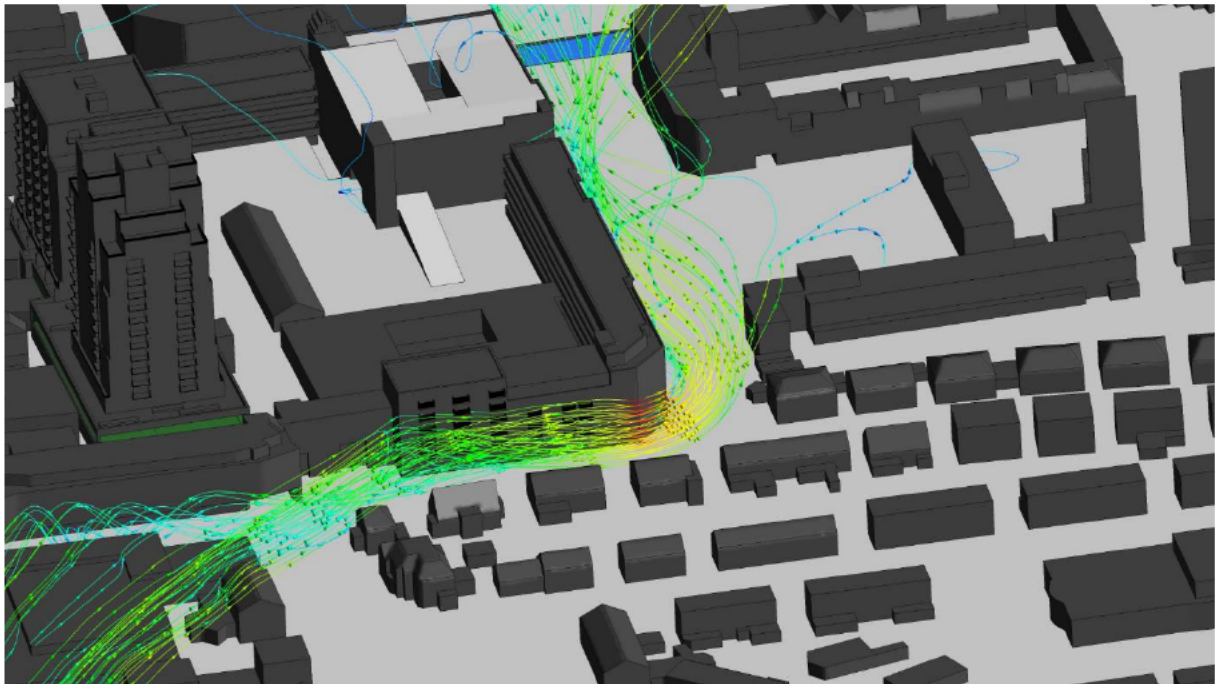
Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

Figuur 7: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven het parkeerdek volgens de NEN8100 rond de ontwikkeling (boven) en huidige situatie (onder). De pijlen geven de ingangen van het winkelcentrum aan.

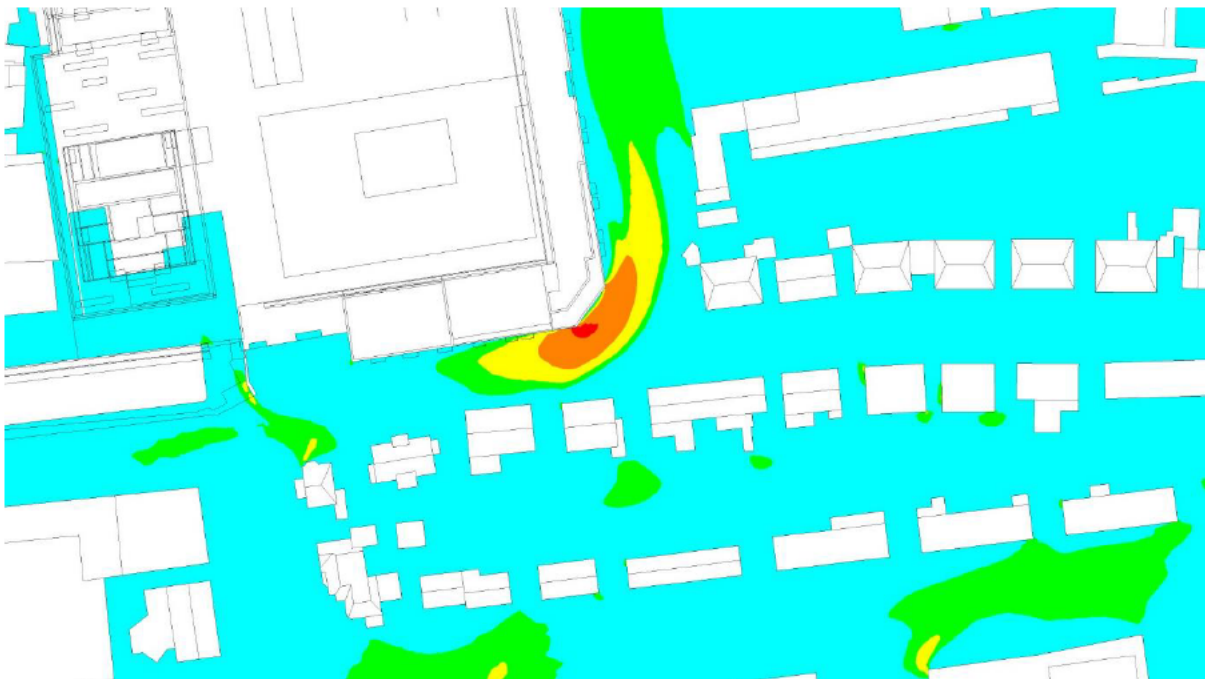


Overschrijdingskans In procenten van het aantal uren per jaar	Kwaliteitsklasse	Activiteiten		
		Doorlopen	Slenteren	Langdurig zitten
<2,5	A	Goed	Goed	Goed
2,5 – 5	B	Goed	Goed	Matig
5 – 10	C	Goed	Matig	Slecht
10 – 20	D	Matig	Slecht	Slecht
>20	E	Slecht	Slecht	Slecht

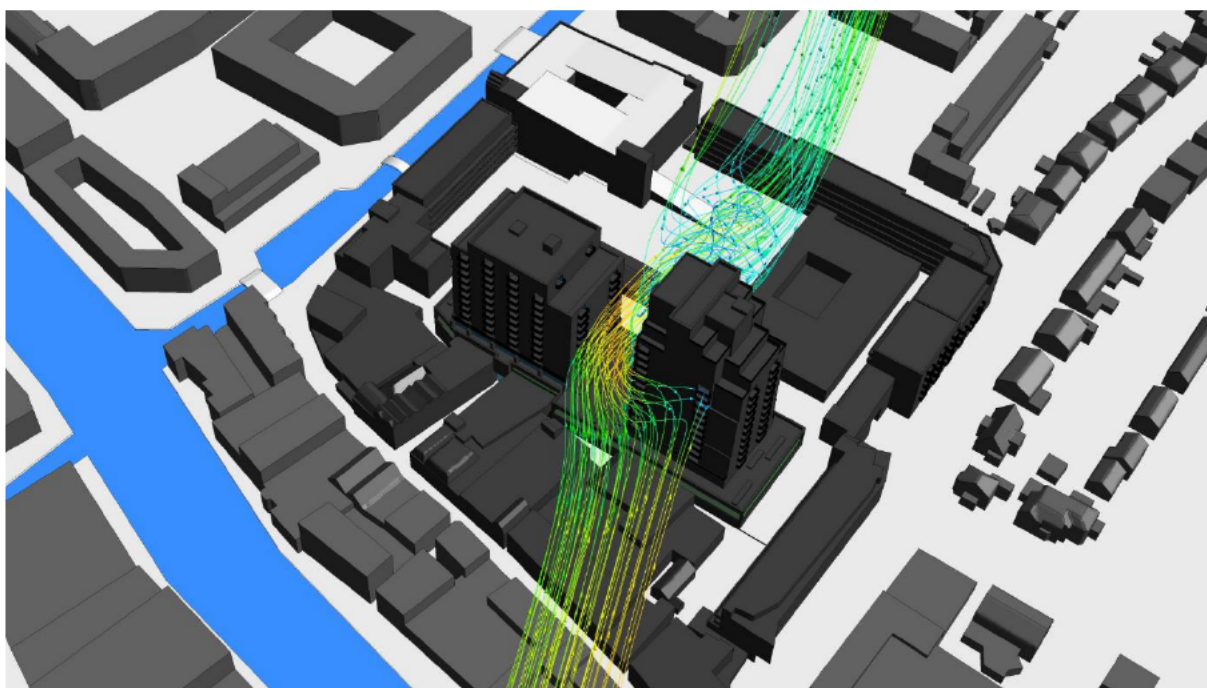
Figuur 8: Kwaliteitsklasse op 1,75 meter boven de galerijen/terrassen en 1 meter boven de balkons voor de ontwikkeling(boven) en de huidige situatie (onder) volgens de NEN8100.



Figuur 9: Stroomlijnen van de lucht die langs het de zuidoost gevel van de ontwikkeling langs de hoek versnelt. (windrichting 210).



Figuur 10: Vergrote weergave van de zuidoost zijde van de Aarhof in de nieuwe situatie (schaal volgens de NEN8100, zie Figuur 6), de contour is weergegeven op 1.75 m boven het maaiveld.



Figuur 11: Stroomlijnen van veelvoorkomende wind uit het zuidwesten die langs en tussen de twee woontorens versnelt (windrichting 240).

4.2 Windgevaar

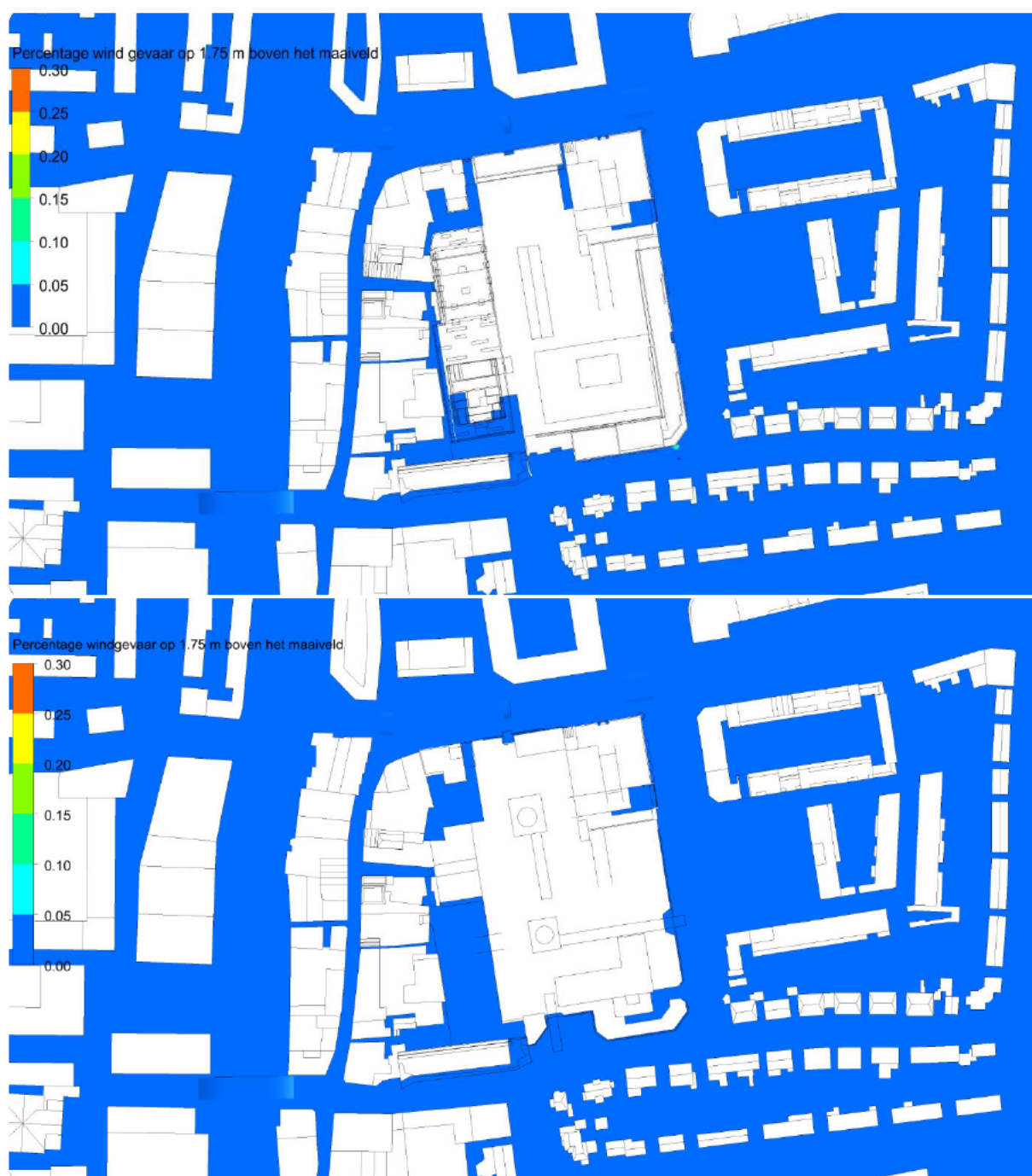
In de NEN8100 staat dat een percentage overschrijding van 0,30% per jaar gevaarlijk is en dat publiek hier niet aan mag worden blootgesteld. Daarnaast wordt in de NEN8100 gesteld dat situaties met een overschrijdingskans van 0,05% tot 0,30%, een beperkt risico, alleen mag worden geaccepteerd als dit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

In Figuur 12, Figuur 13 en Figuur 14 wordt respectievelijk het percentage overschrijding van windgevaar op 1,75 m boven het grondvlak, boven het parkeerdek, boven de galerijen/terrassen en 1 m boven de balkons op jaarbasis weergegeven volgens de boordeling uit de NEN8100 voor de ontwikkeling en de huidige situatie.

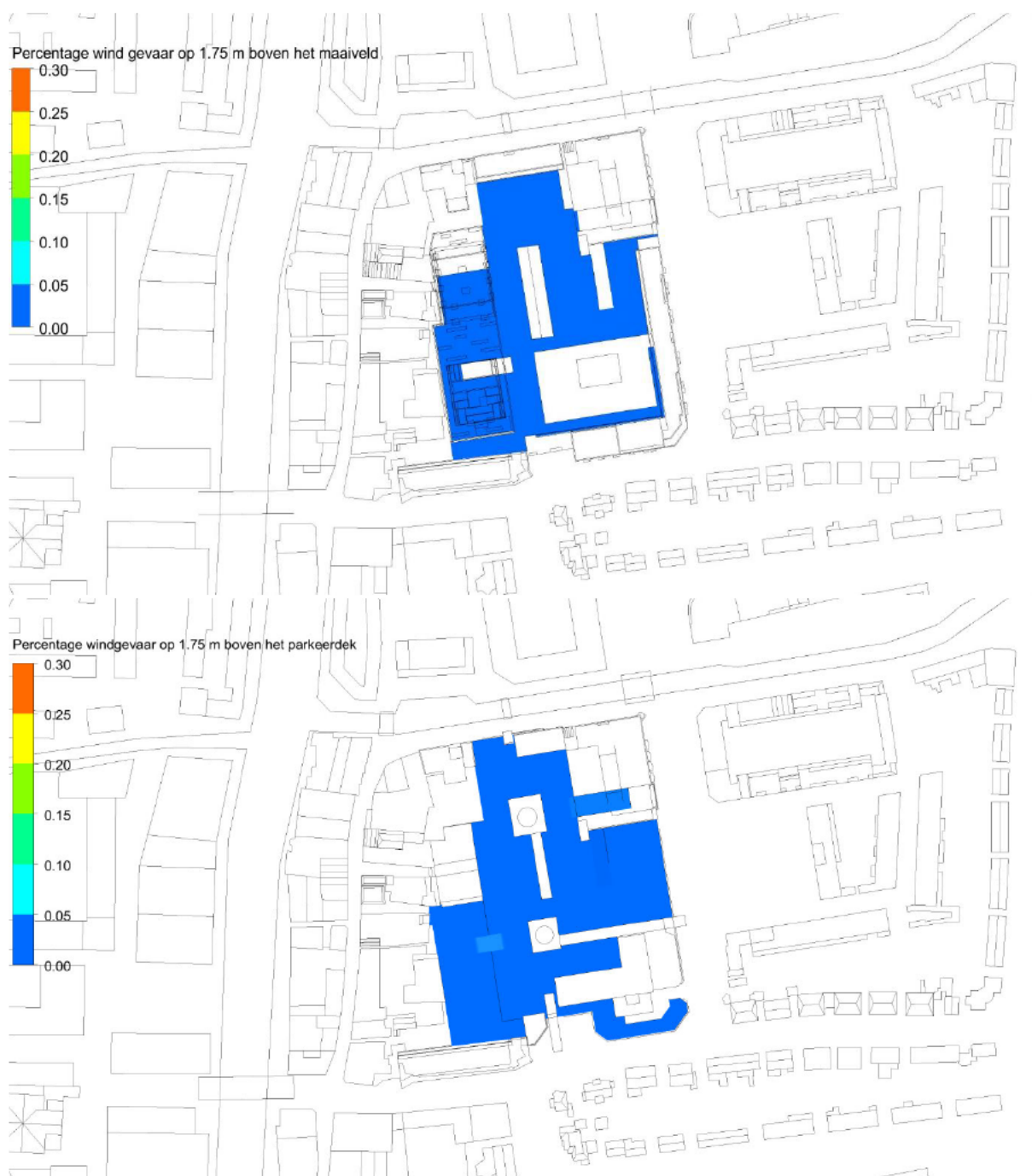
Te zien is dat rondom de ontwikkeling, het parkeerdek en boven de galerijen/terrassen de grens voor windgevaar niet wordt overschreden met uitzondering van een klein gebied aan de zuidoostkant van de Aarhof. Dit is toegestaan als hier de activiteit doorlopen geldt.

Een mogelijke verbetering kan worden behaald door het effect te onderzoeken van een luifel langs de zuidgevel van de nieuwbouw, waardoor wind die langs het gebouw naar beneden komt boven de stoep (op de luifel) om de nieuwbouw heen stroomt.

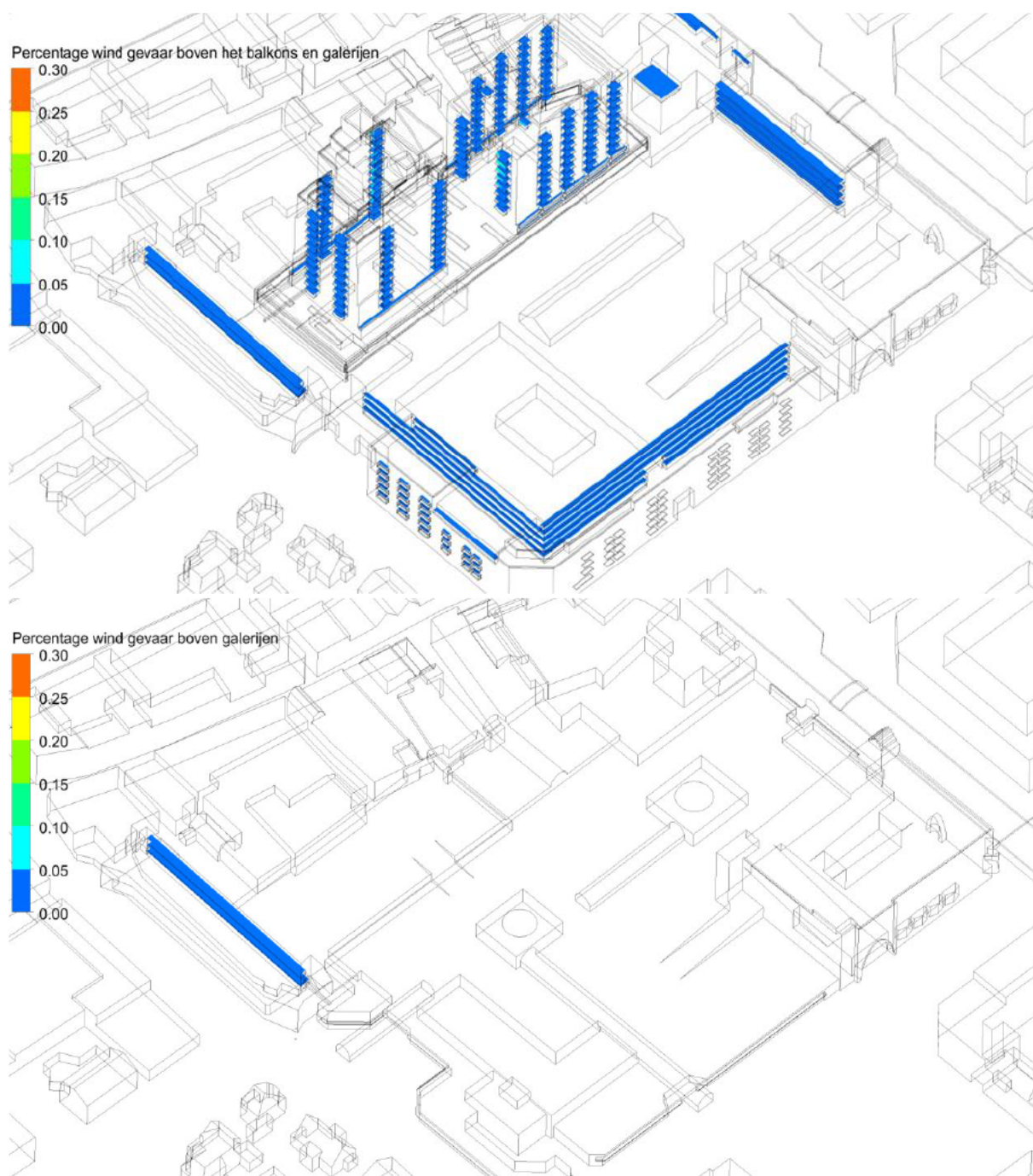
Aan de zuidwestkant van de woontorens wordt op een aantal balkons de grens van windgevaar overschreden. Er wordt geadviseerd maatregelen te treffen om het windklimaat op de balkons te verbeteren. Dit kan worden gerealiseerd door het plaatsen van verhoogde dichte balustrades.



Figuur 12: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven het maaiveld voor de ontwikkeling (boven) en de huidige situatie (onder).



Figuur 13: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven het parkeerdek voor de ontwikkeling (boven) en de huidige situatie (onder).



Figuur 14: Percentage windgevaar per jaar op 1,75 m boven de galerijen/terrassen, en 1 m boven de balkons, voor de ontwikkeling (boven) en de huidige situatie (onder).

5 Samenvatting

Op verzoek van Nelissen Ingenieursbureau en BRO is een windhinderonderzoek uitgevoerd voor het project De Aarhof, te Alphen aan den Rijn. De ontwikkeling omvat een winkelcentrum met daarboven en er omheen woongebouwen van gemiddeld vijf bouwlagen hoog en twee woontorens van circa 49 en 65 m hoog. Er is tevens een bovengrondse parkeergarage aanwezig.

Het windklimaat is inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek die omschreven staat in de NEN8100 (1). Er is inzicht verschaft in het windklimaat op straatniveau rond de ontwikkeling, de balkons, galerijen/terrassen en op het parkeerdek. Daarnaast wordt het lokale windklimaat op straatniveau van de ontwikkeling vergeleken met de huidige situatie van de Aarhof.

De resultaten tonen dat voornamelijk kwaliteitsklasse A waarneembaar is rondom de Aarhof, met gebieden van kwaliteitsklasse C langs de Aarkade en De Vest. In de nieuwe situatie is kwaliteitsklasse A voornamelijk aan de zuid- en westkant van de Aarhof te zien. De gebieden met kwaliteitsklasse B en C langs de Aarkade en De Vest zijn iets uitgebreid. Dit is een goed tot matig windklimaat voor de activiteit slenteren. Op het terras aan de Aarkade is dit een goed tot slecht windklimaat voor de activiteit langdurig zitten.

De nieuwbouwontwikkeling zorgt voor een verandering van het windklimaat op straatniveau aan de noord en de zuidoostkant van het gebied. Op het parkeerdek is aan de zuidkant een verandering ten opzicht van de huidige situatie zichtbaar.

Aan de noordzijde van het ontwikkelingsgebied is een verandering te zien in de bevoorradingssteeg/parkeerplaats (Aarkade) naar kwaliteitsklasse C, dit is goed voor de activiteit doorlopen. Aan de zuidoostkant van de Aarhof is een klein gebied met kwaliteitsklasse E waarneembaar. Aan de westkant van de Aarhof in de zijstraat van de Van Manderslootstraat naar het winkelcentrum, de Samuel Aardewerksteeg en het doorloopgebied richting de bevoorrading is kwaliteitsklasse A waarneembaar voor de nieuwe en huidige situatie.

Op het parkeerdek ten oosten van de woontorens is op 1,75 m hoogte kwaliteitsklasse C of beter waarneembaar. Alleen aan de zuidkant is een klein gebied met kwaliteitsklasse E waarneembaar. Dit gebied zal echter worden gebruikt als parkeerplaats.

Nabij alle ingangen van het winkelcentrum is in de nieuwe situatie kwaliteitsklasse A waarneembaar. Dit is een goed windklimaat voor de activiteit langdurig zitten.

Op 1,75 m hoogte boven de galerijen is kwaliteitsklasse C of beter waarneembaar. Kwaliteitsklasse C markeert een goed windklimaat voor de activiteit doorlopen, echter een matig windklimaat voor de activiteit slenteren. Op 1 m boven de balkons is voornamelijk op de balkons ten zuidwesten van de woontorens kwaliteitsklasse E waarneembaar.

Rondom de ontwikkeling, het parkeerdek en boven de galerijen wordt de grens voor windgevaar niet overschreden, met uitzondering van een klein gebied aan de zuidoostkant van de Aarhof. Dit is toegestaan als hier de activiteit doorlopen geldt.

Op een aantal balkons wordt aan de zuidwestkant van de woontorens de grens van windgevaar overschreden. Er wordt geadviseerd maatregelen te treffen om het windklimaat op de balkons te verbeteren. Dit kan worden gerealiseerd door het plaatsen van verhoogde dichte balustrades.

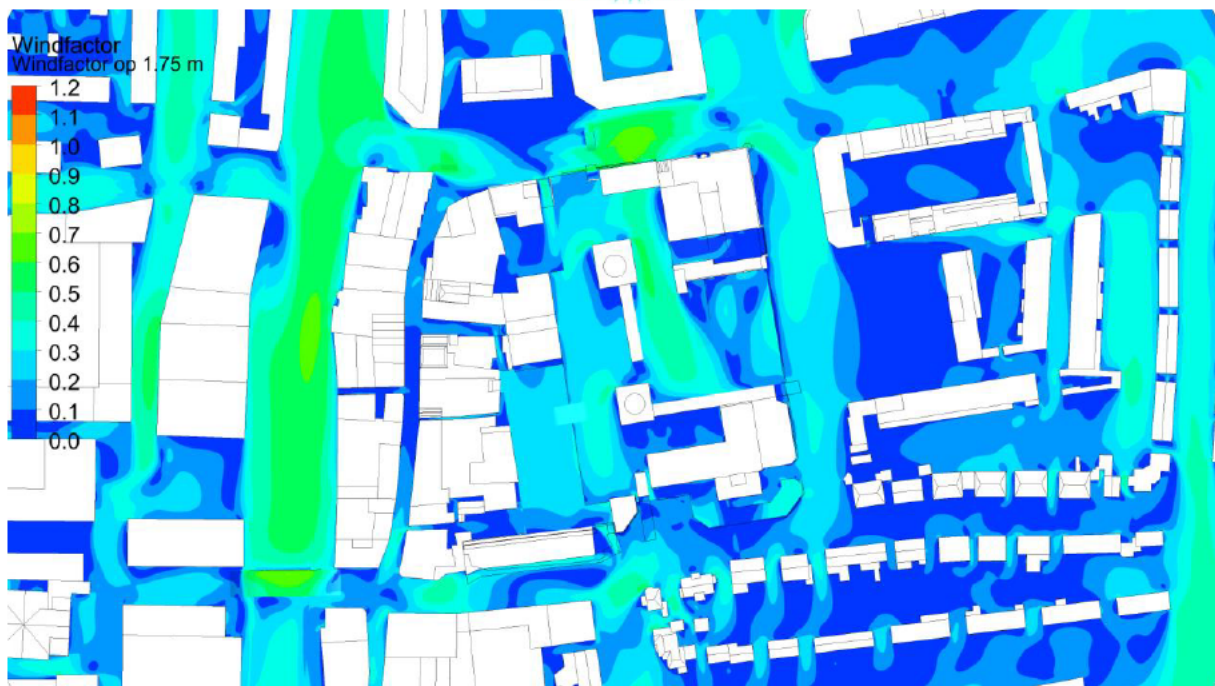
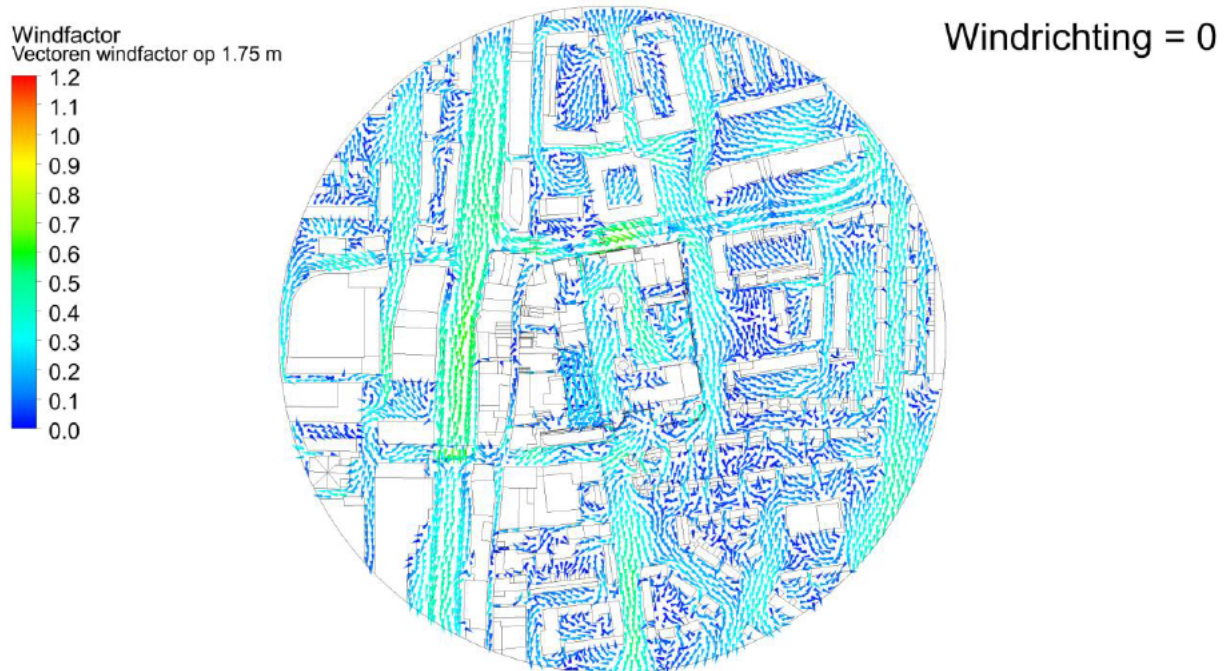
Referenties

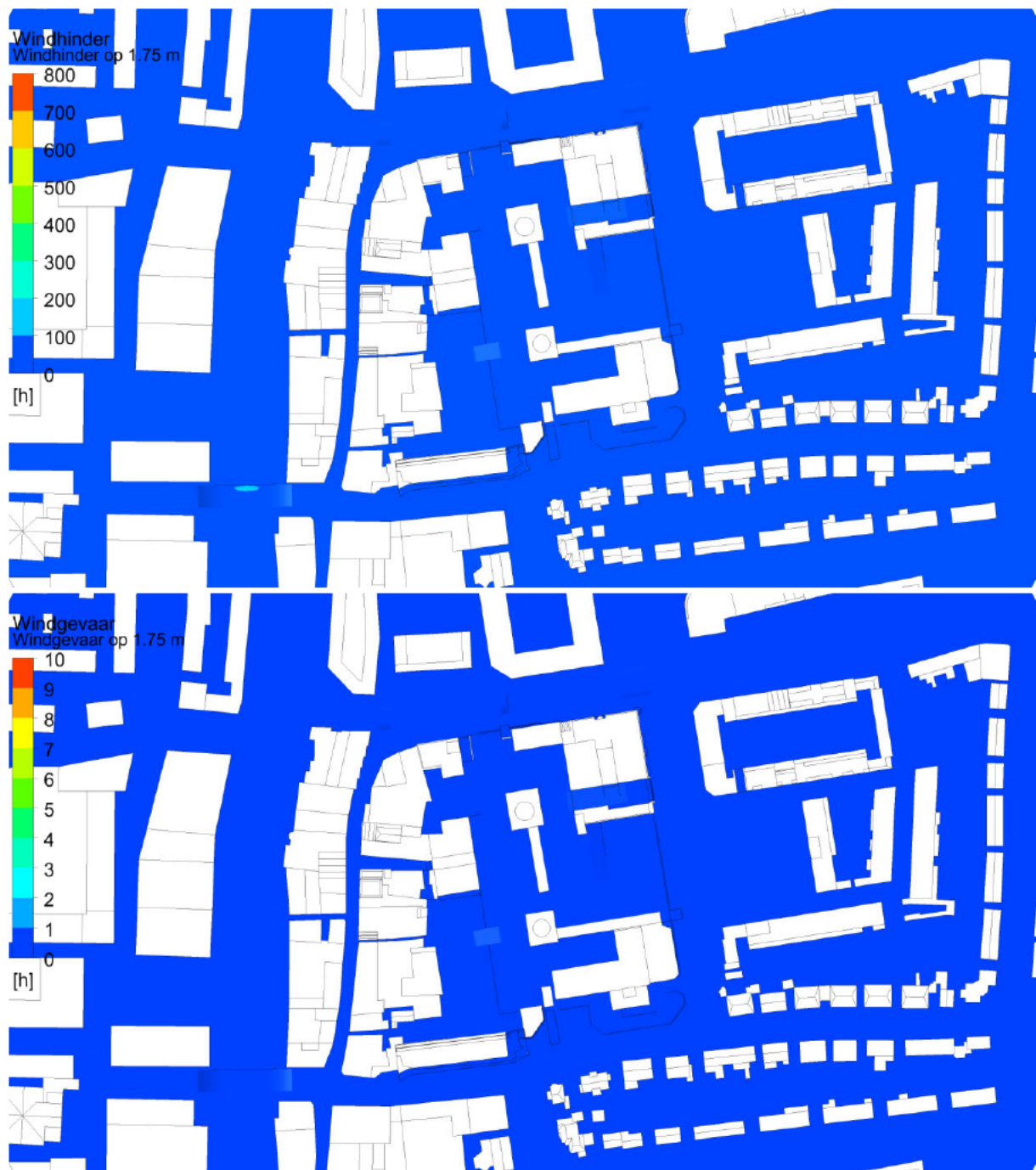
1. NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2006.
2. 3D Geoinformation research group. <https://3dbag.nl/>. [Online]
3. *Actueel Hoogtebestand Nederland*. [Online] <https://www.ahn.nl/en>.
4. Troen, Ib and Petersen, Erik Lundtang. *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.

Appendix A – CFD simulatieresultaten per windrichting oude situatie

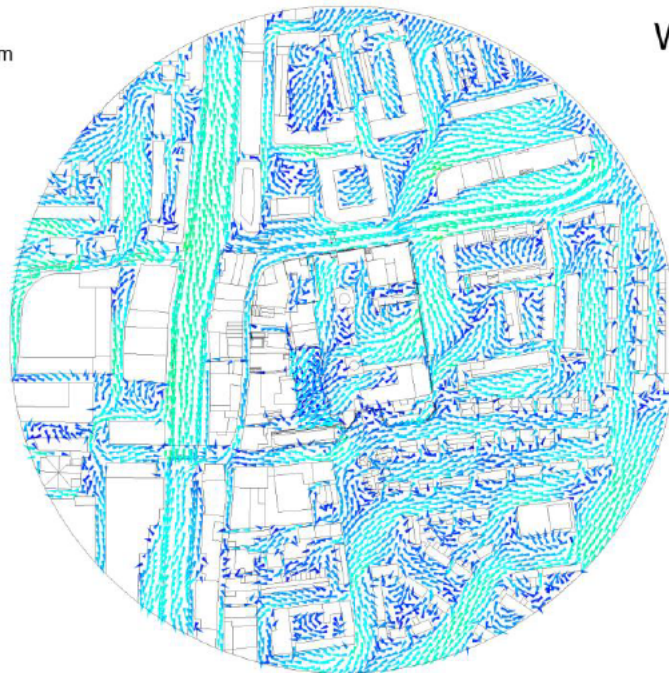
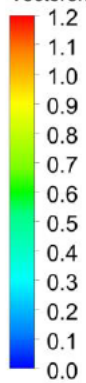
Op de volgende pagina's worden de CFD simulatieresultaten per windrichting weergegeven op 1,75 m boven het grondvlak. Voor iedere windrichting is het volgende weergegeven:

- 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

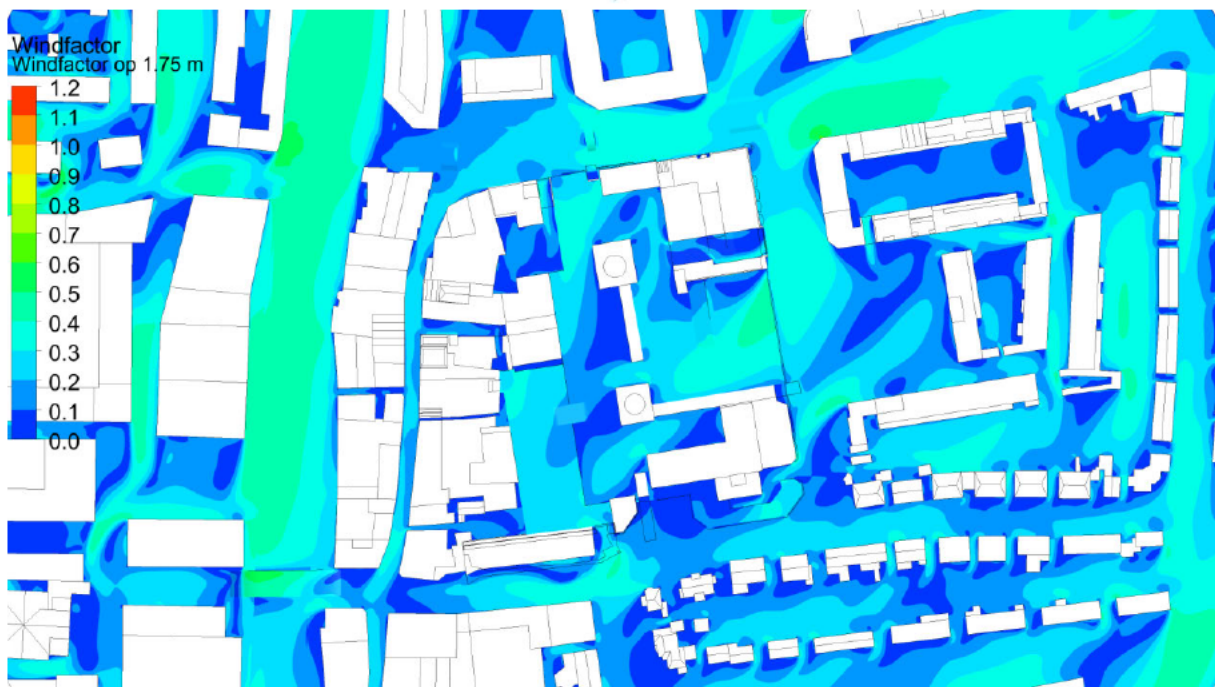


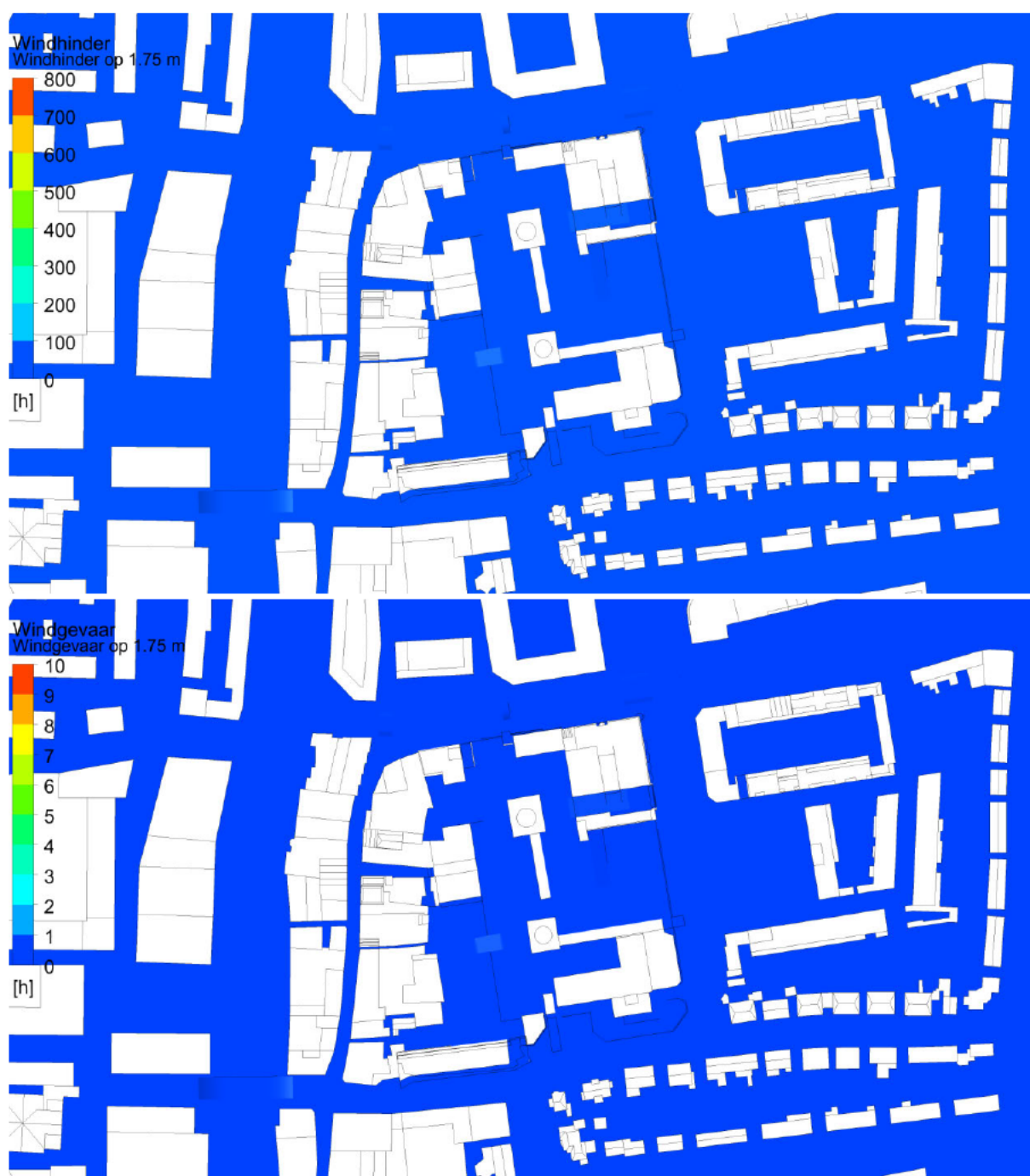


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

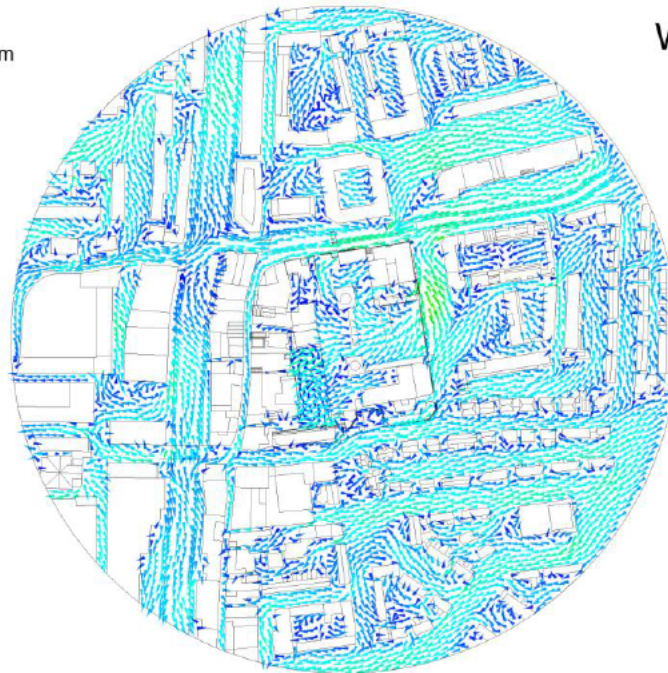
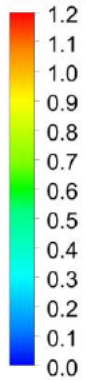


Windrichting = 30

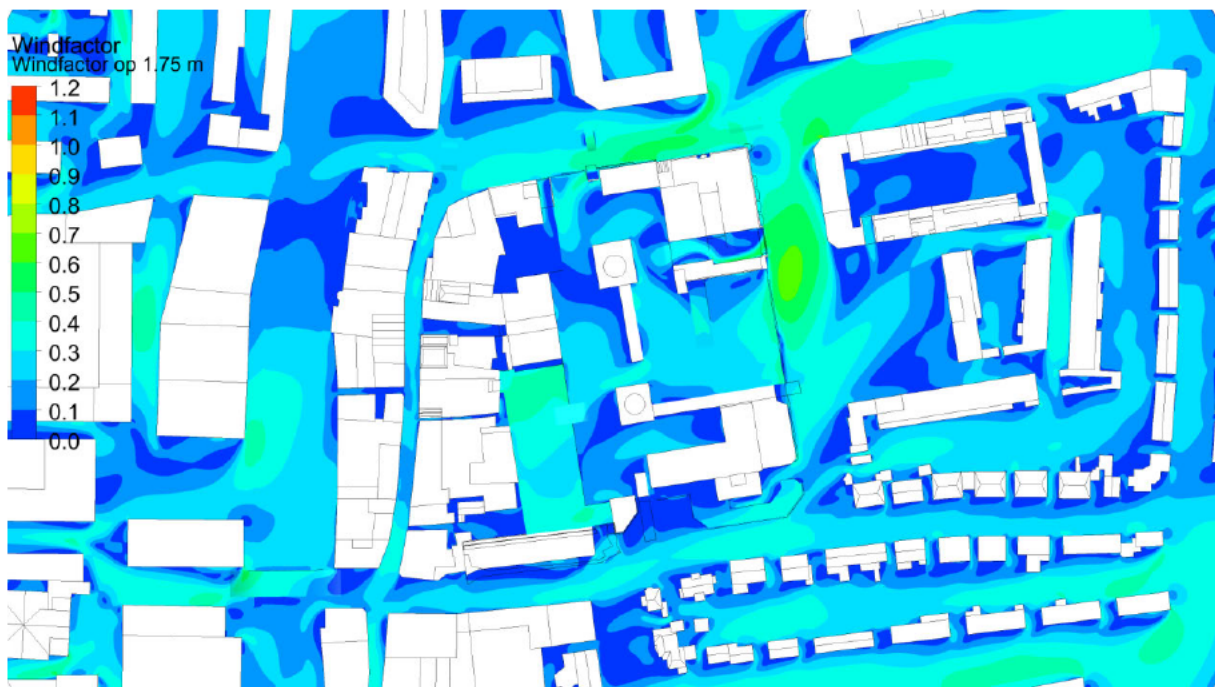


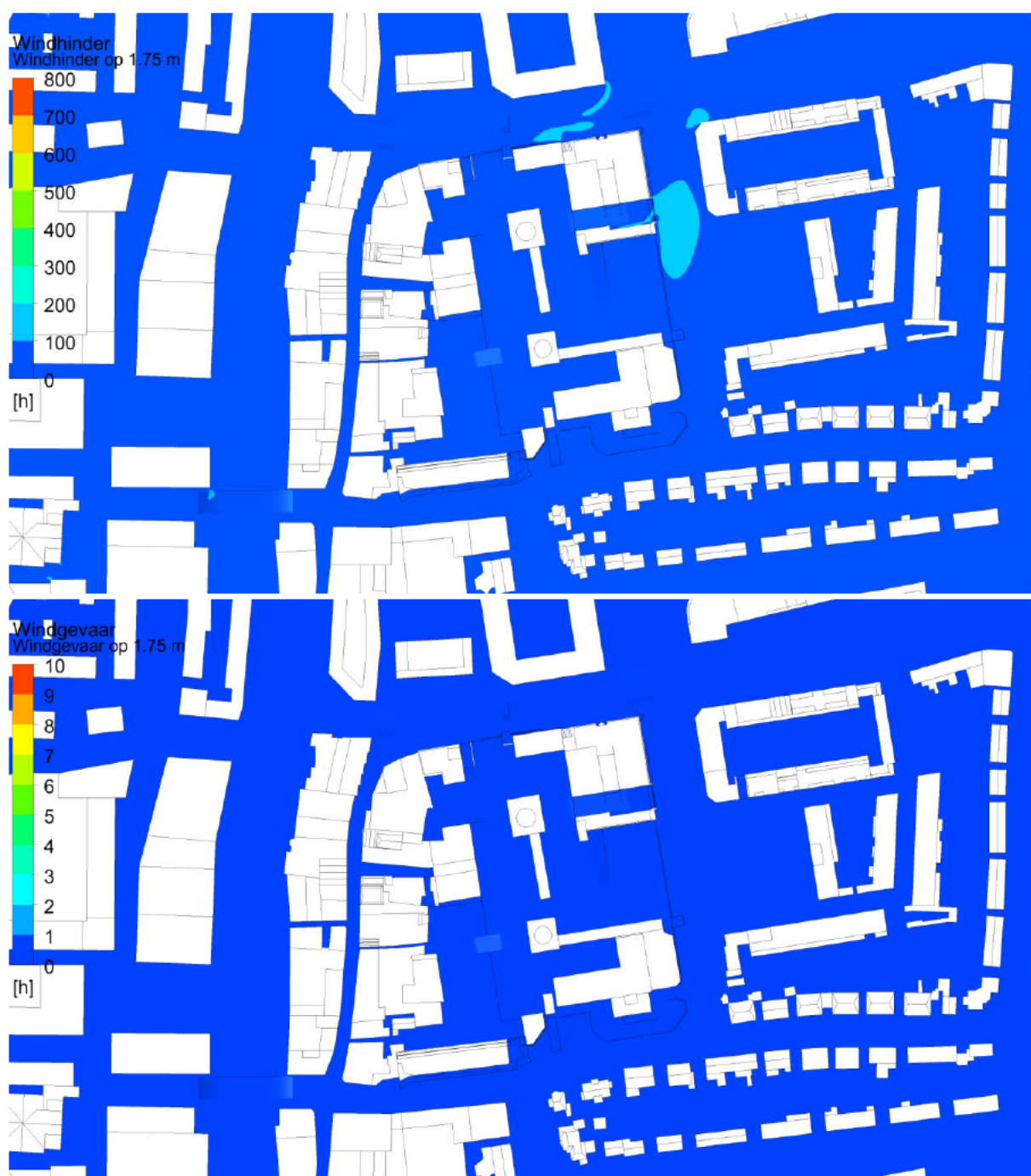


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

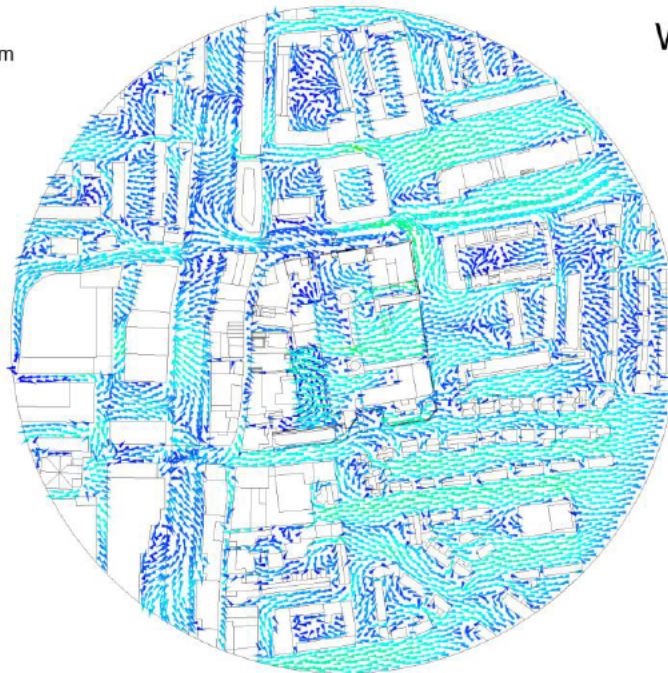
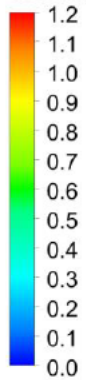


Windrichting = 60

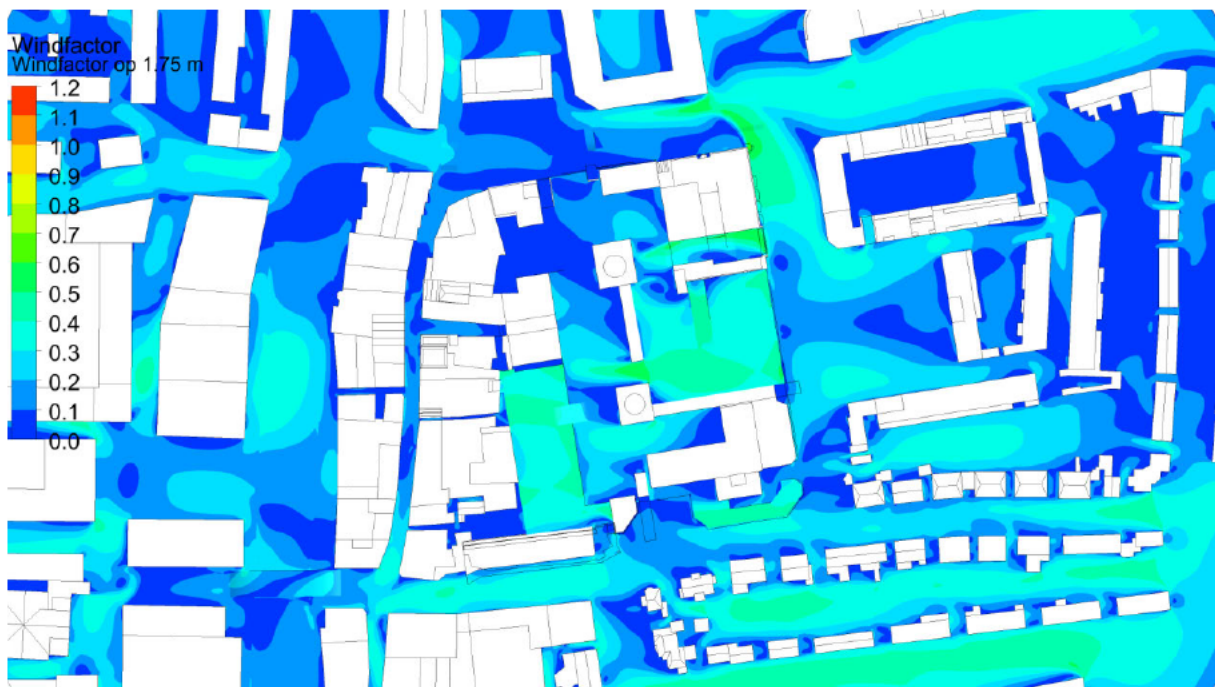


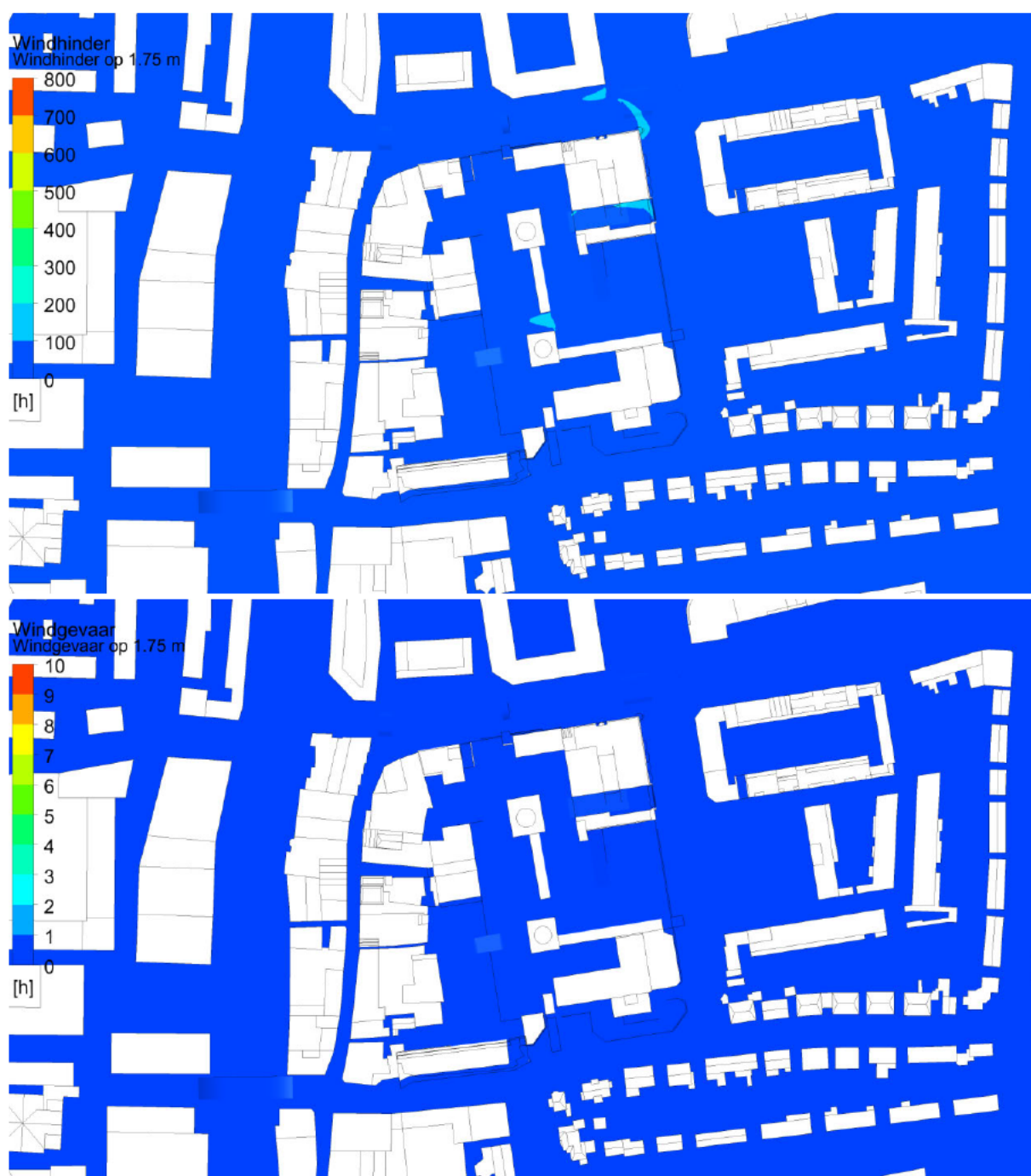


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

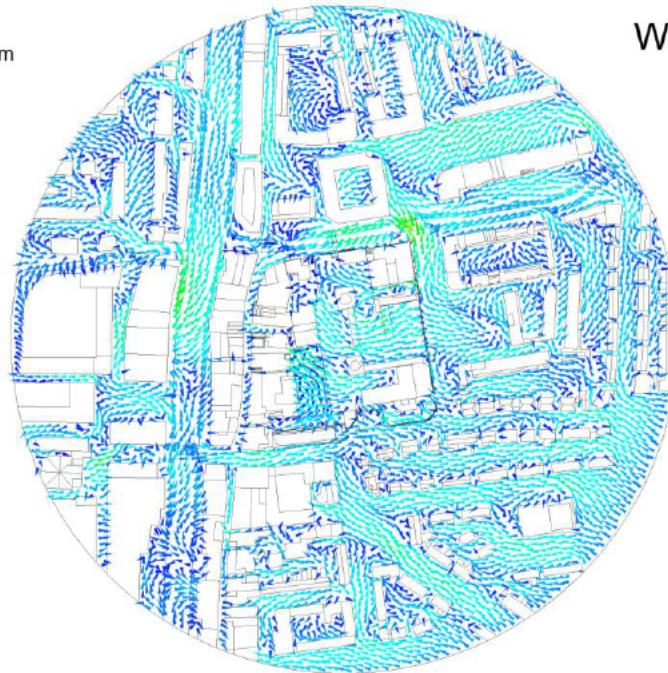
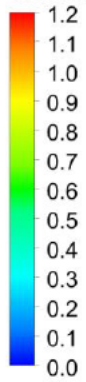


Windrichting = 90

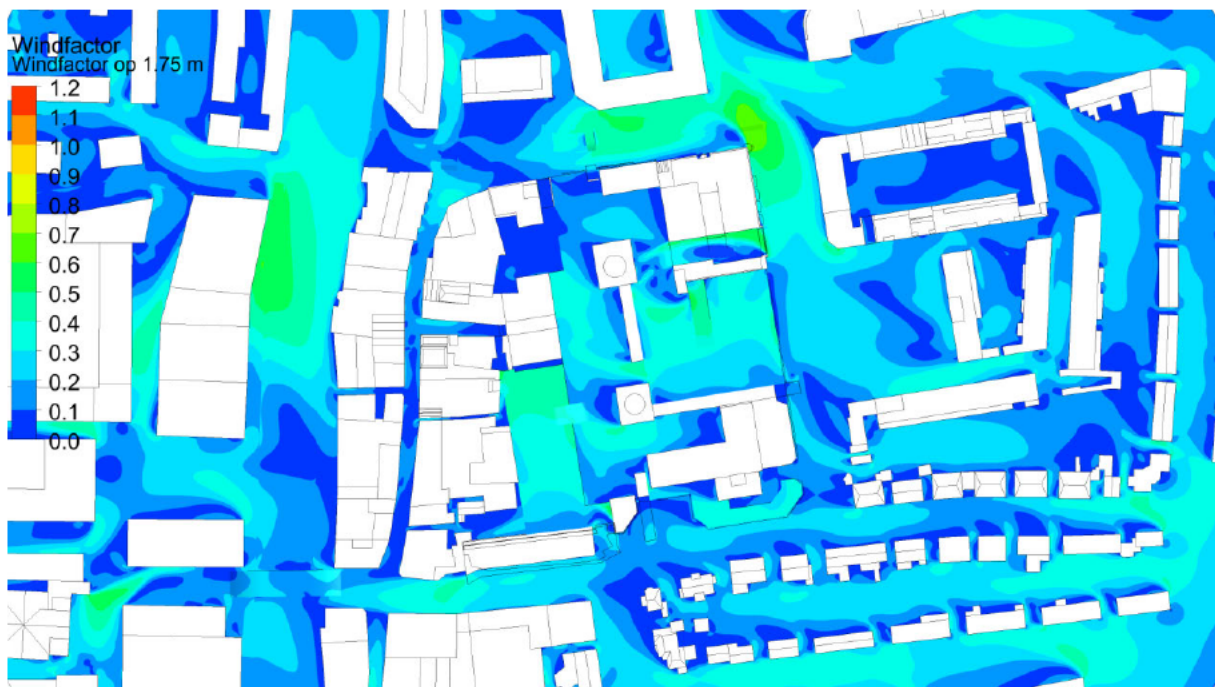


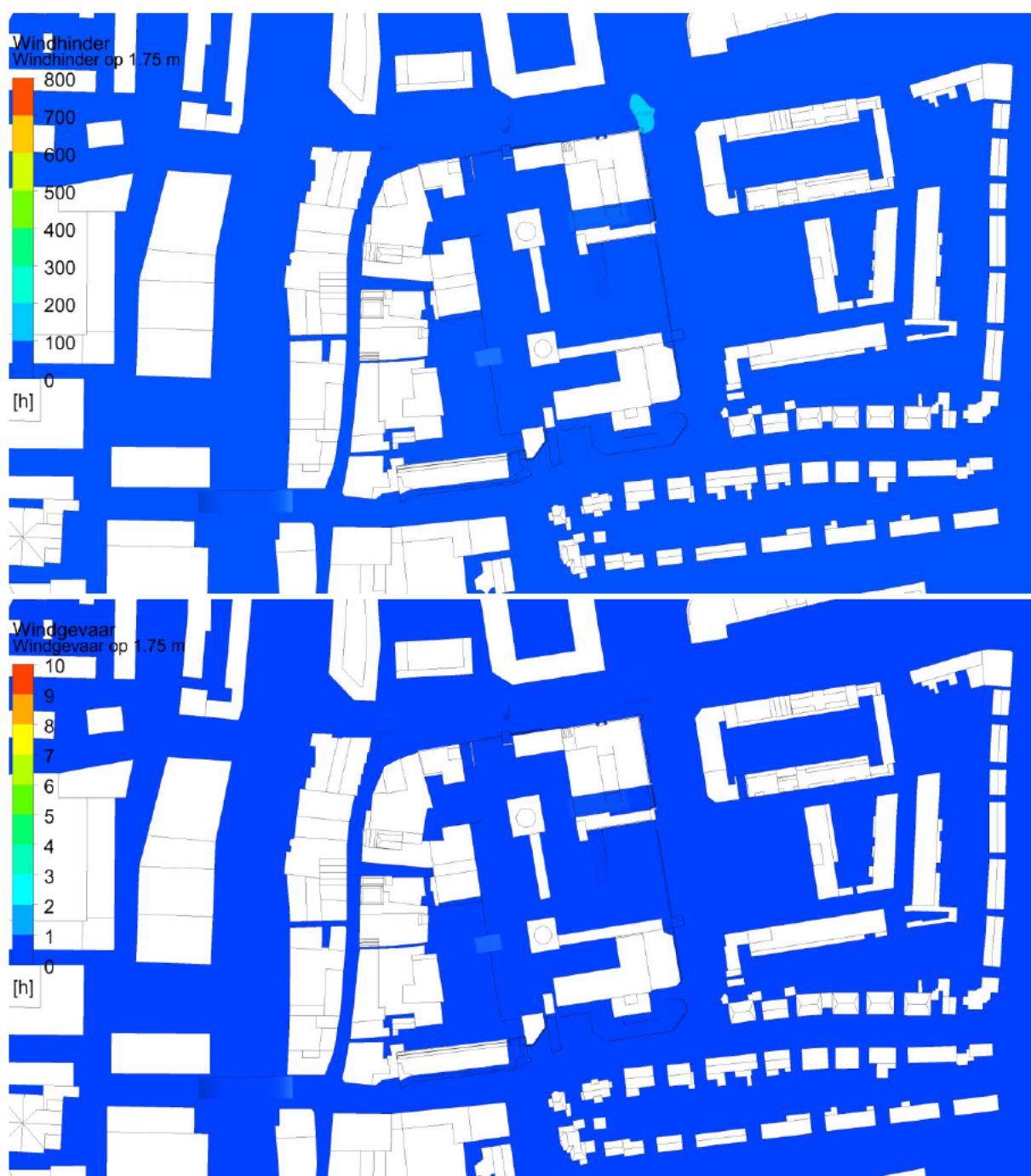


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

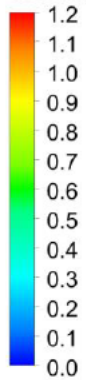


Windrichting = 120

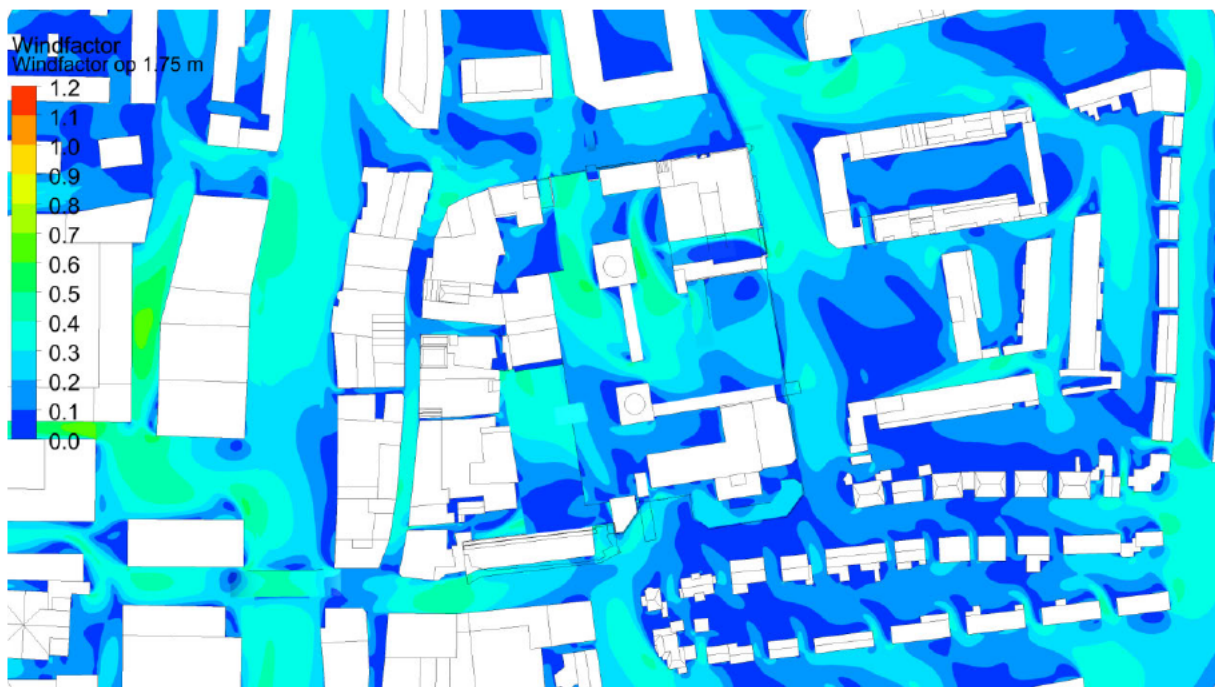


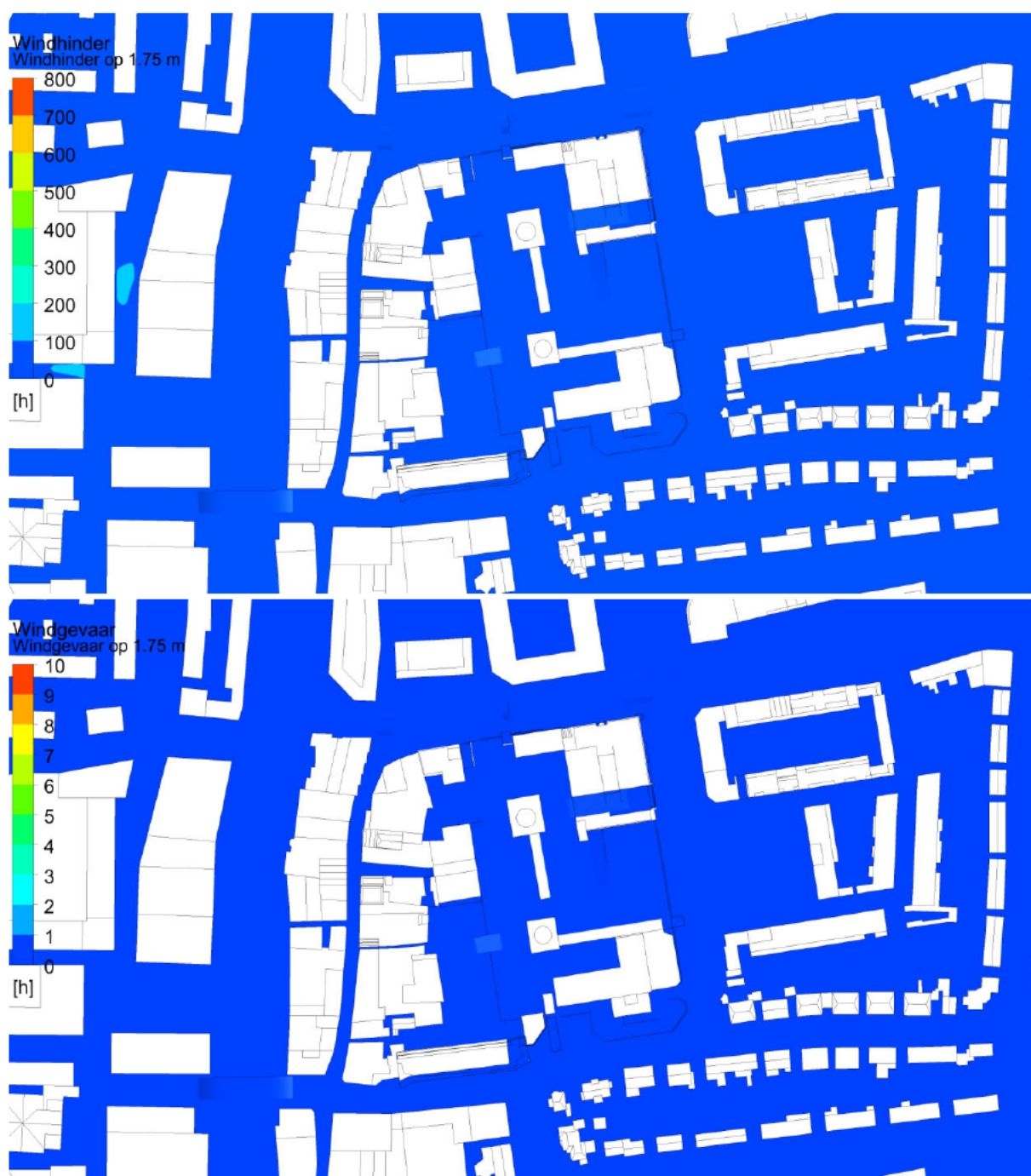


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

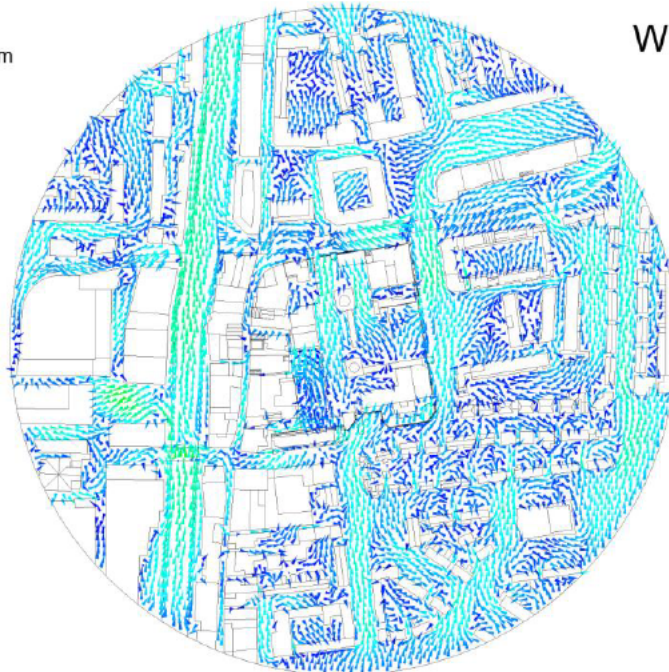
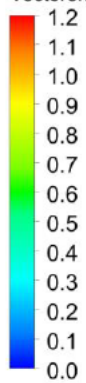


Windrichting = 150

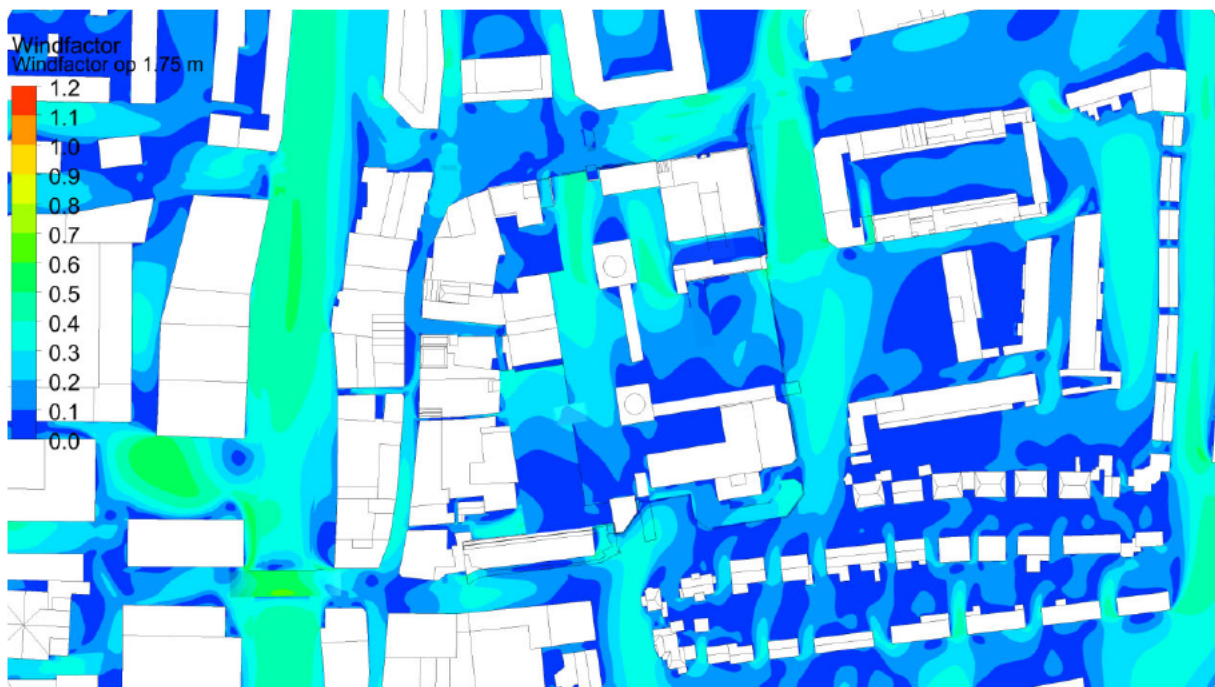


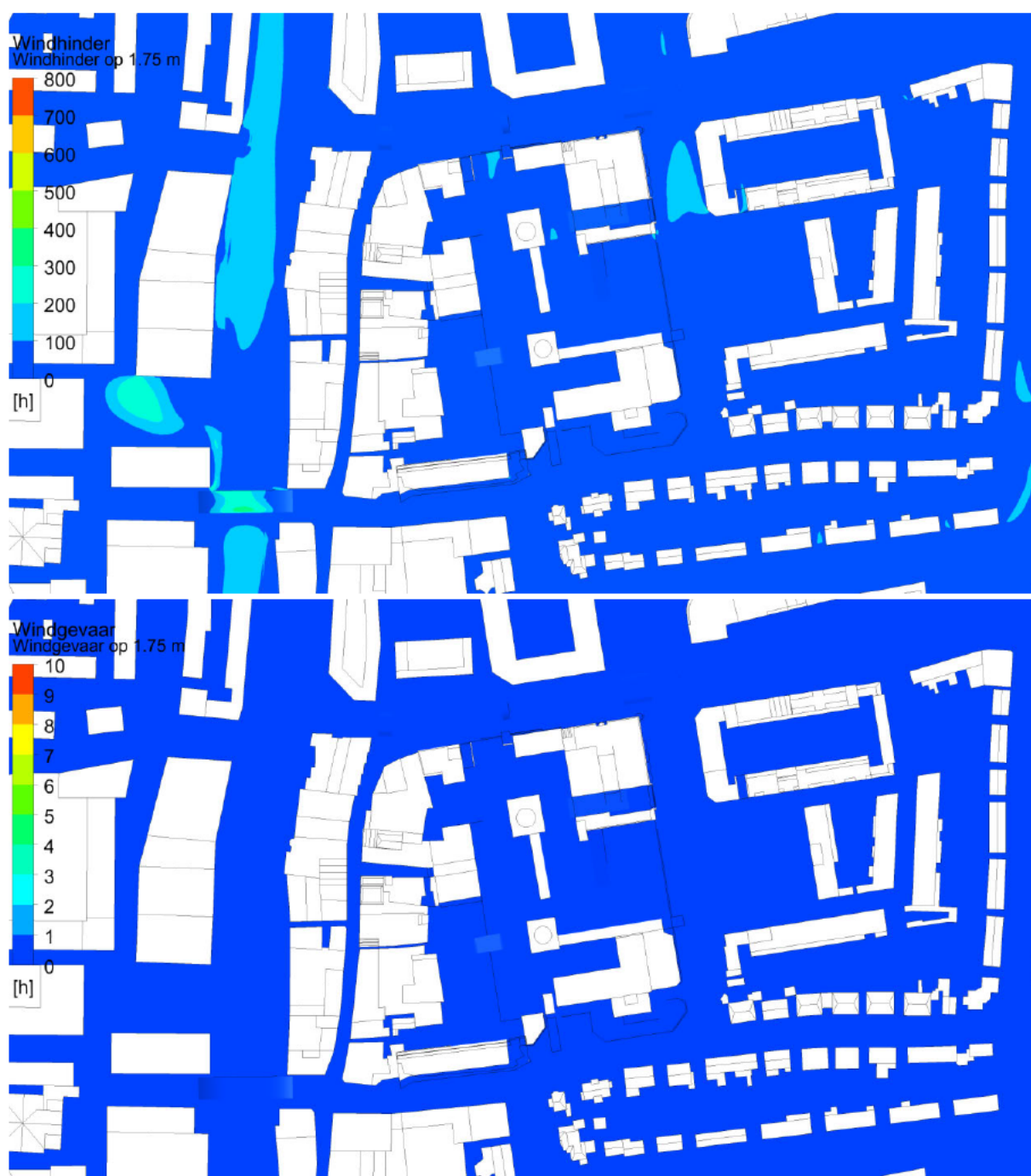


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

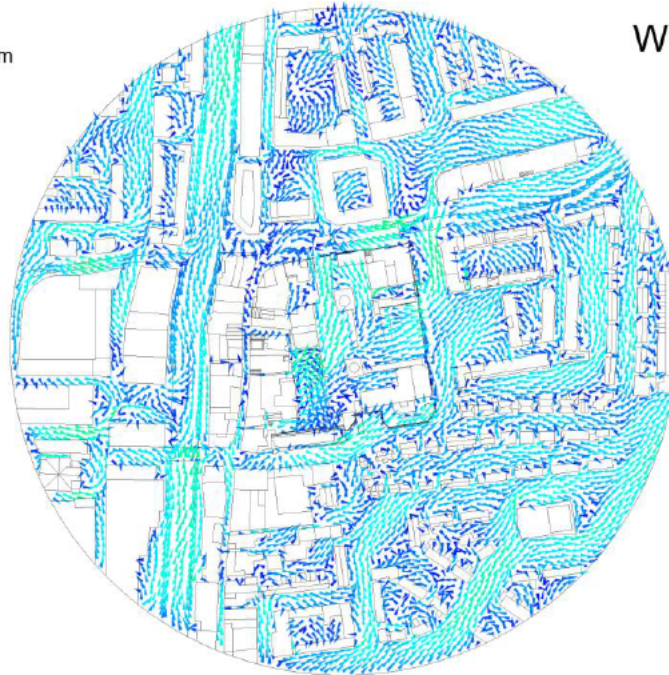
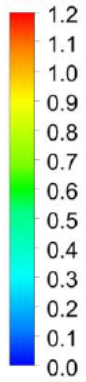


Windrichting = 180

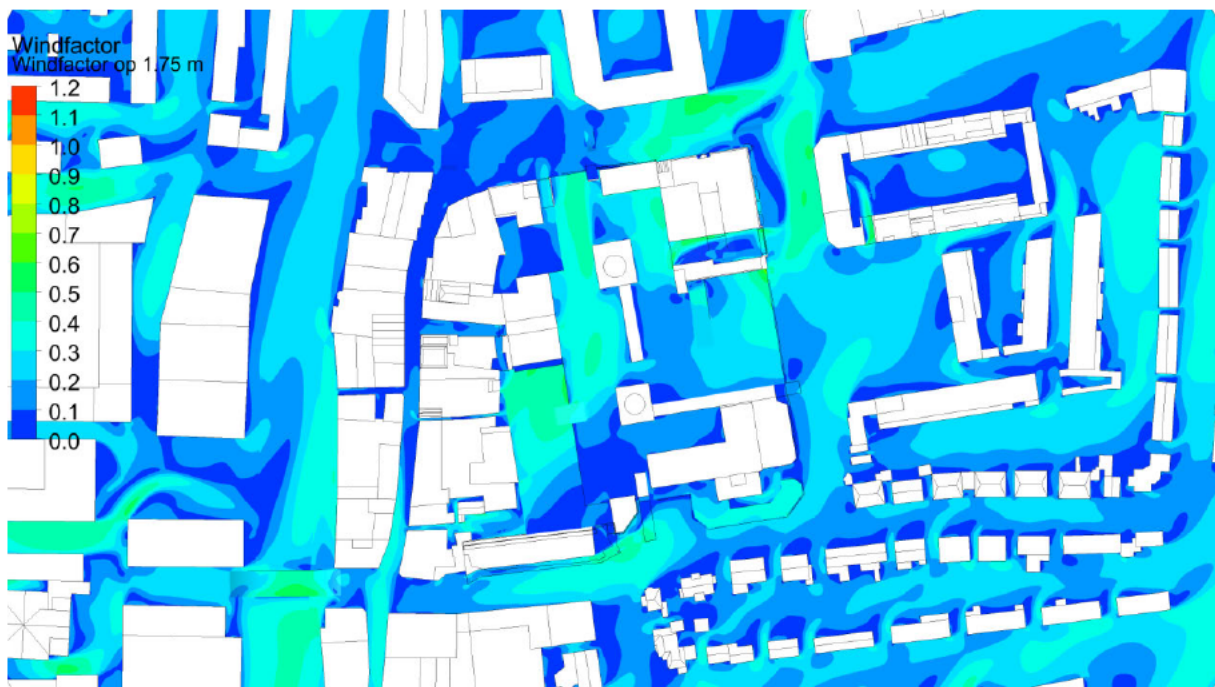


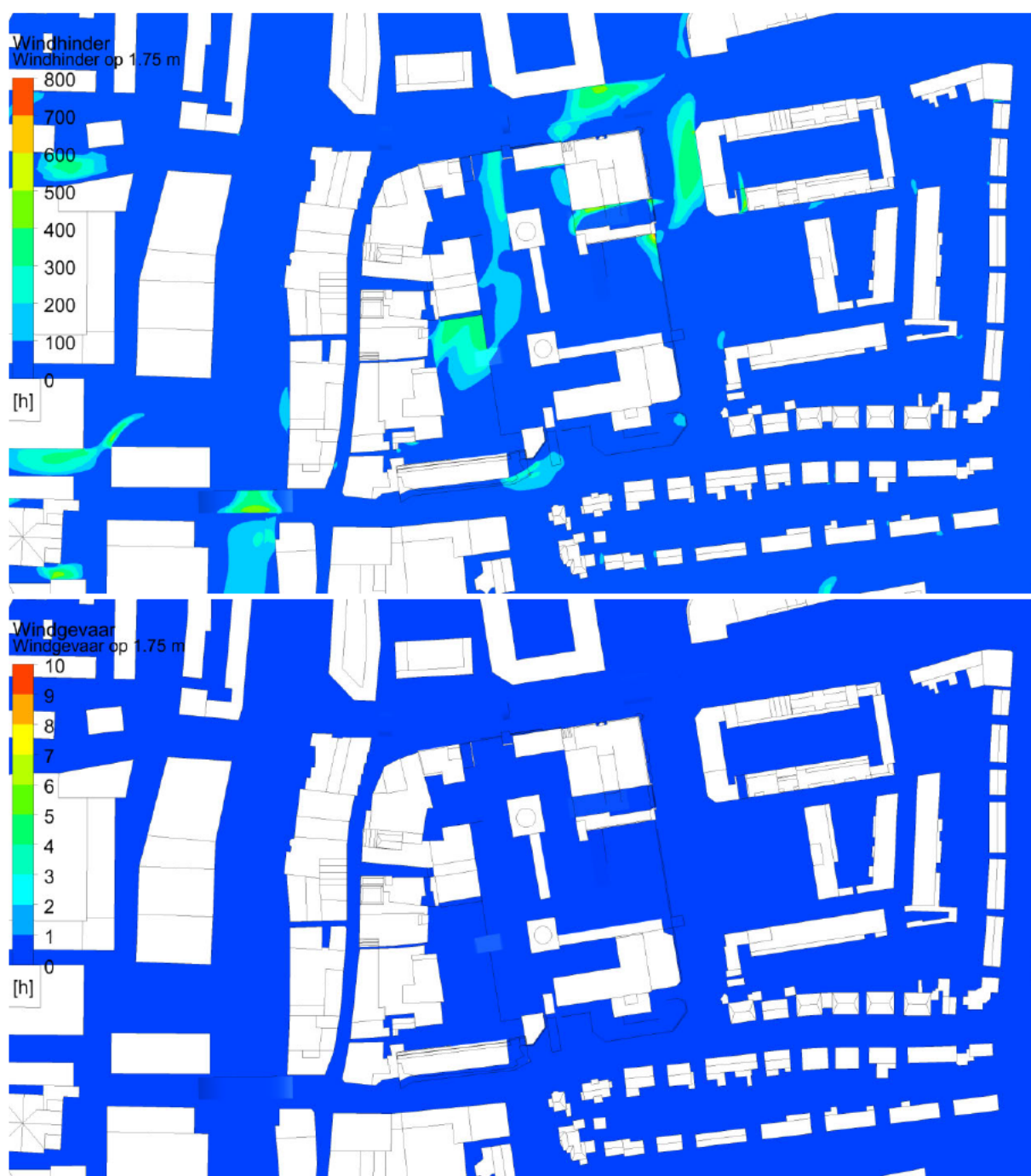


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

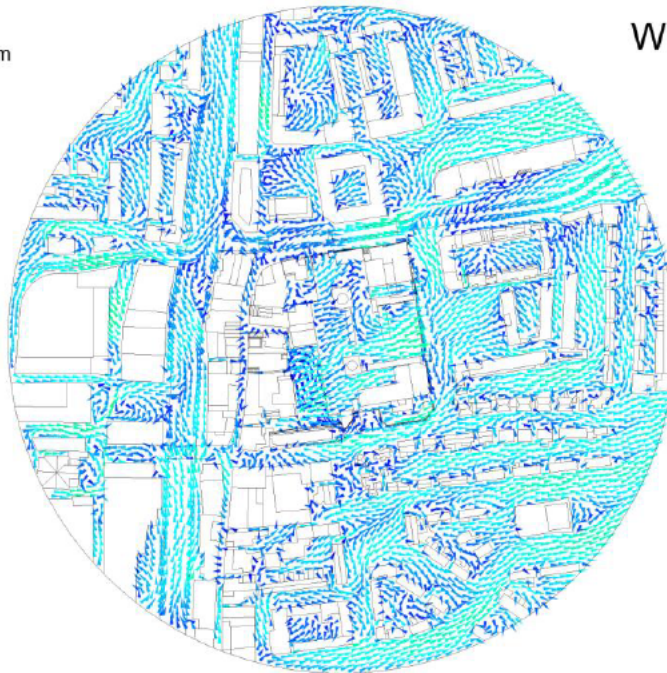
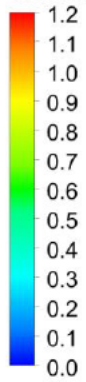


Windrichting = 210

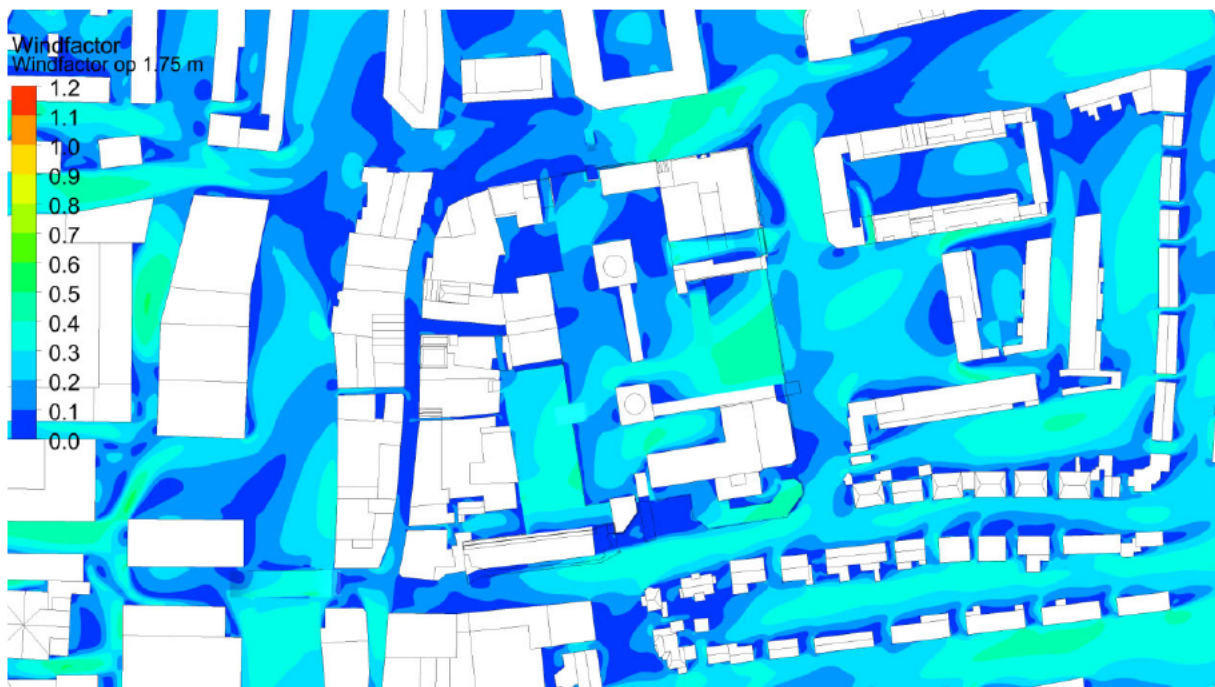


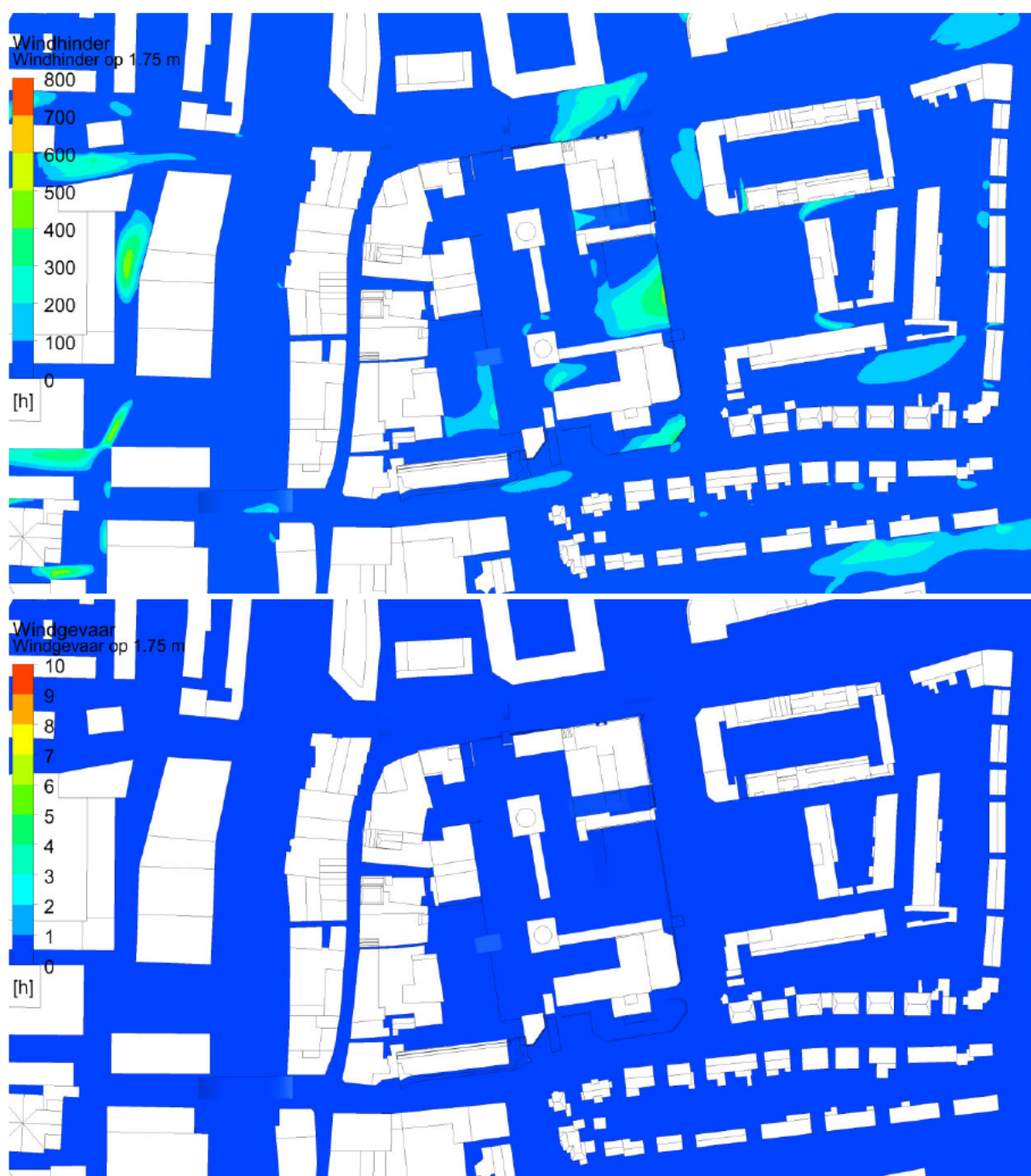


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

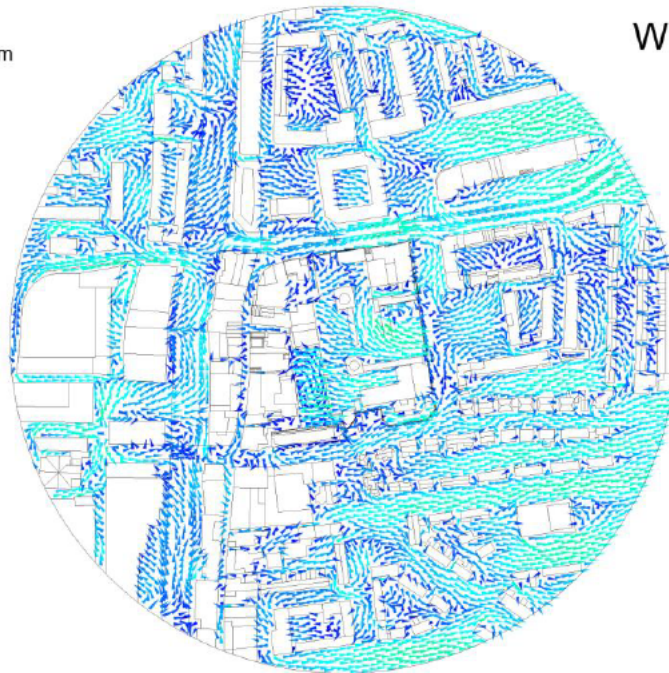
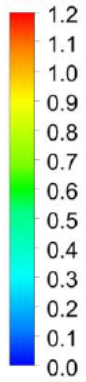


Windrichting = 240

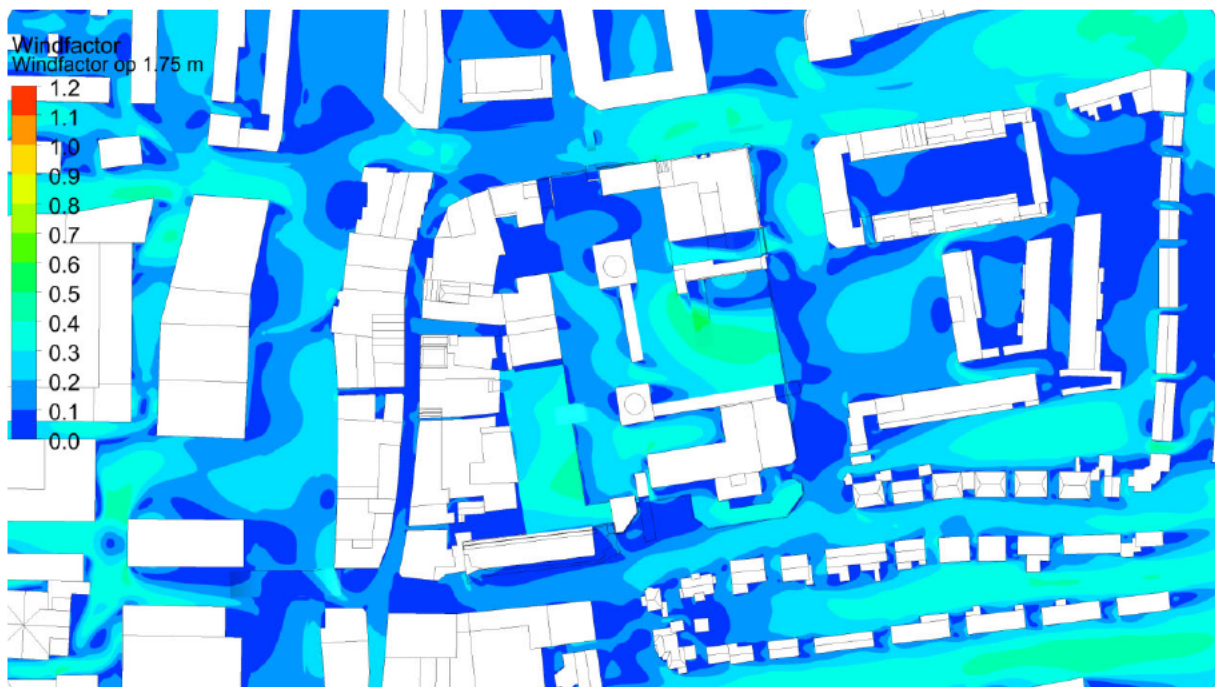


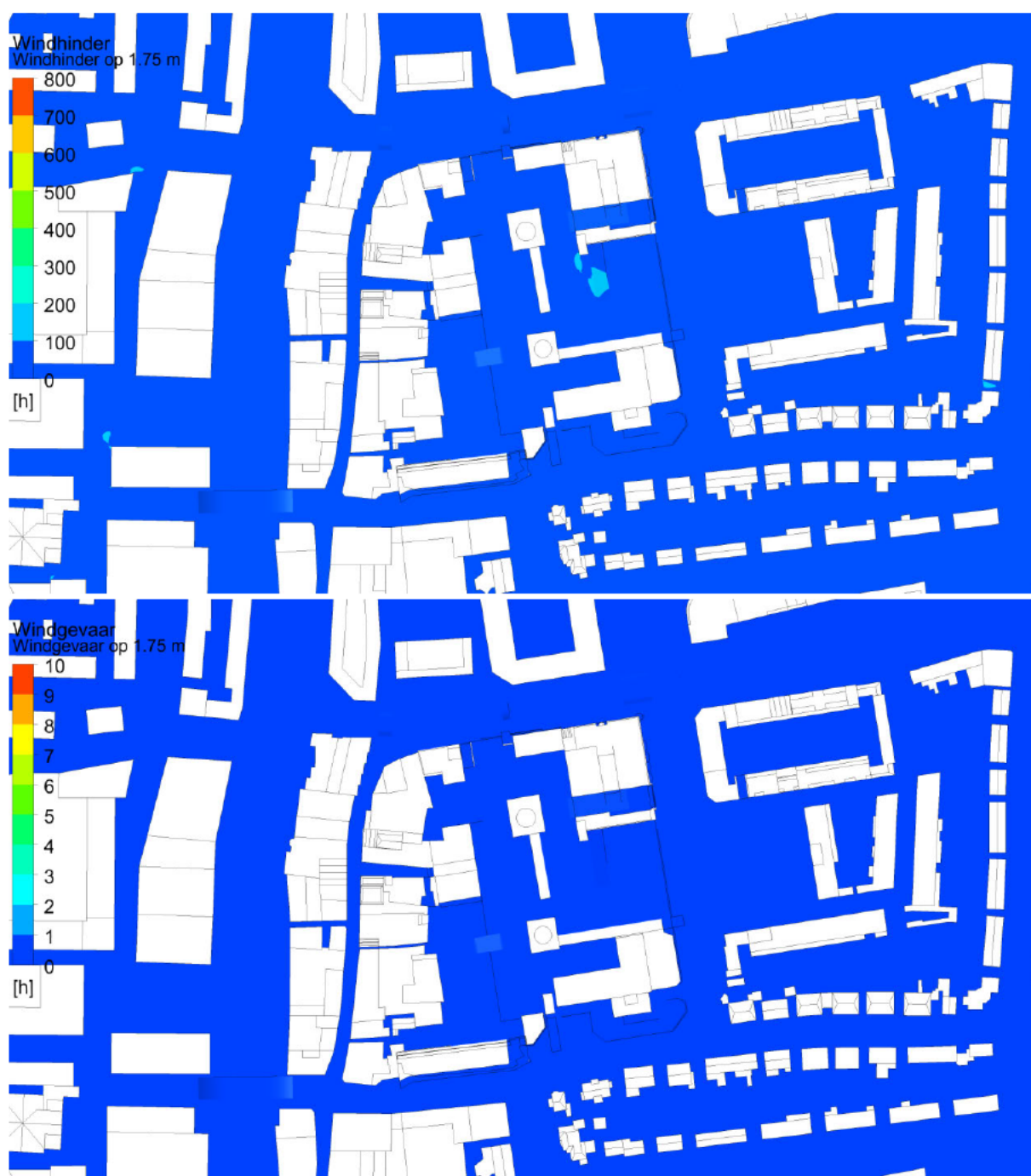


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

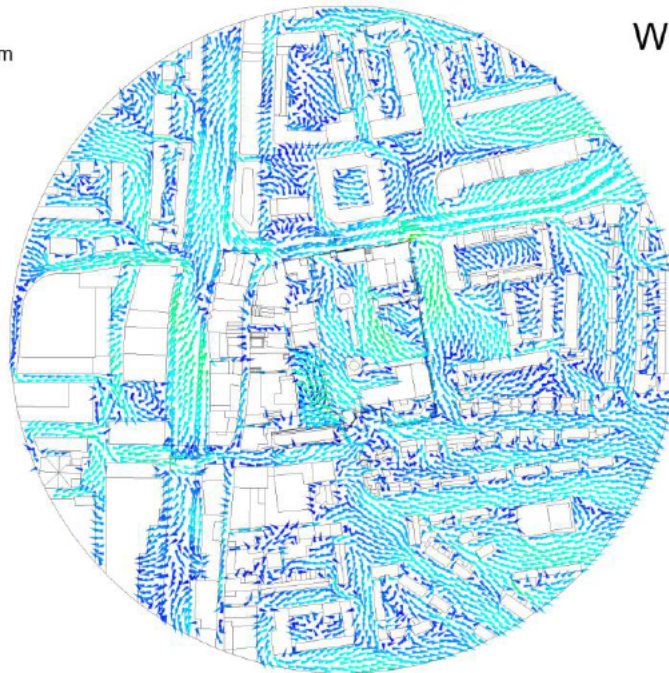
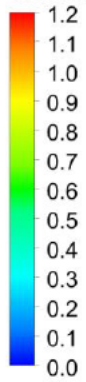


Windrichting = 270

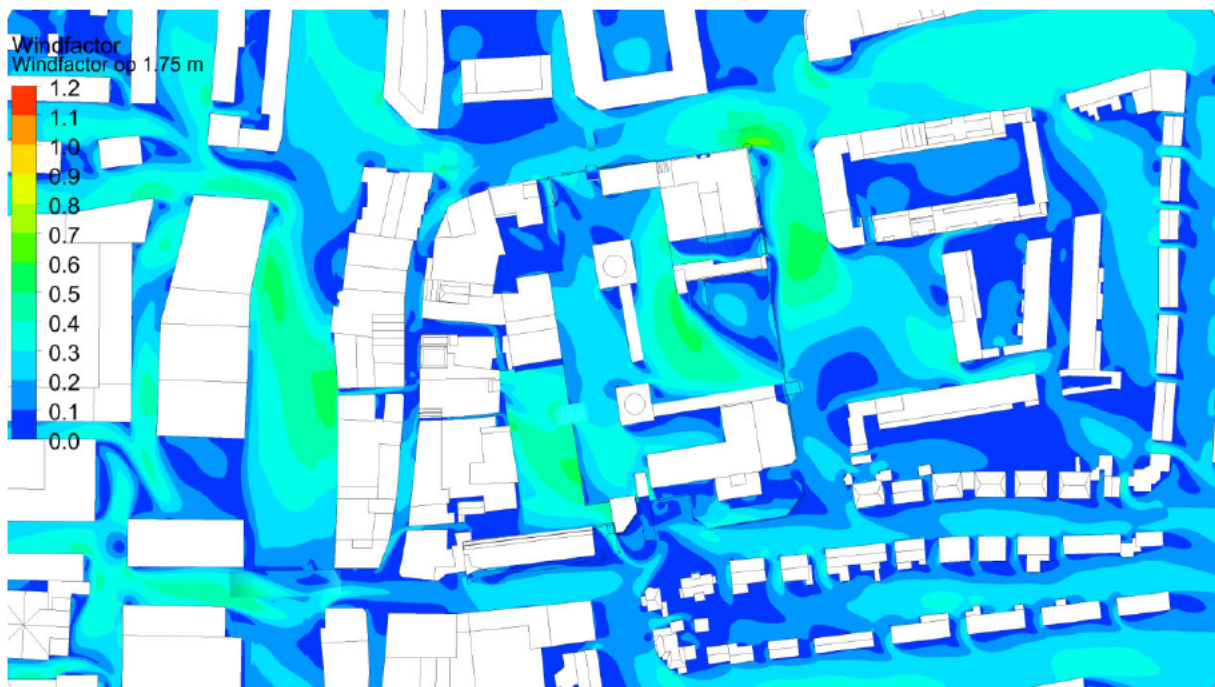


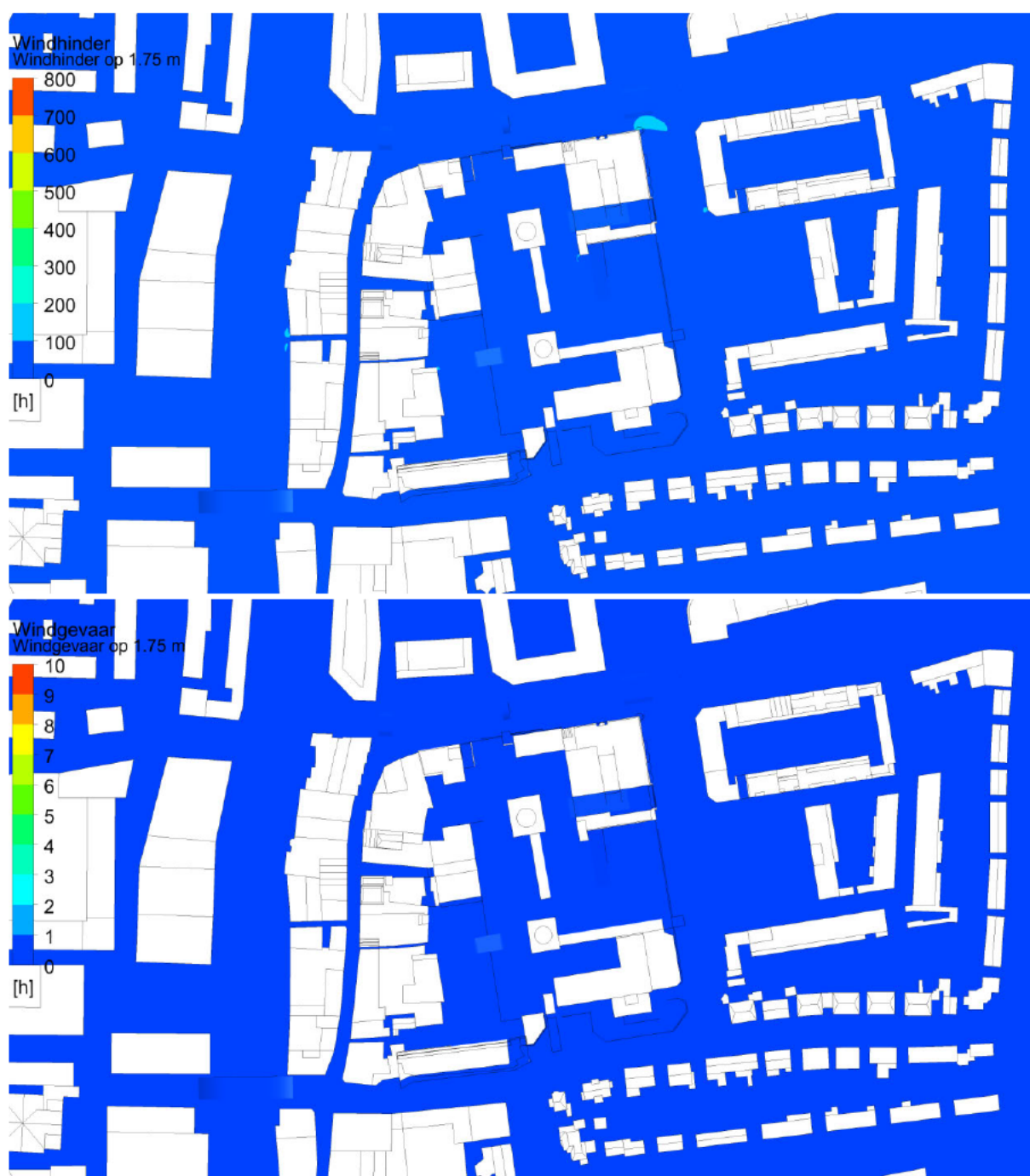


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

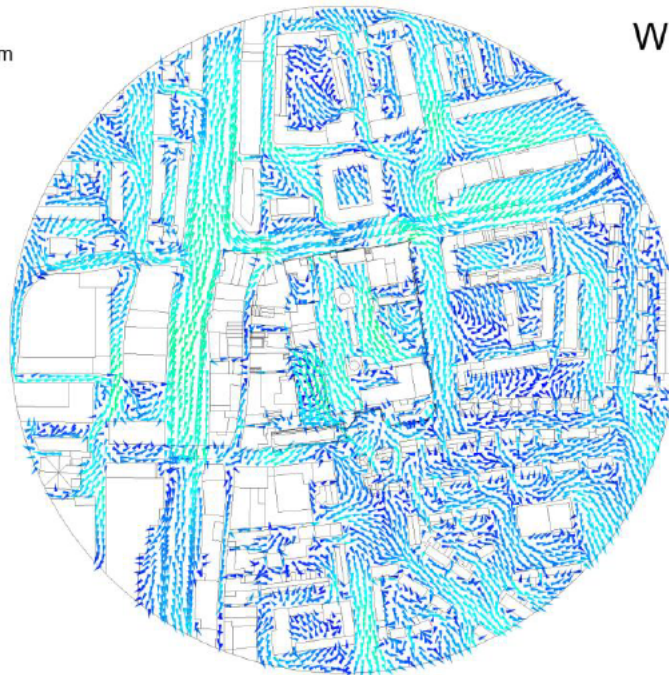
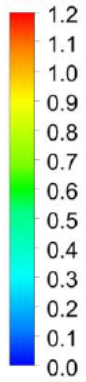


Windrichting = 300

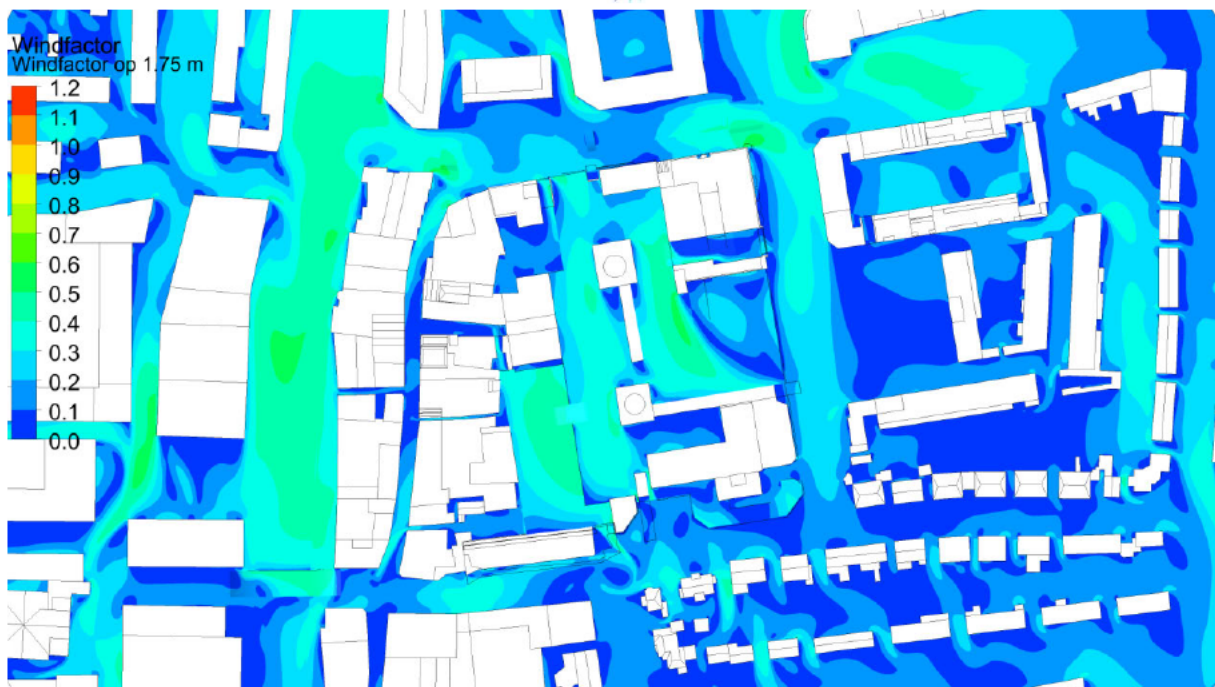


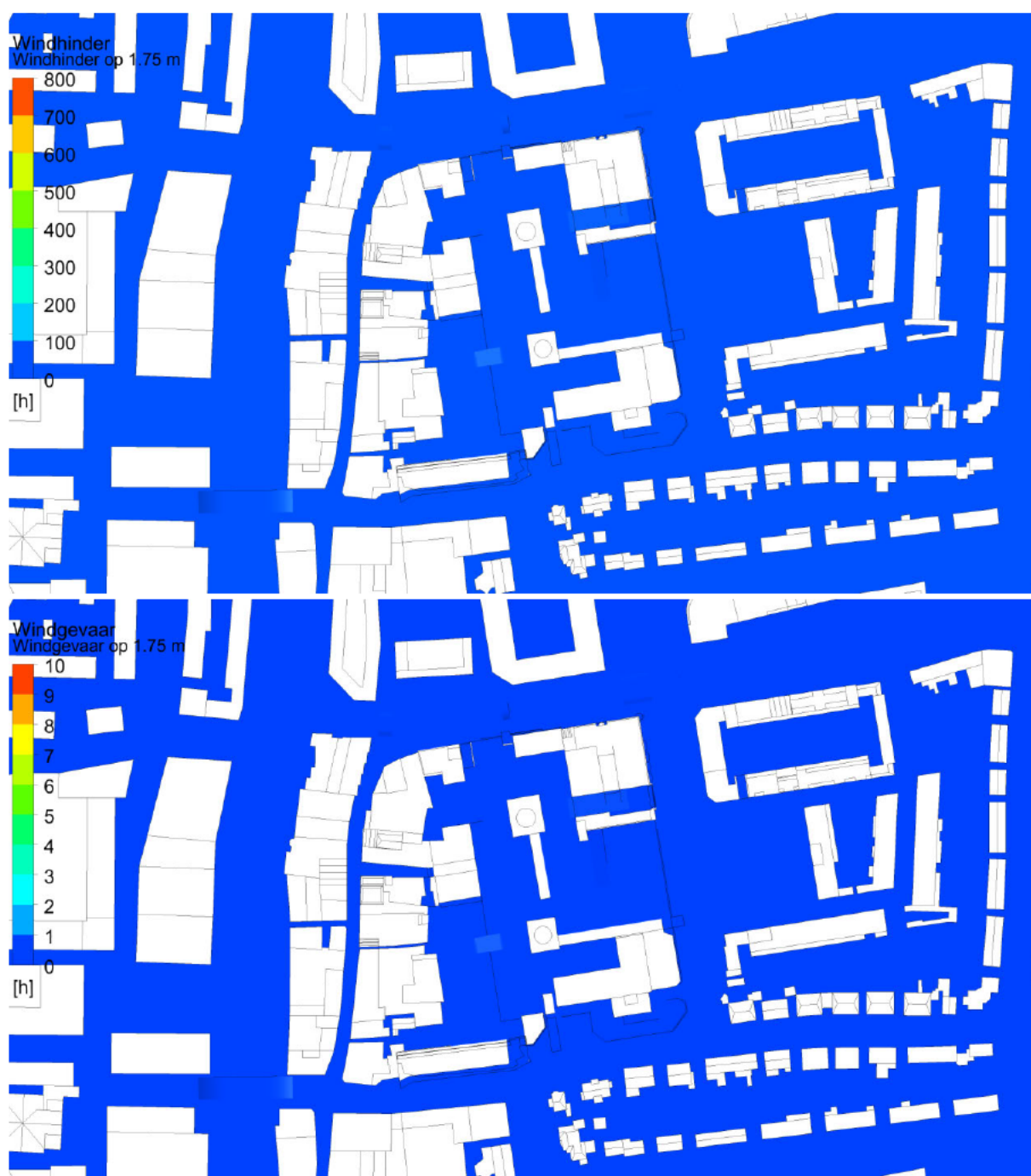


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



Windrichting = 330



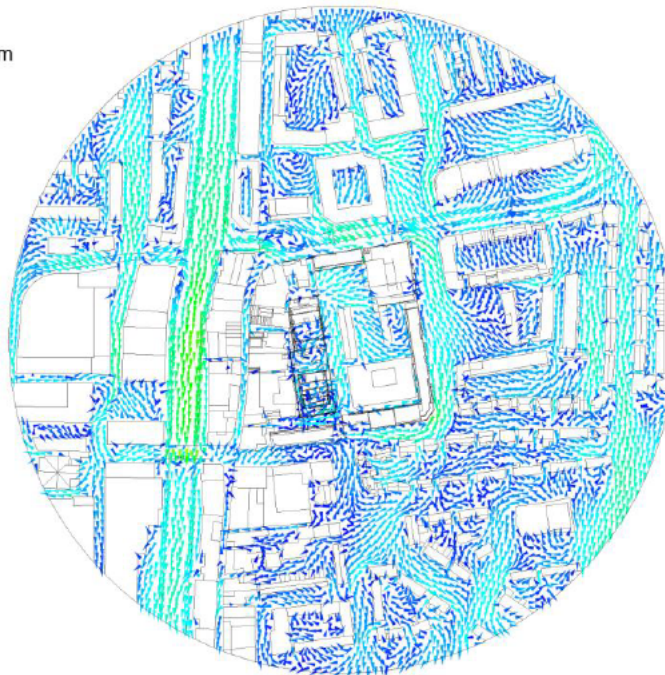
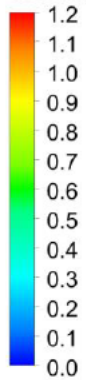


Appendix B – CFD simulatieresultaten per windrichting nieuwe situatie

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:

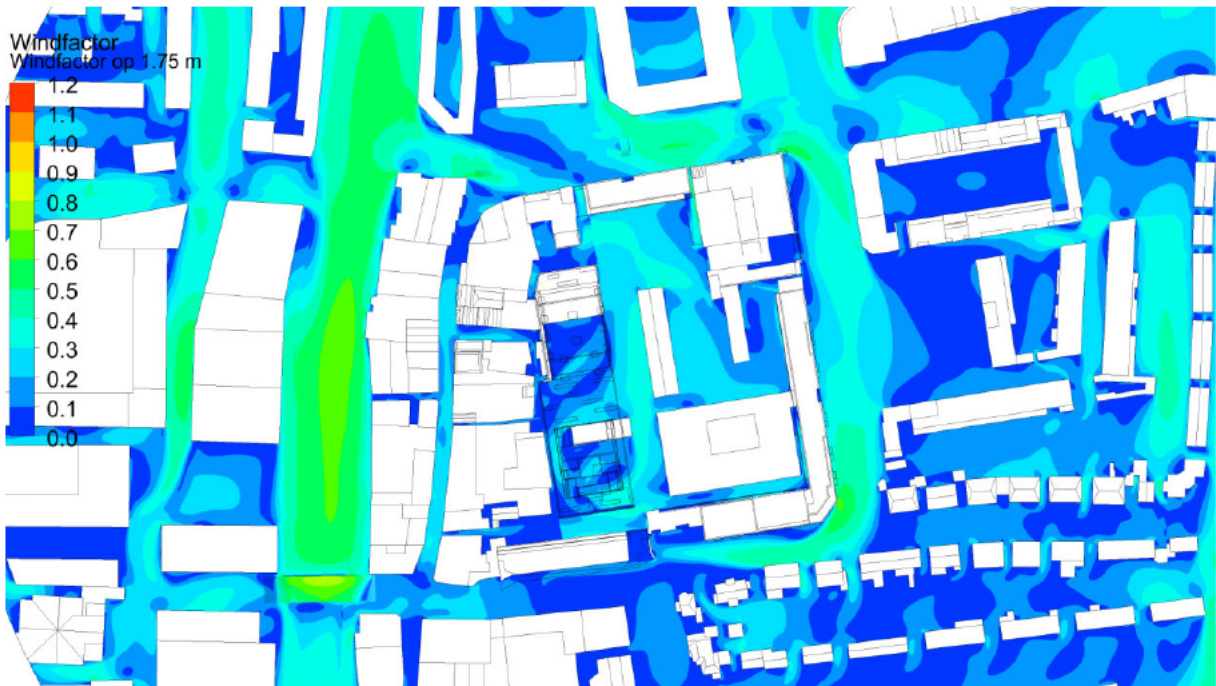
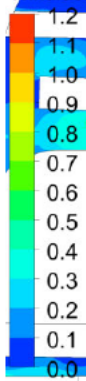
- Snelheidsvectoren gekleurd met windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de windfactor
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windhinder per jaar
- Bovenaanzicht van een contour gekleurd met de uren windgevaar per jaar

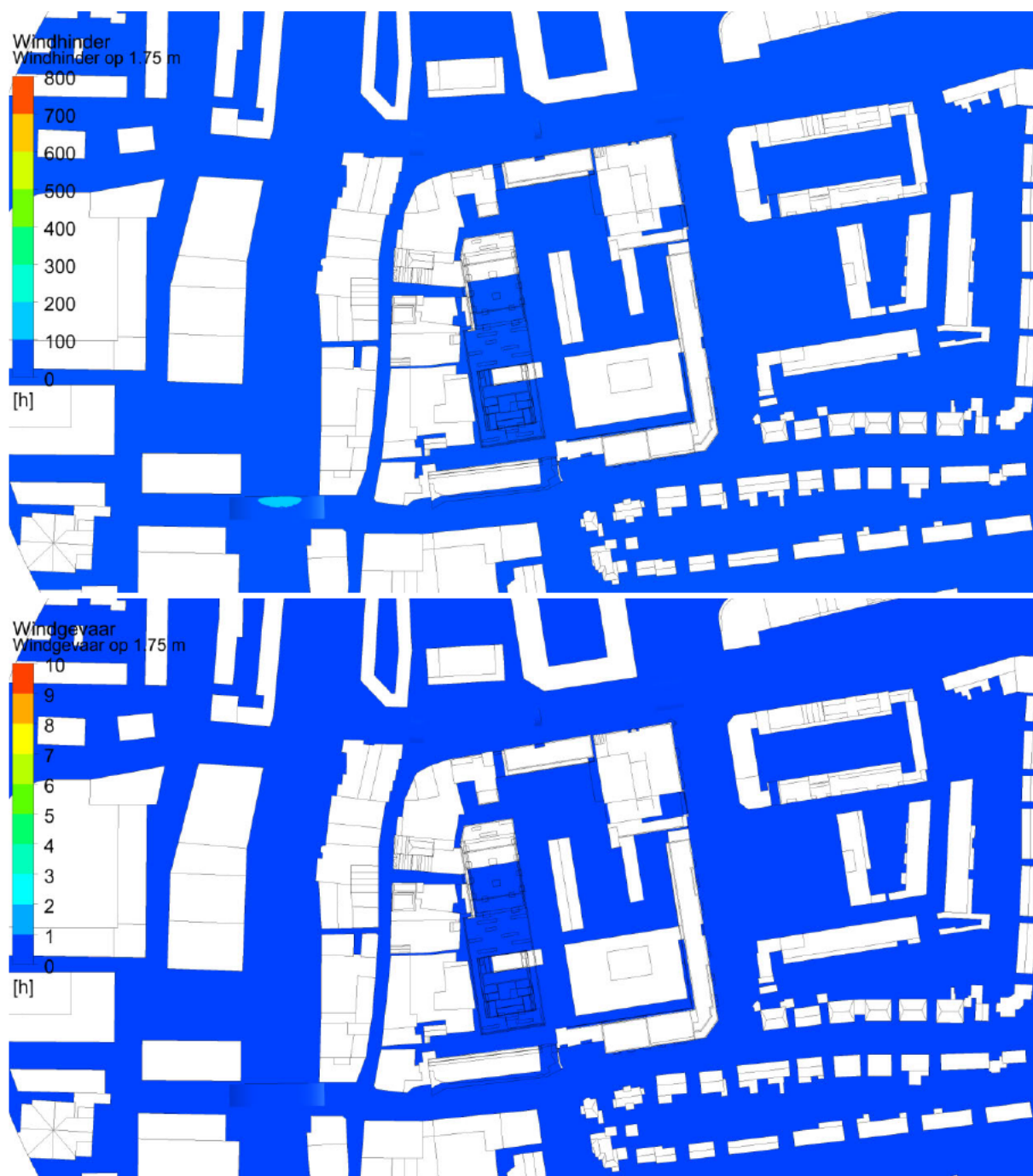
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



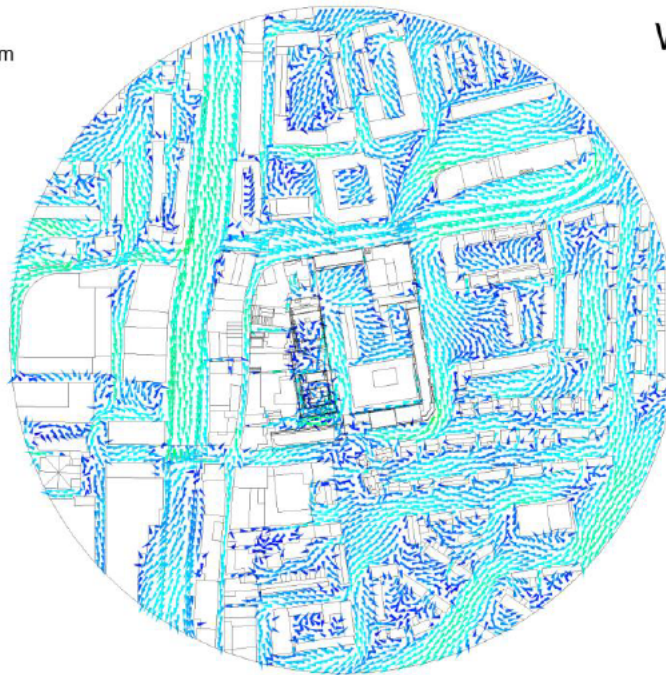
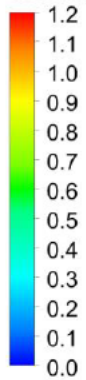
Windrichting = 0

Windfactor
Windfactor op 1.75 m

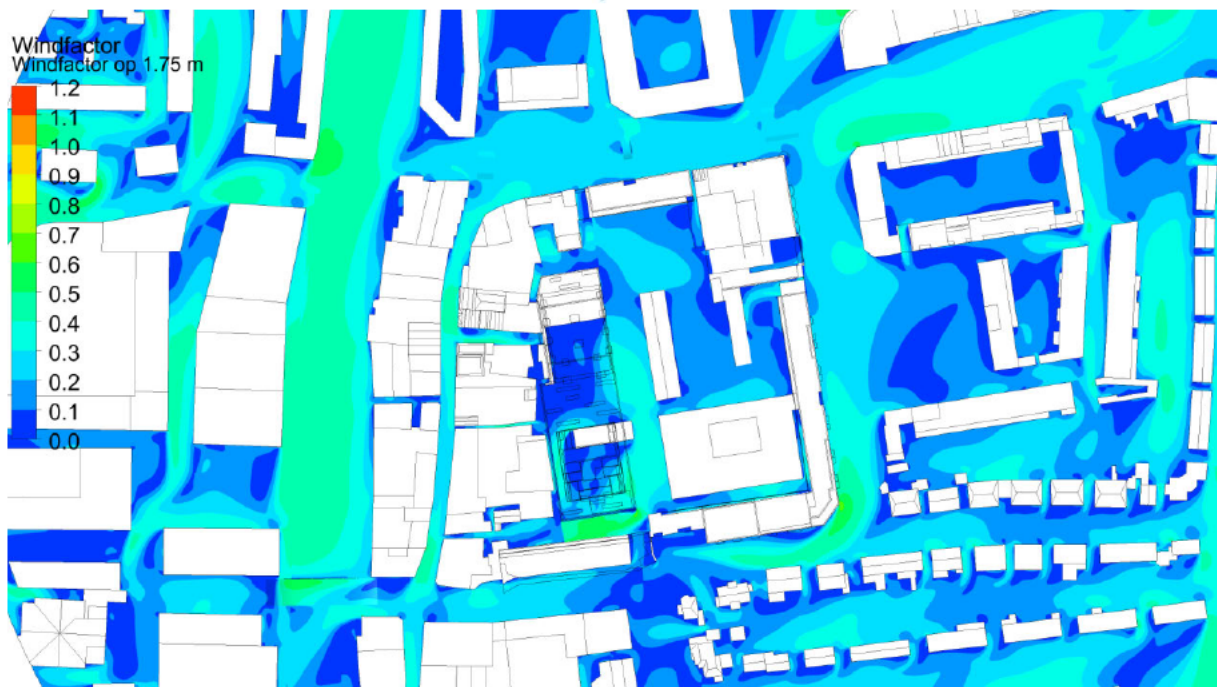


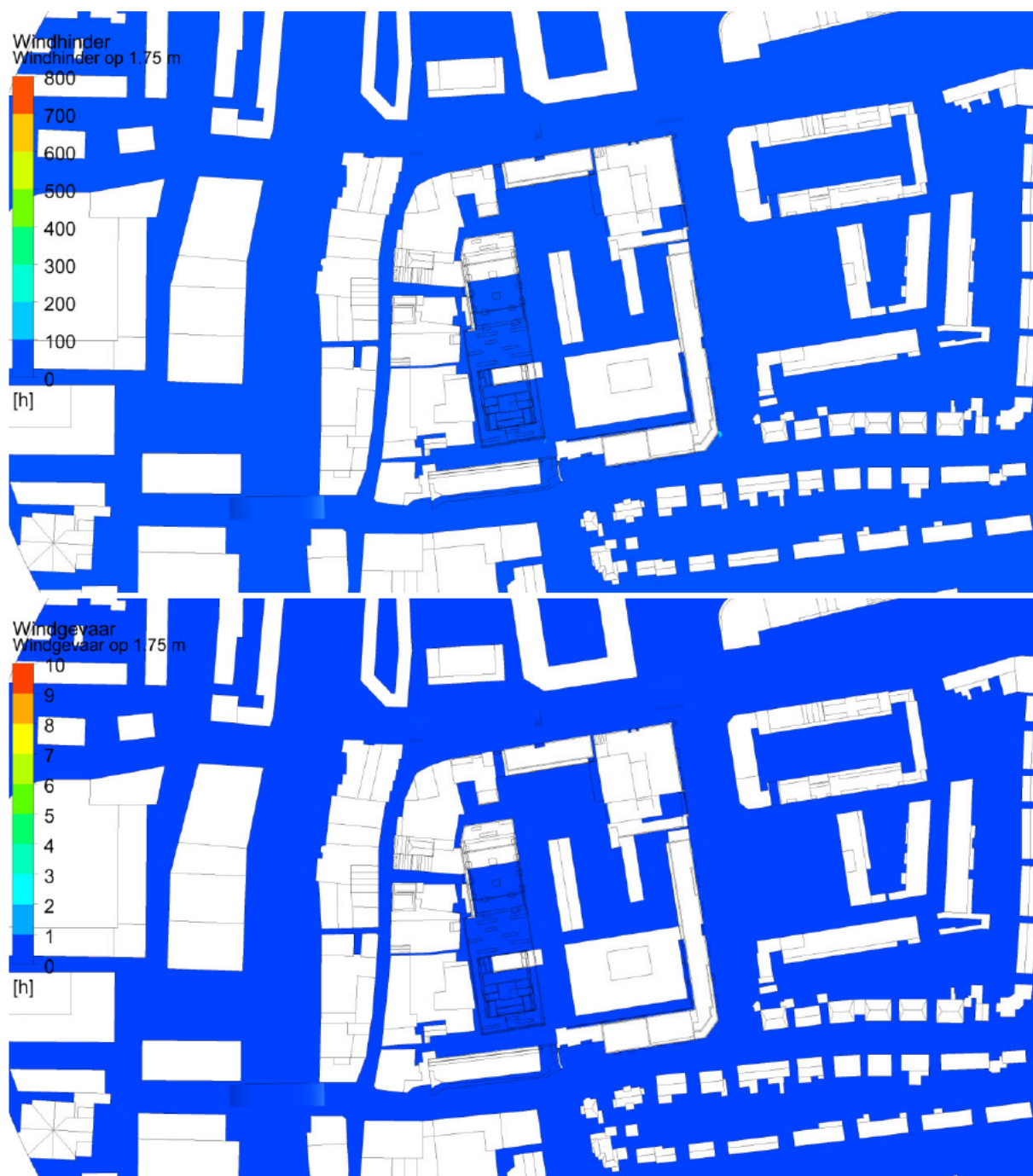


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

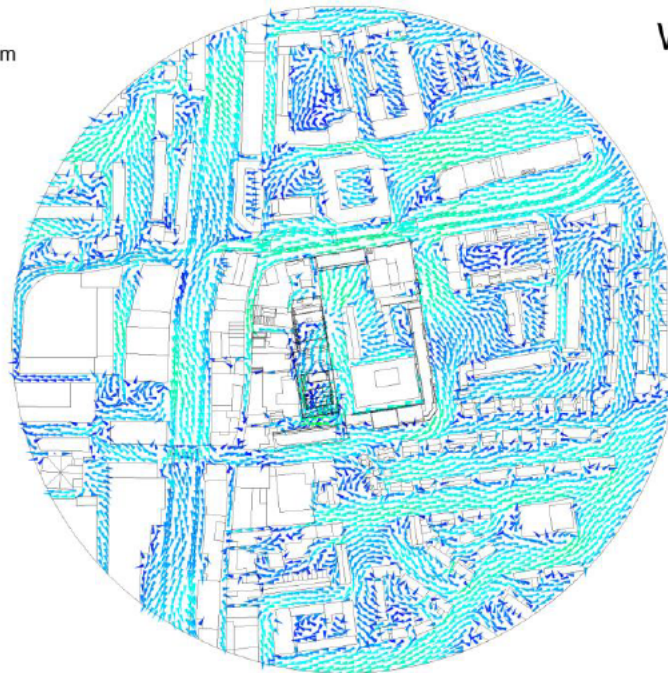
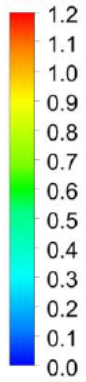


Windrichting = 30

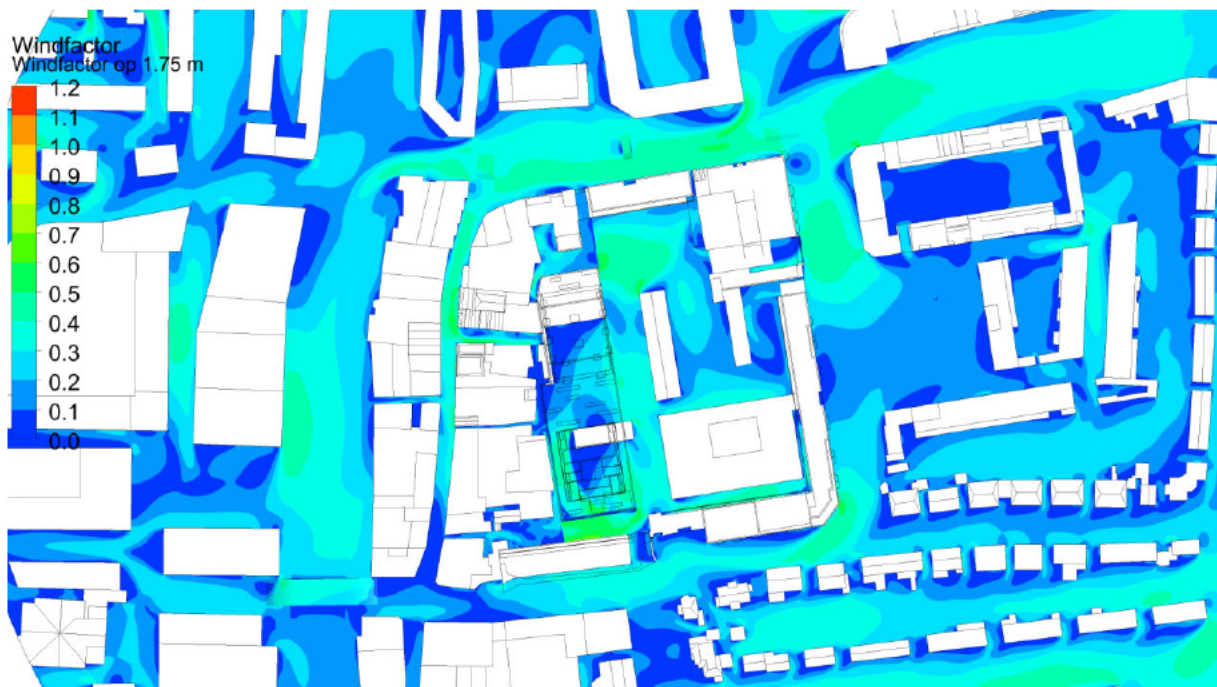


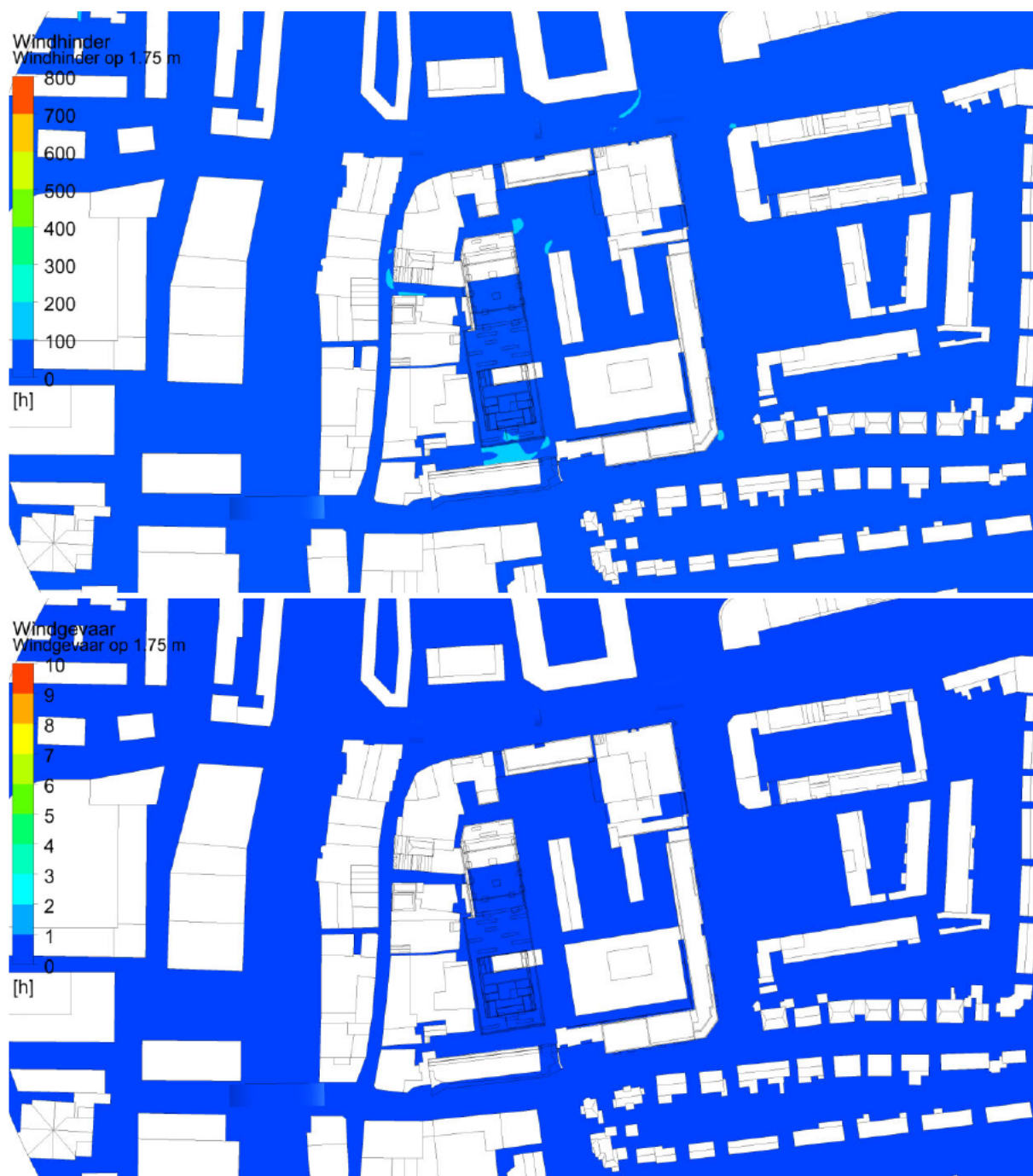


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

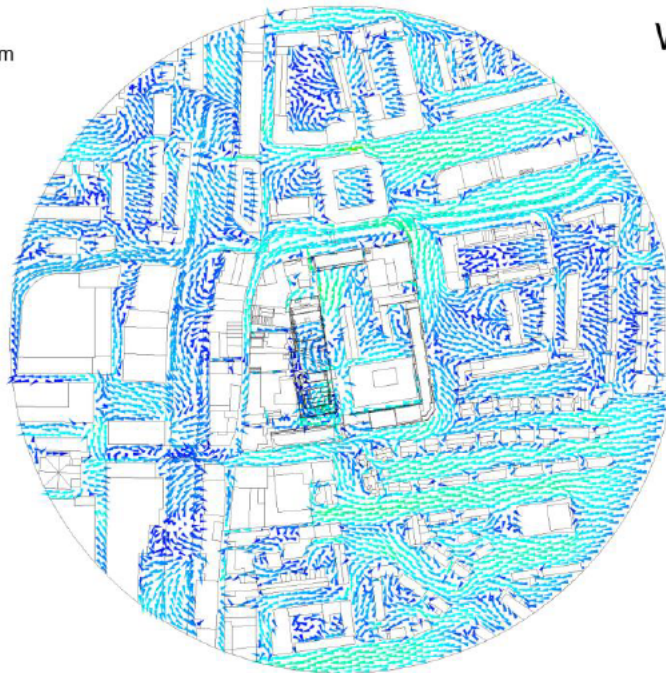
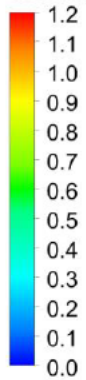


Windrichting = 60



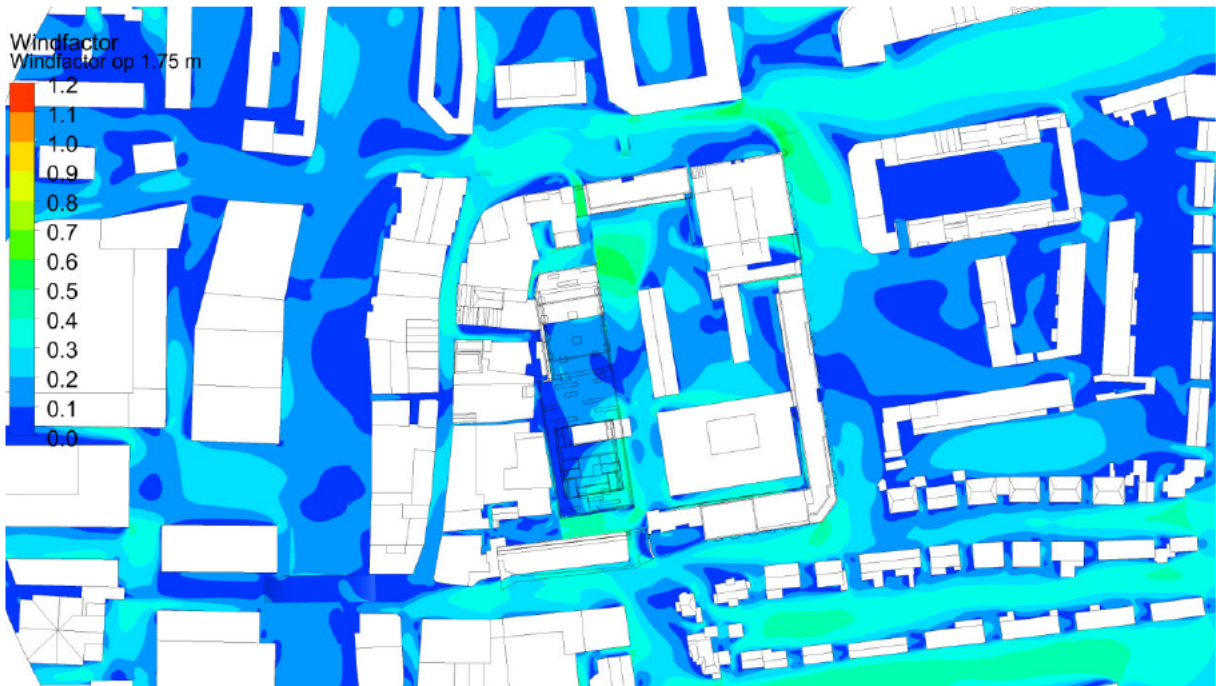
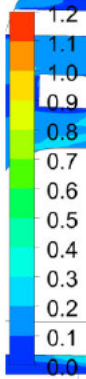


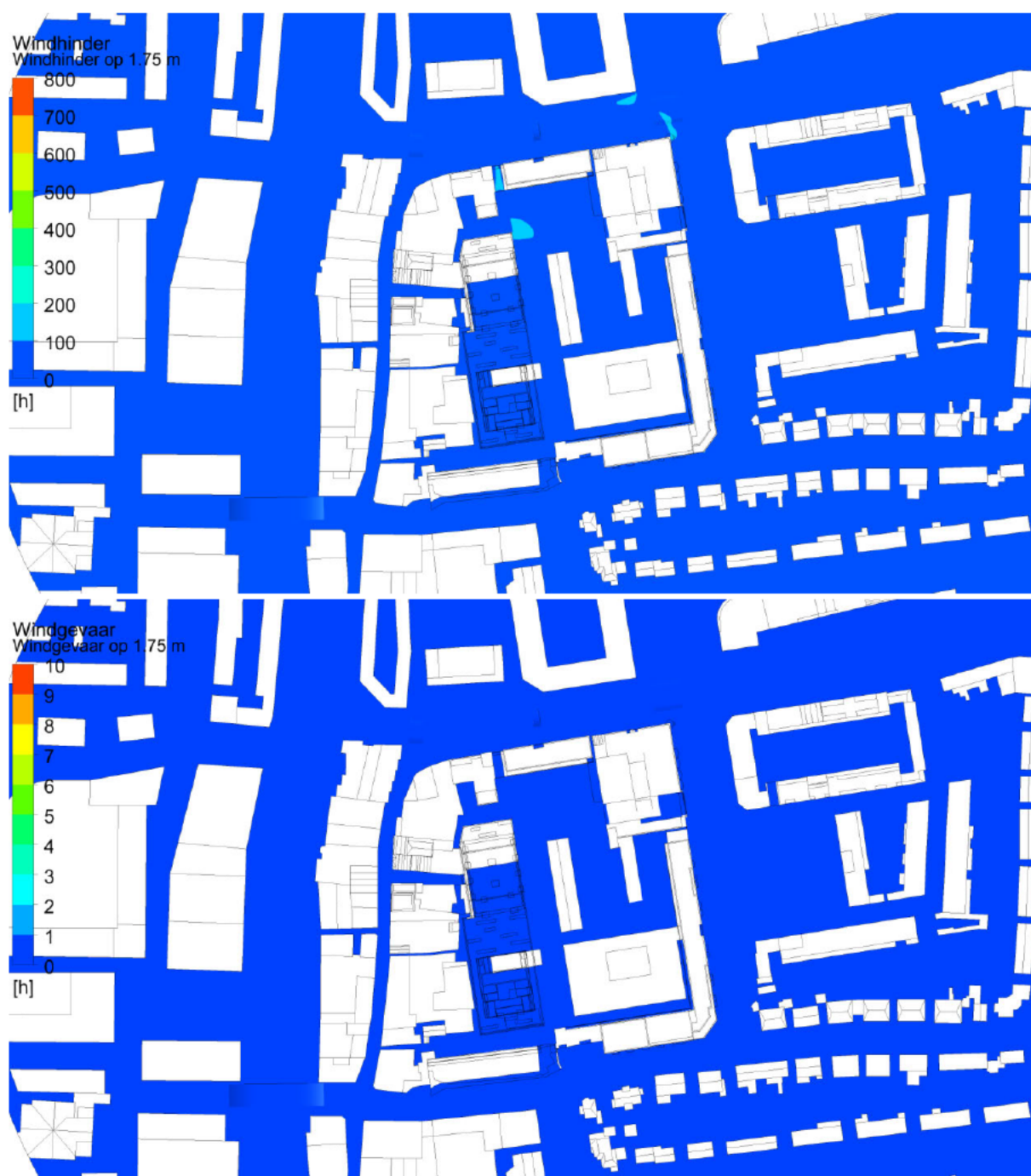
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



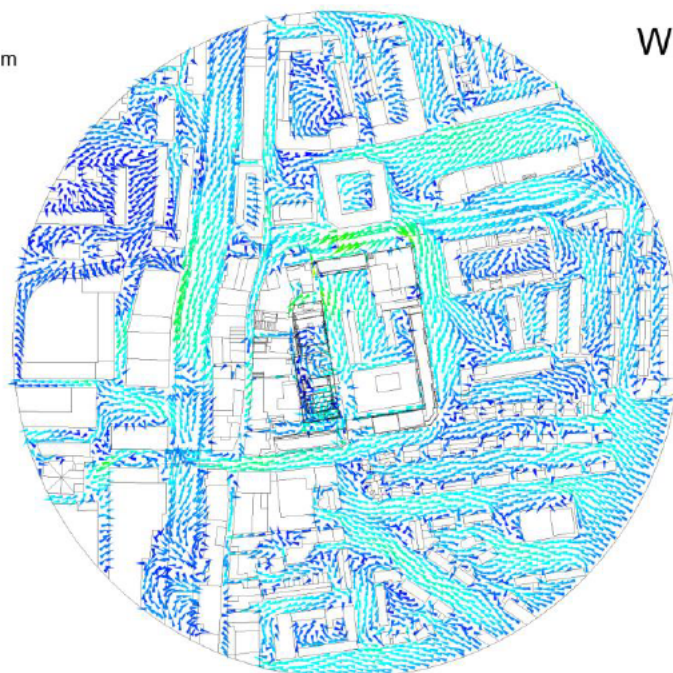
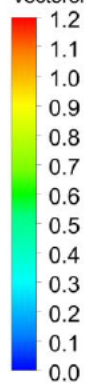
Windrichting = 90

Windfactor
Windfactor op 1.75 m



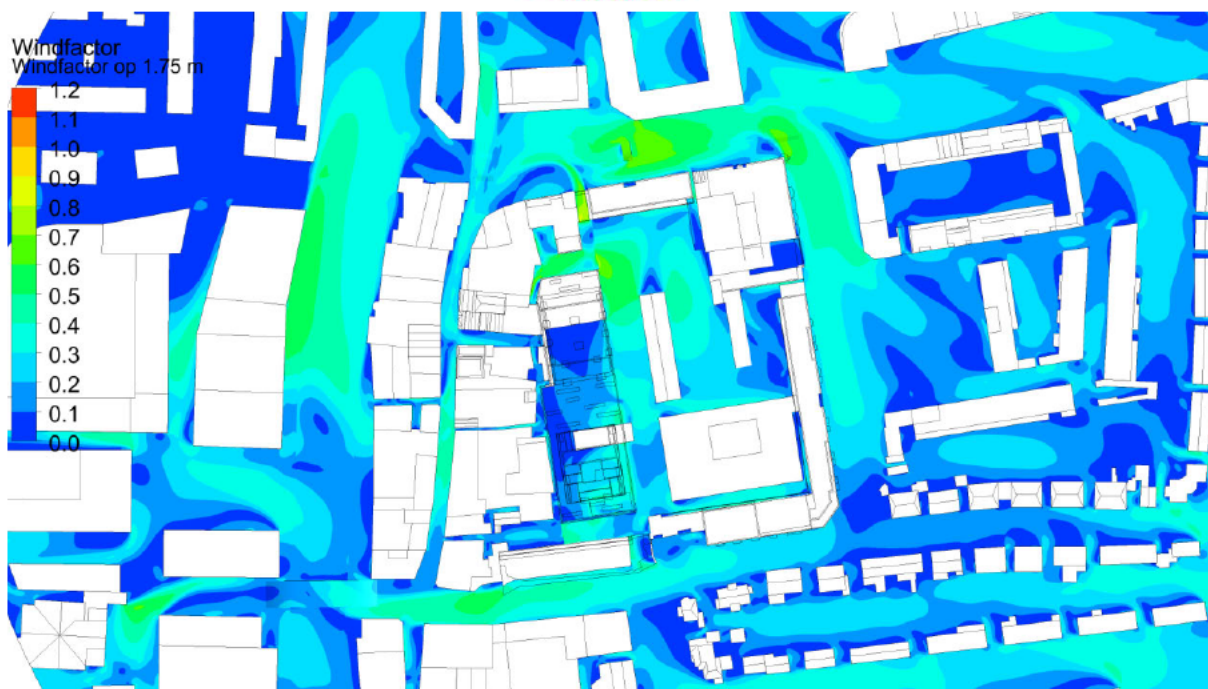
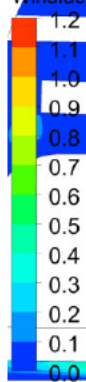


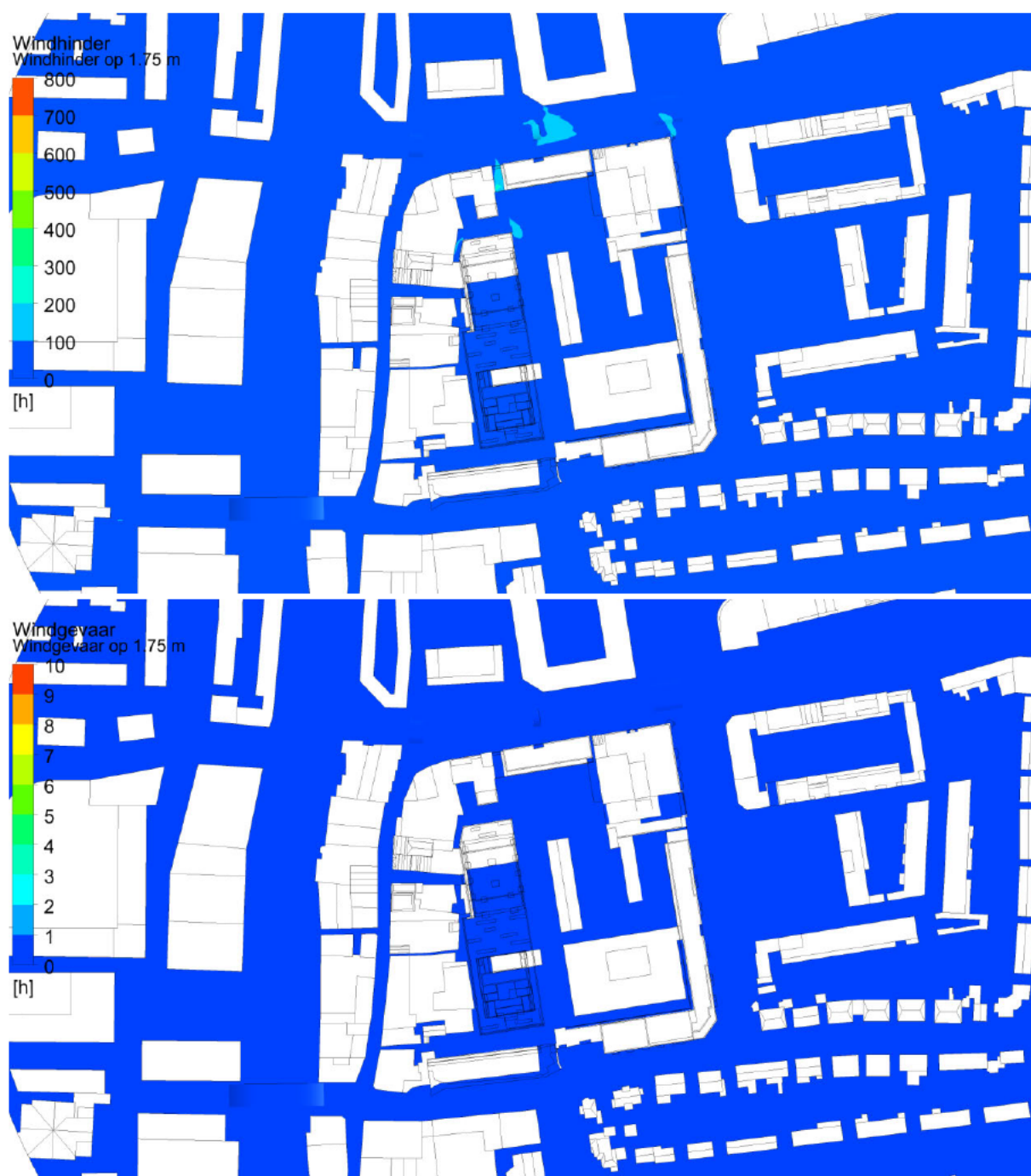
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



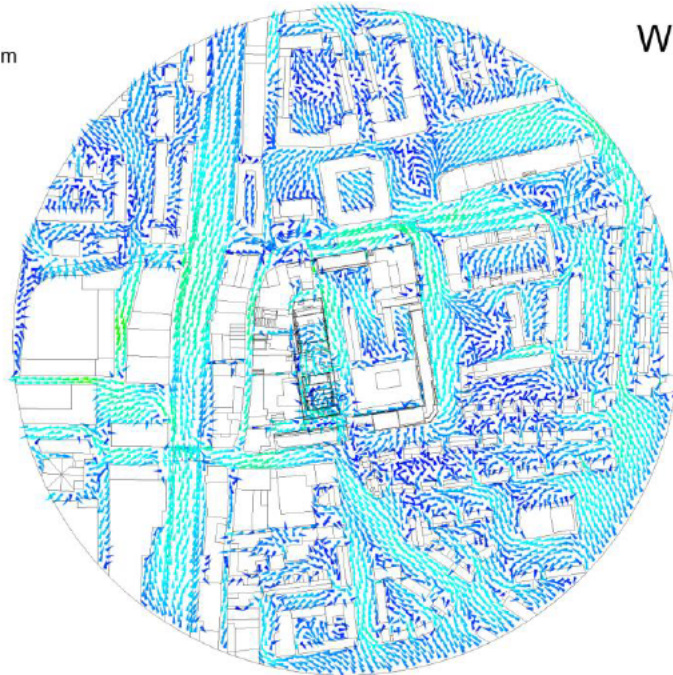
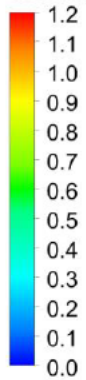
Windrichting = 120

Windfactor
Windfactor op 1.75 m

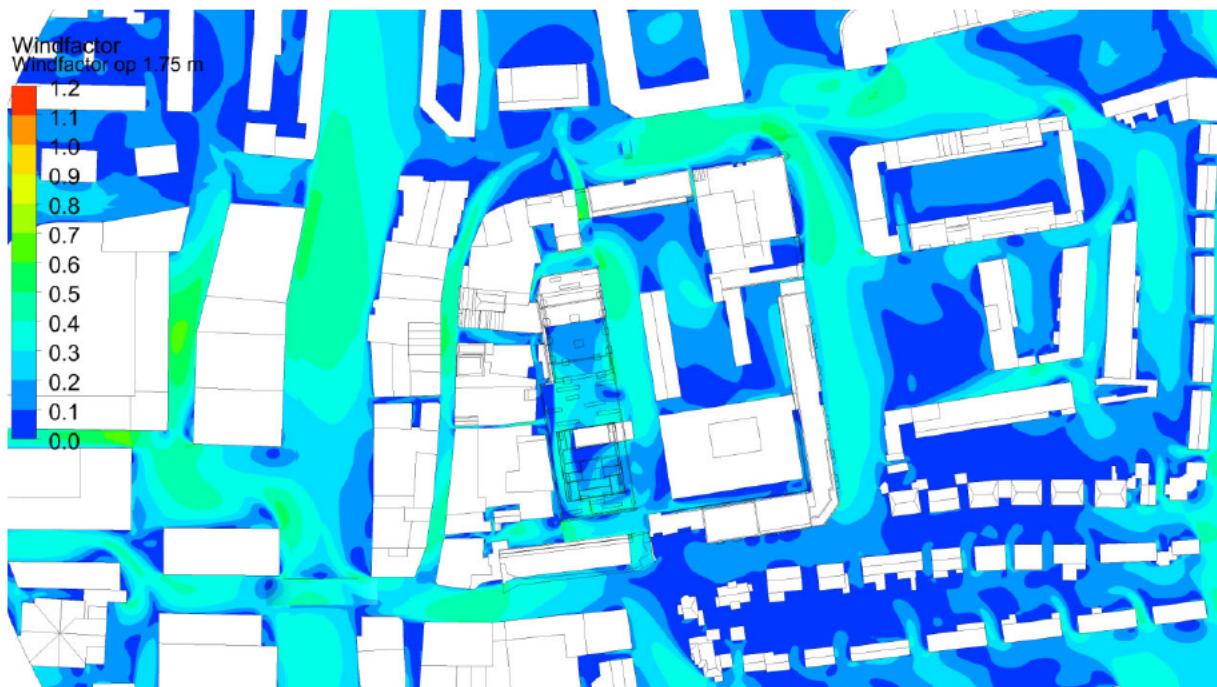


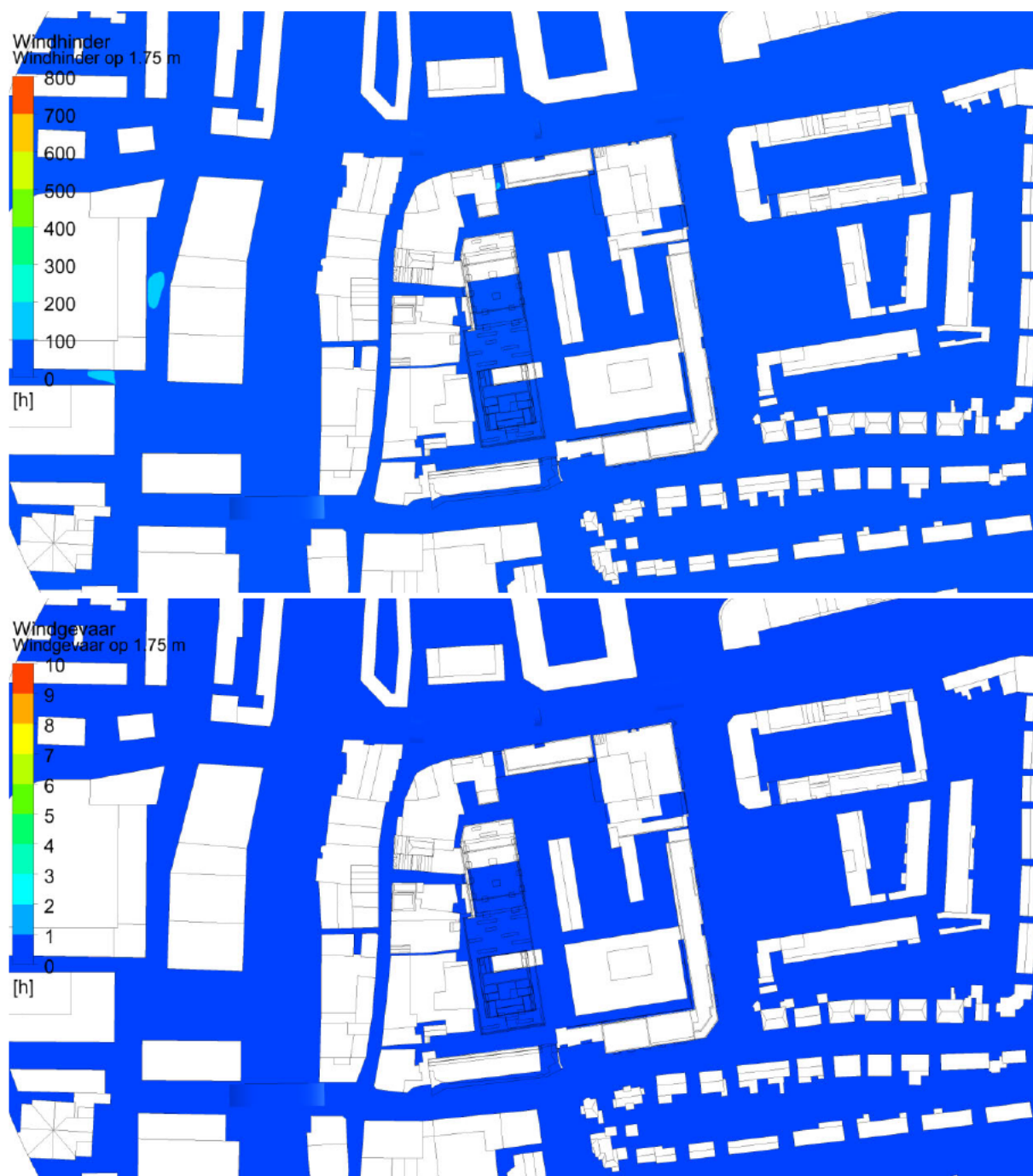


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

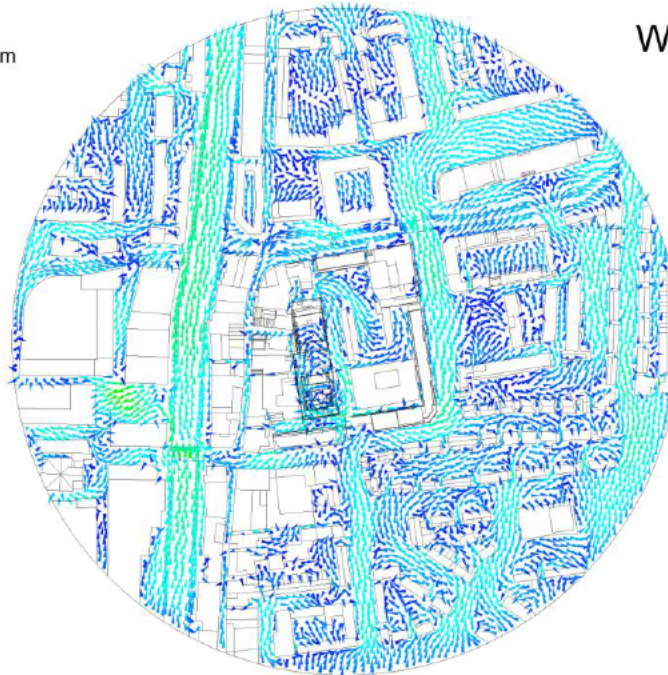
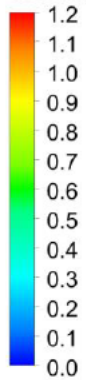


Windrichting = 150



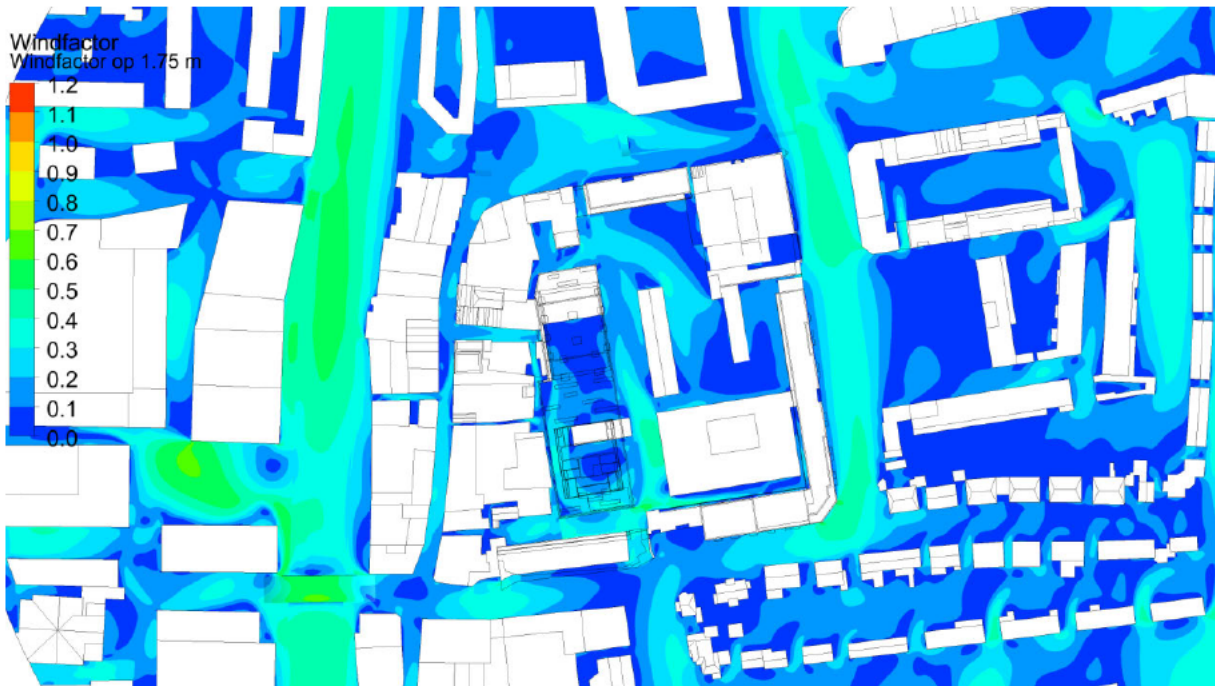
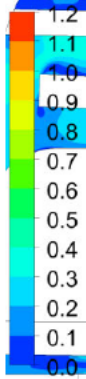


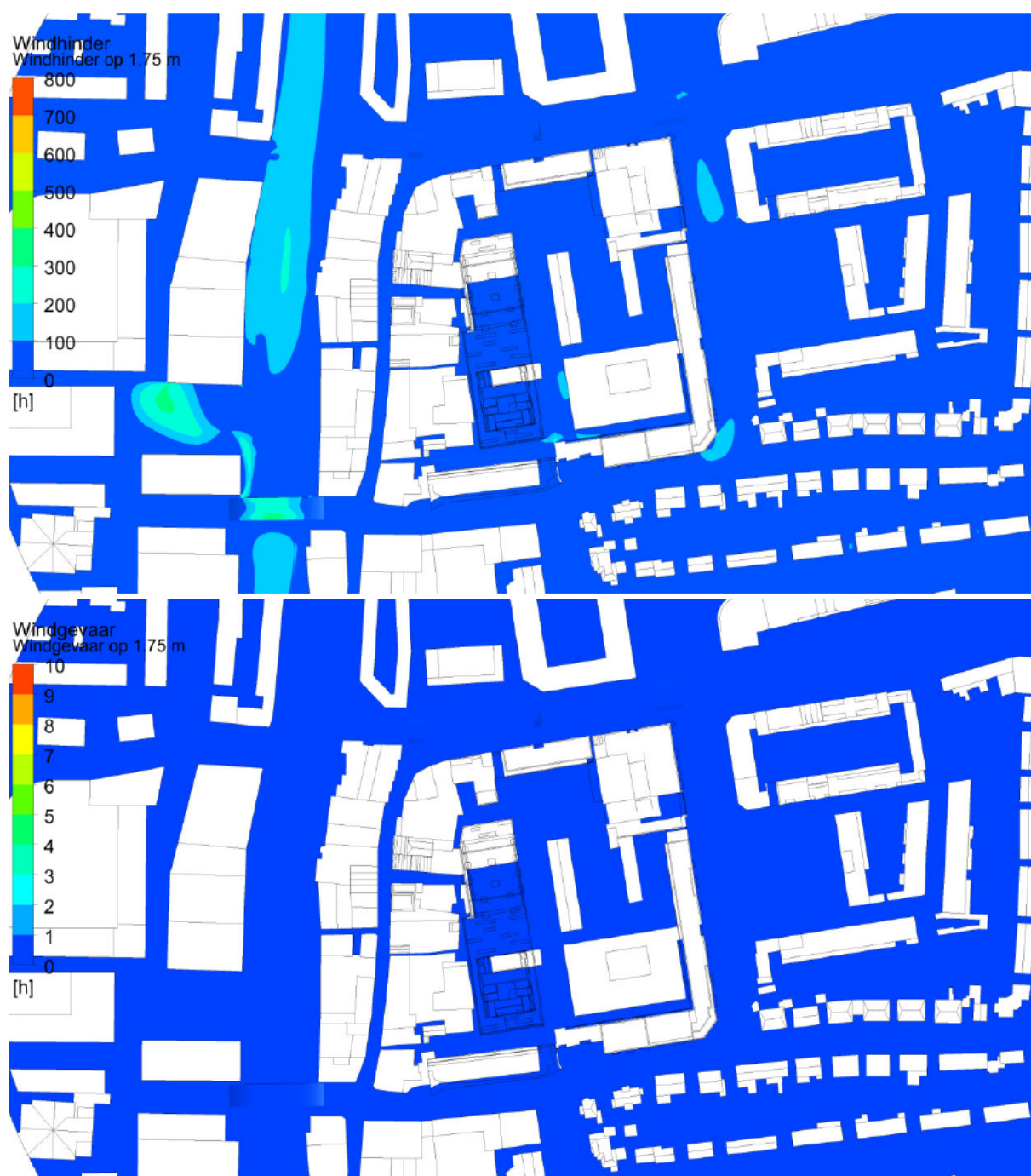
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



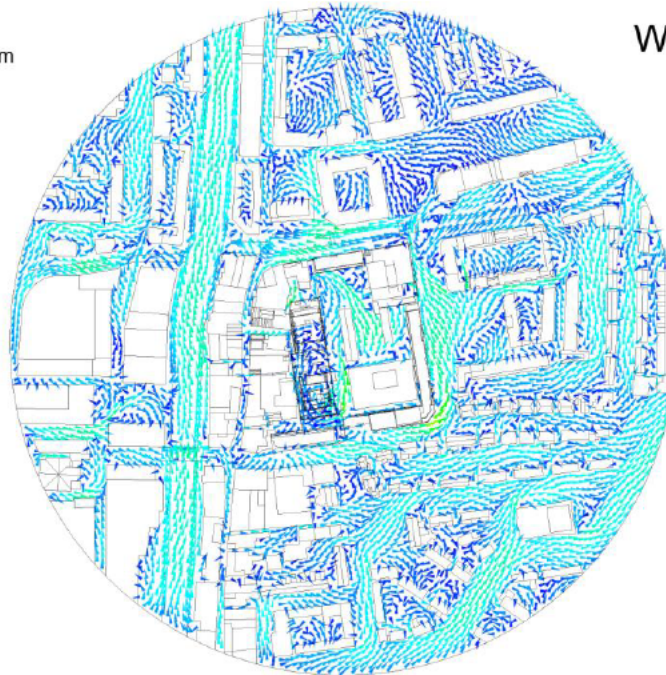
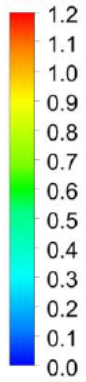
Windrichting = 180

Windfactor
Windfactor op 1.75 m

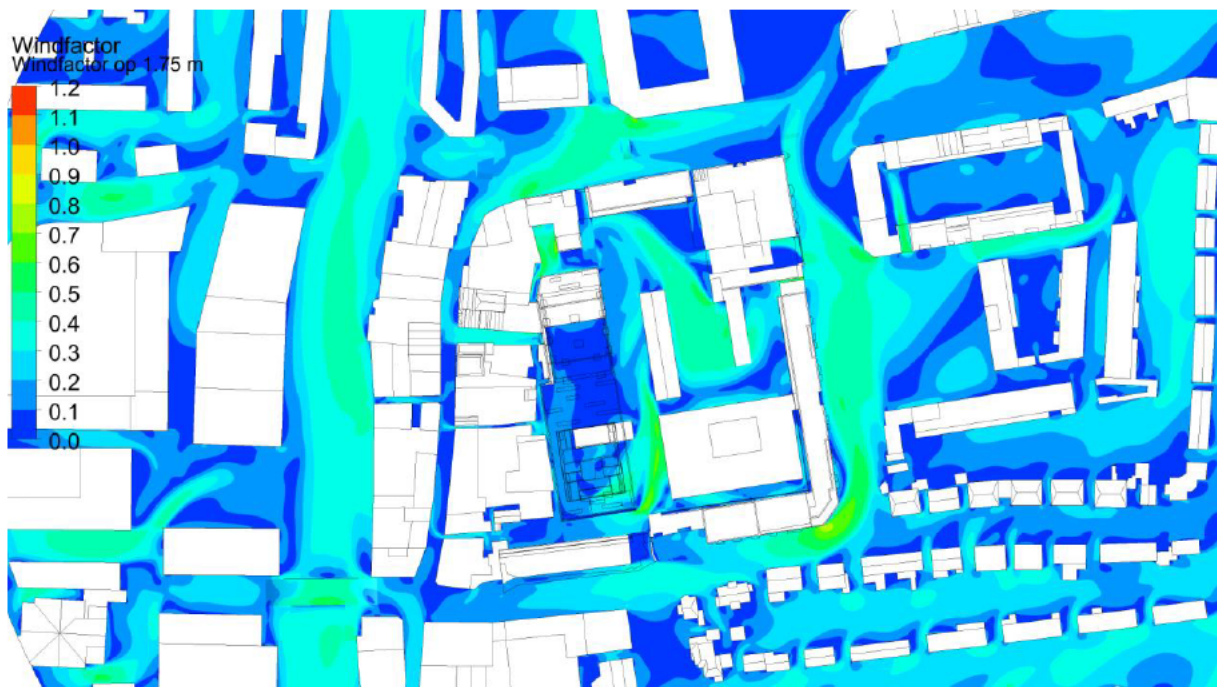


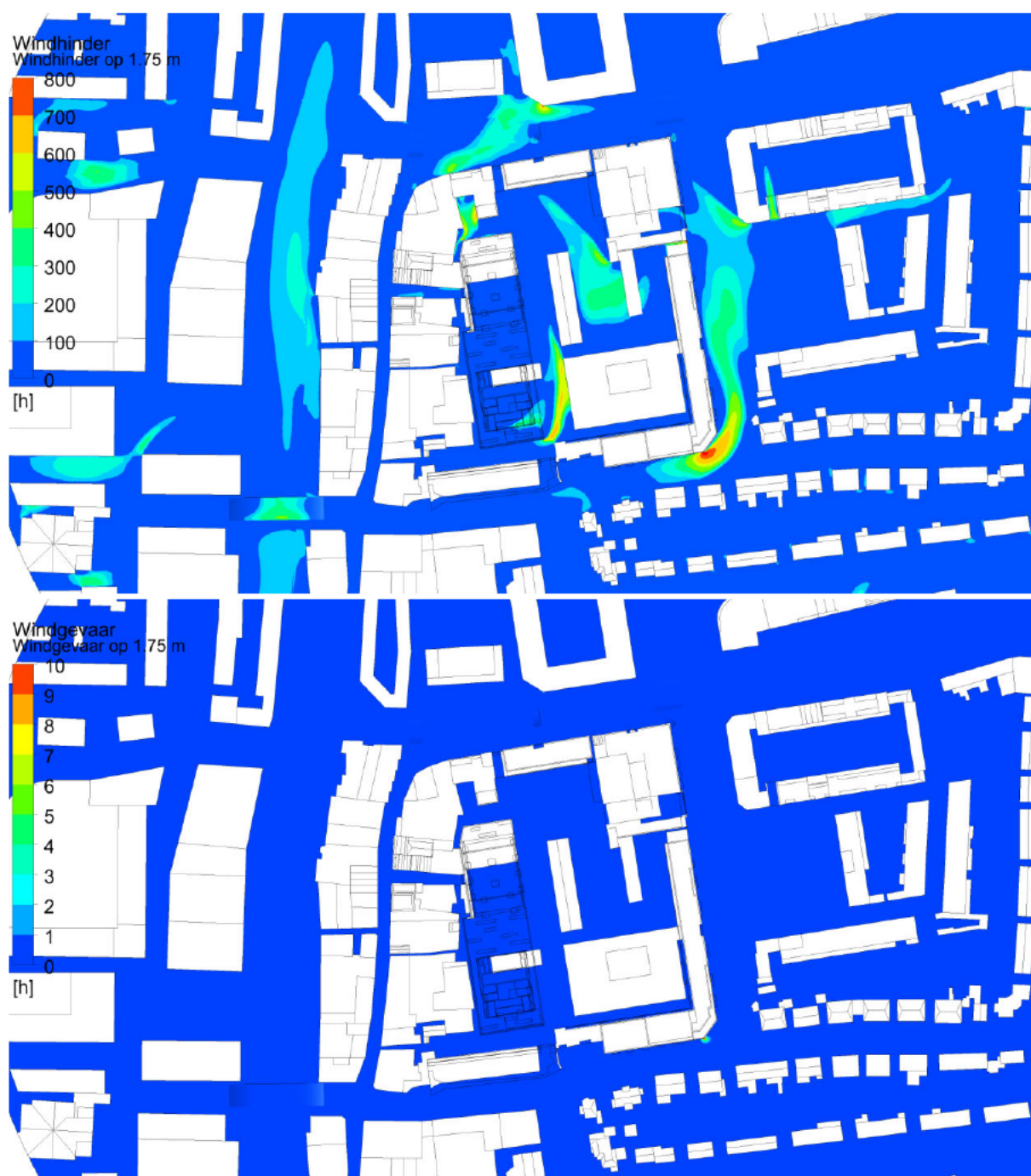


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

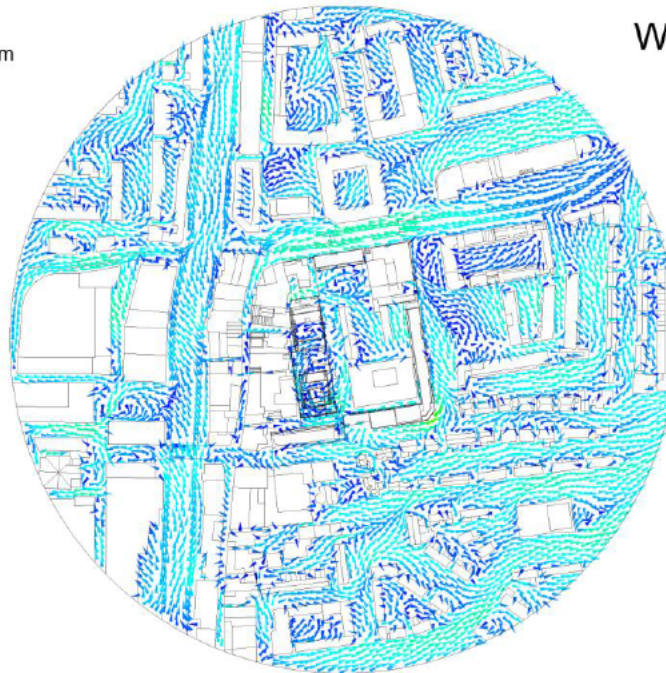
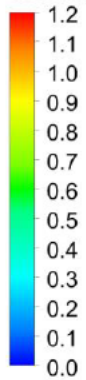


Windrichting = 210



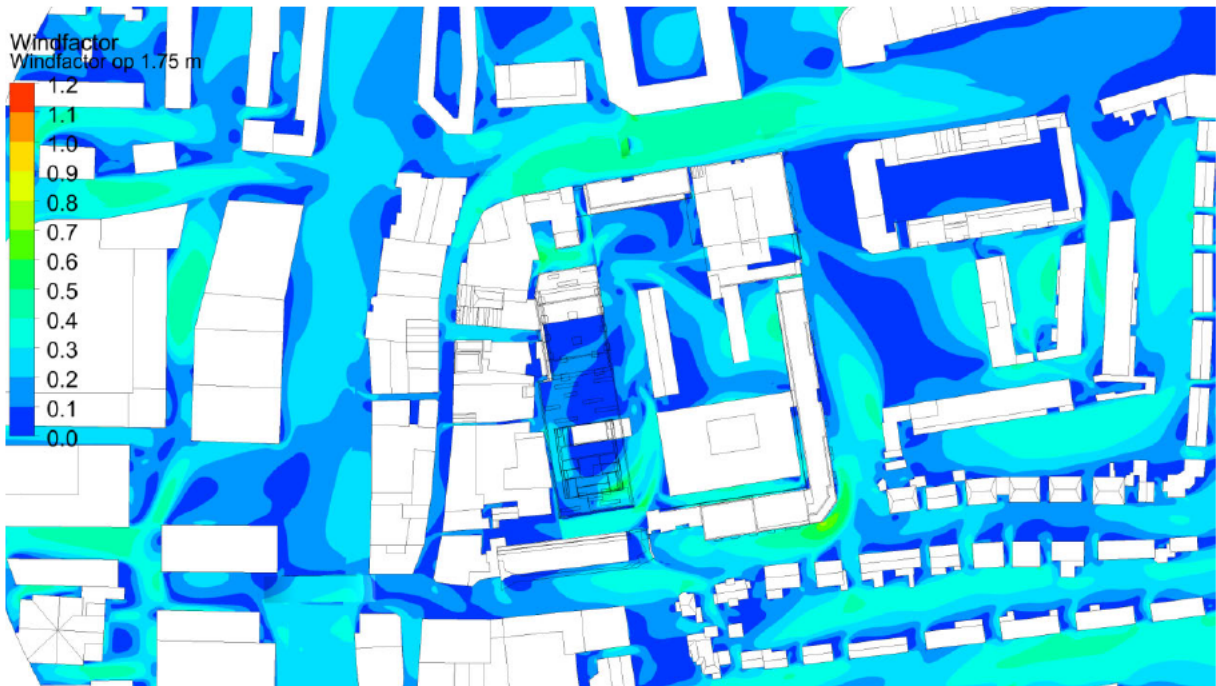
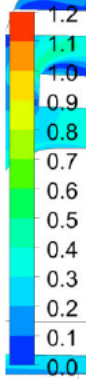


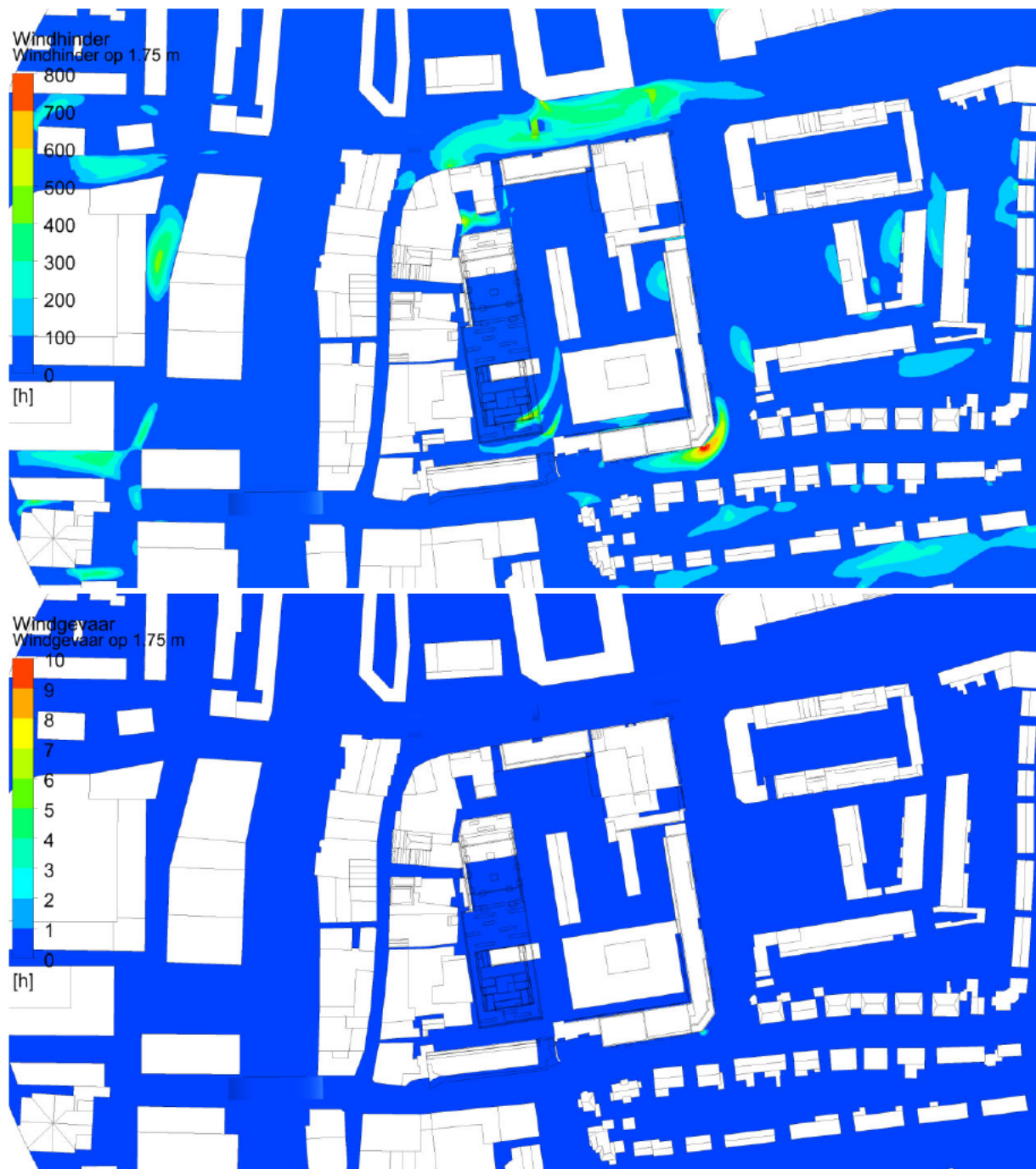
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



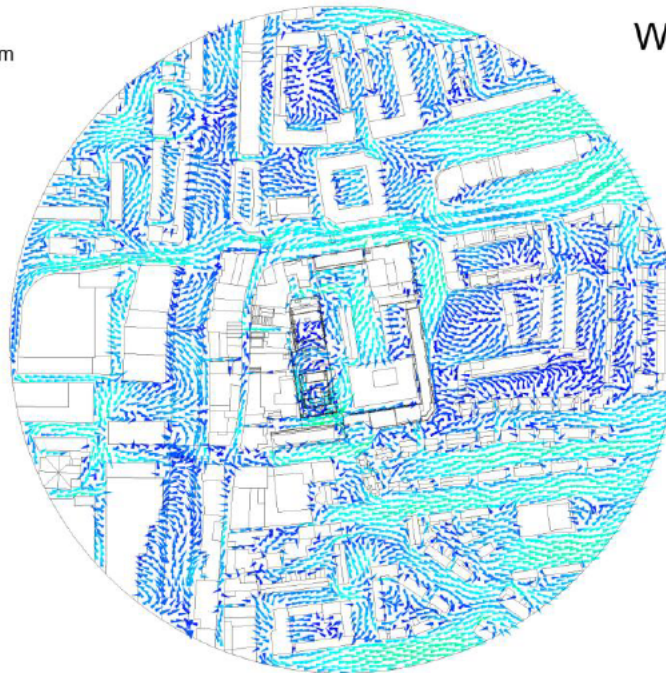
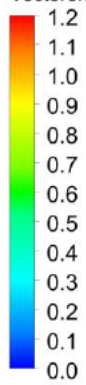
Windrichting = 240

Windfactor
Windfactor op 1.75 m



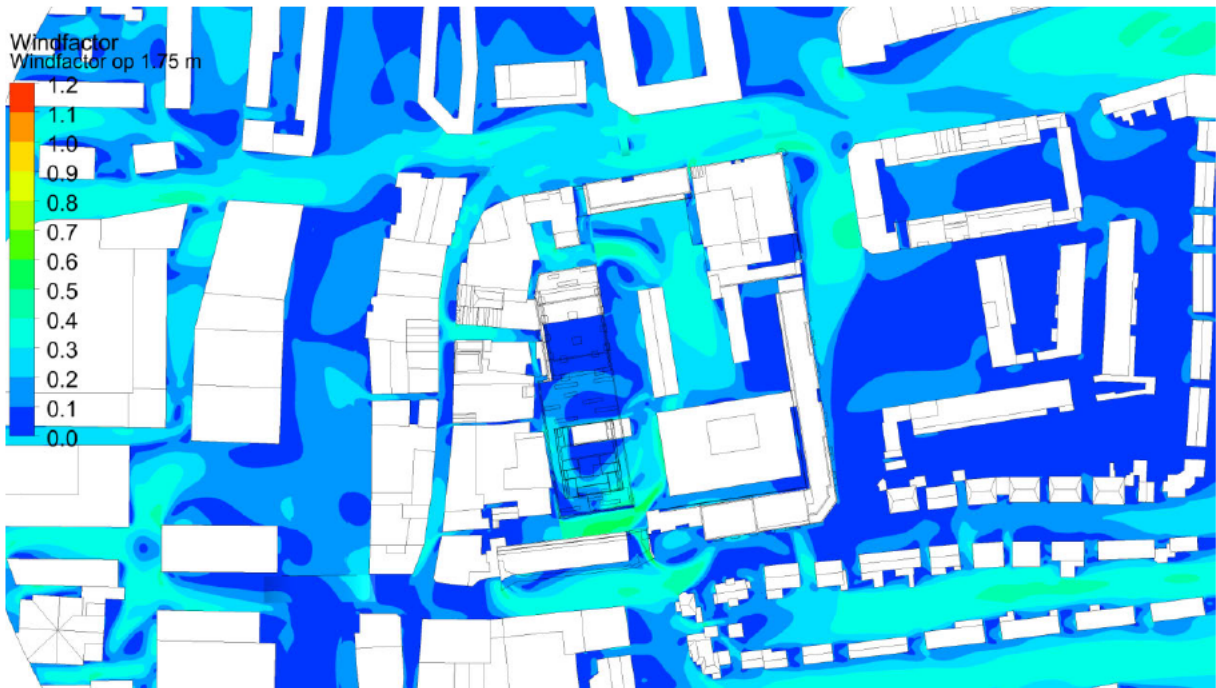
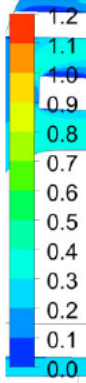


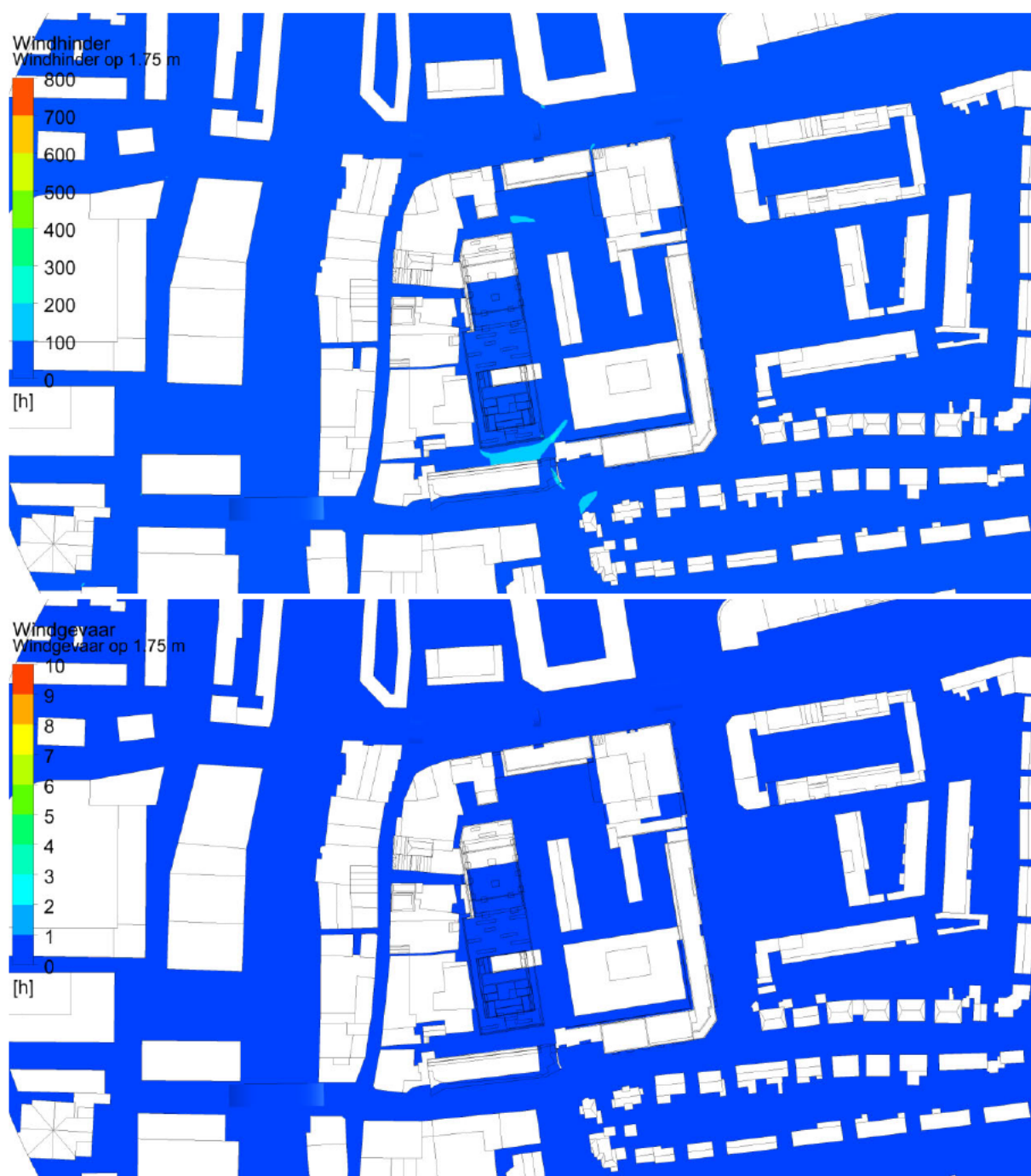
Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



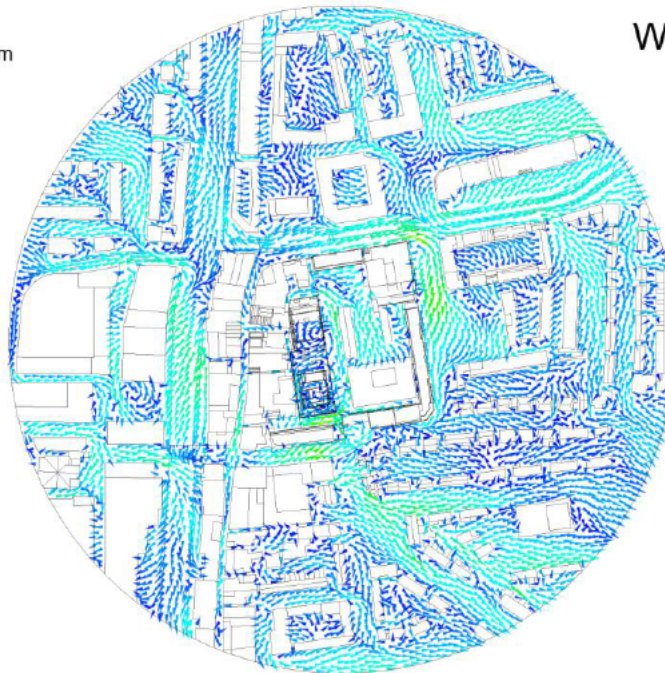
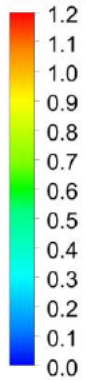
Windrichting = 270

Windfactor
Windfactor op 1.75 m

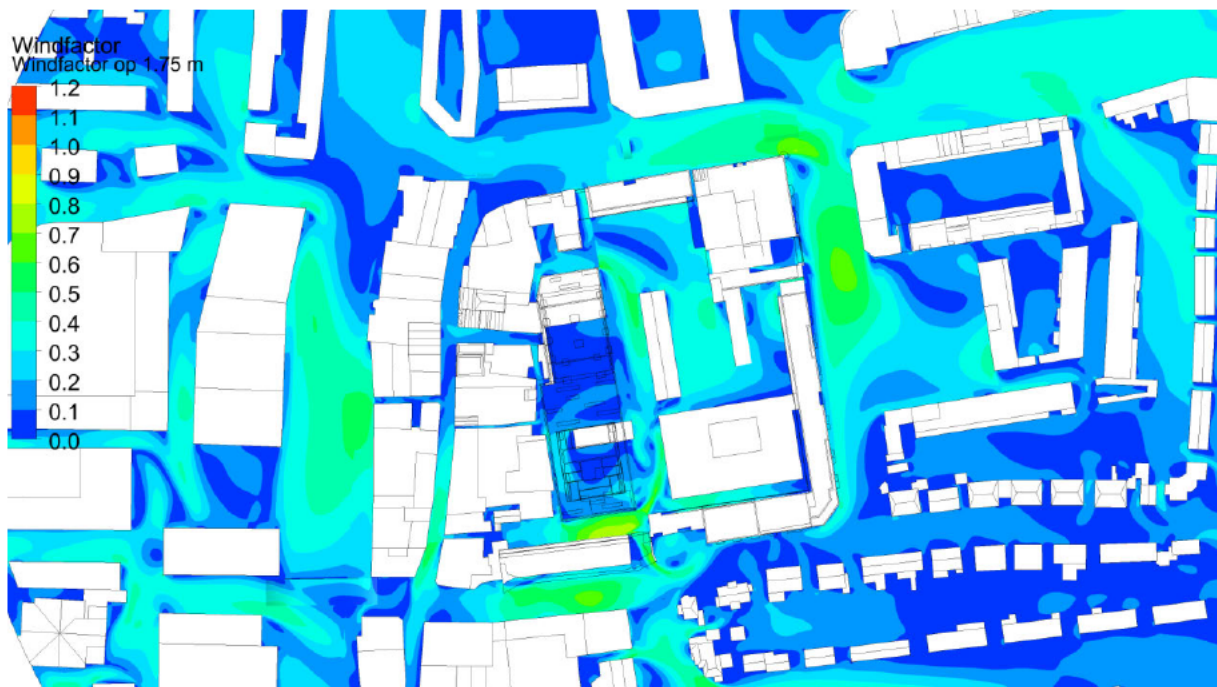


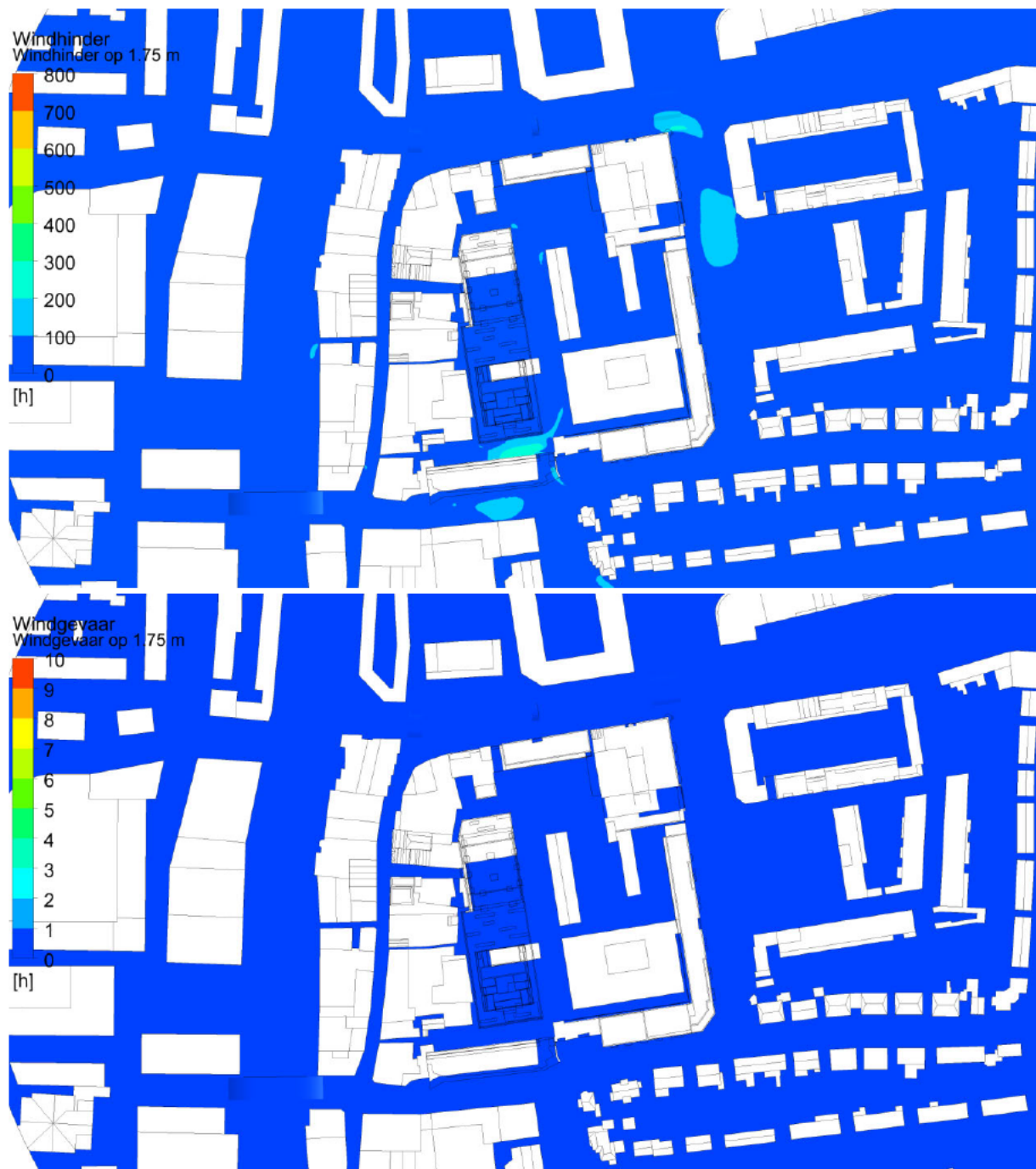


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m

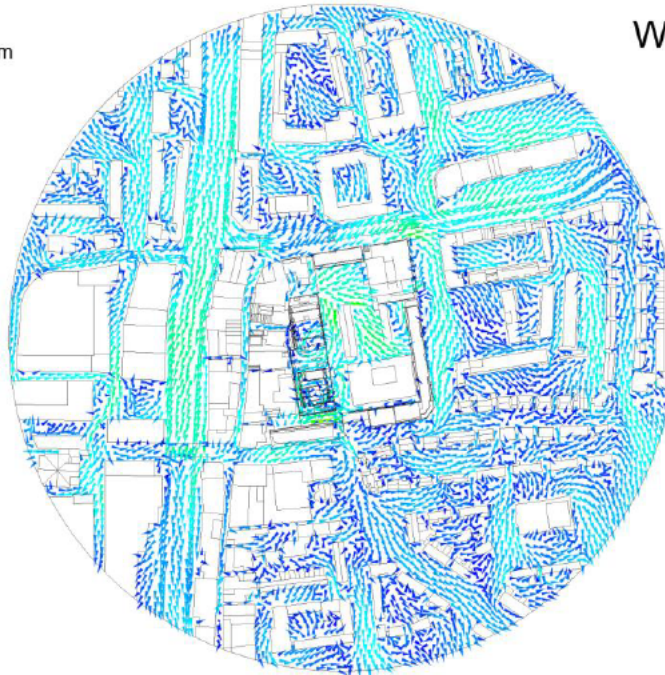
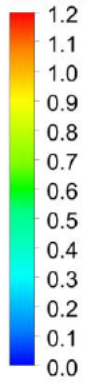


Windrichting = 300

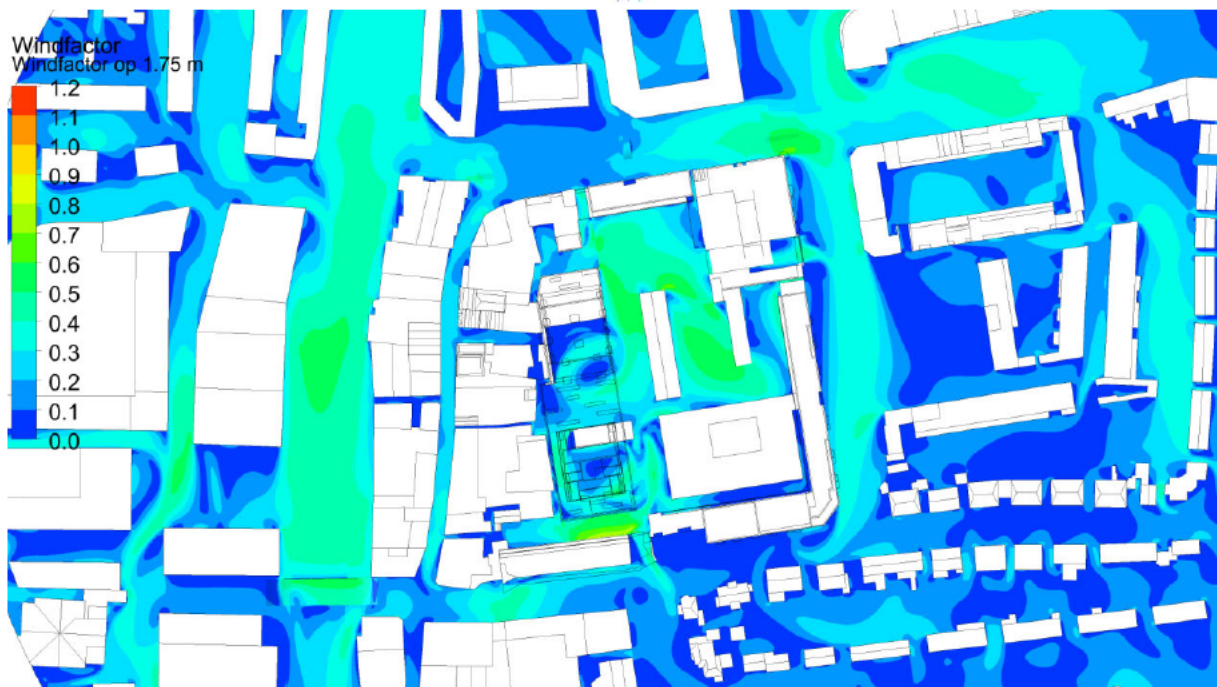


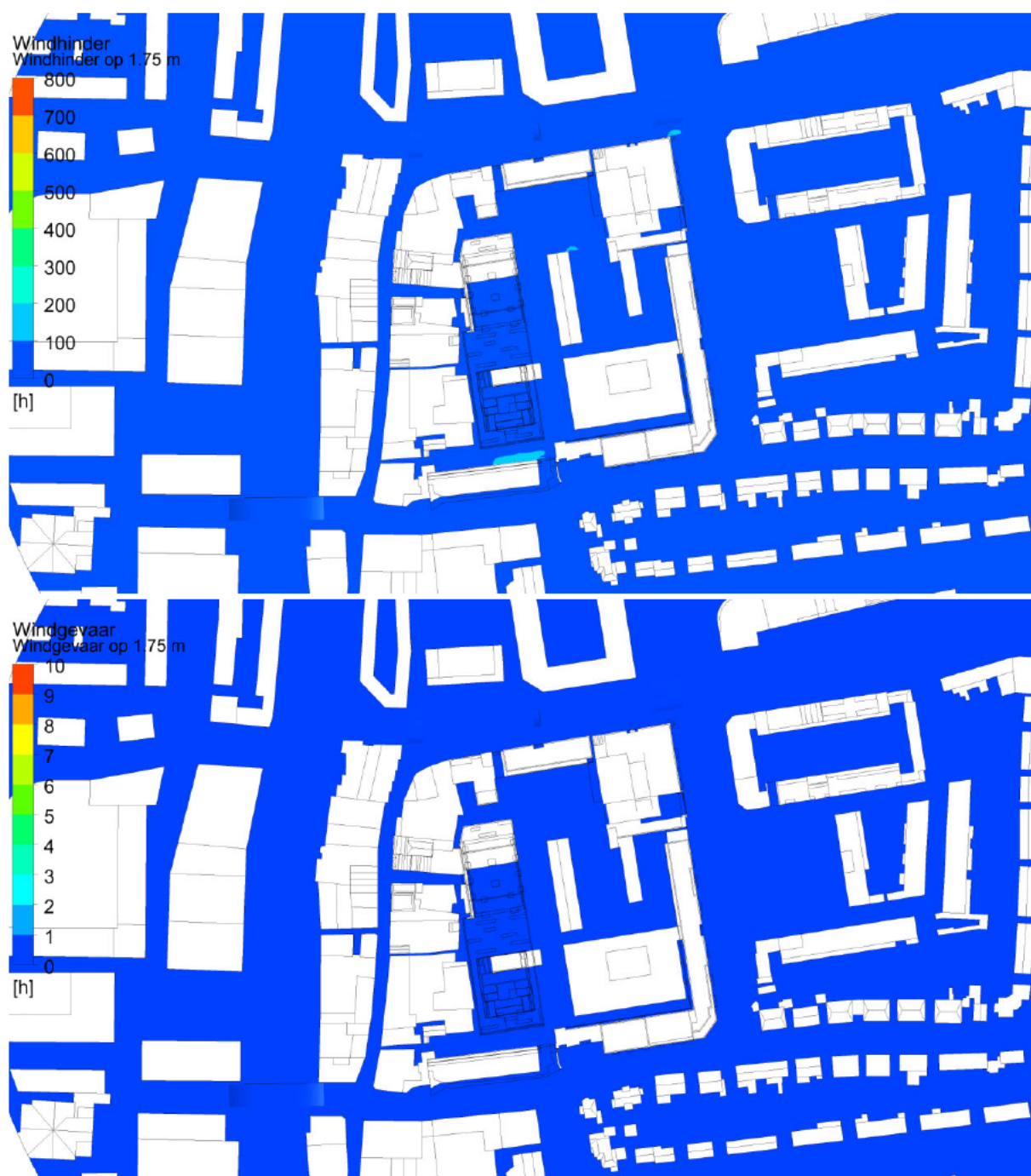


Windfactor
Vectoren windfactor op 1.75 m



Windrichting = 330





Appendix C – Technisch inlegvel numerieke simulatie

Project	Projectgegevens
Projectnaam	De Aarhof
Opdrachtgevers	Nelissen ingenieursbureau en BRO
Datum	16-05-2024
Model	Algemene gegevens
Omvang gemodelleerd gebied	300 m
Afmetingen model	1880x1250x400m
Blokkeringsgraad	<5 %
Aantal windrichtingen	12
Onderzochte configuraties	Bestaande en nieuwbouw
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM ☐ FEM ☐ anders Ansys CFX 2021 R1(Bestaande), 2023 R1 (Nieuwbouw)
Algemeen	☒ drie-dimensionaal ☒ tijd-onafhankelijk ☐ isothermisch ☐ passieve scalairs ☐ twee-dimensionaal ☐ tijd-afhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalairs Overige:
Rekenrooster	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen Nieuwe situatie: 83,4 miljoen Bestaande situatie: 74,3 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 105515, Y 460420