

# Rapport

## Onderzoek windklimaat Badhuis

*Badhuis, Hengelo*

Datum: 5 september 2016



Windsafe Projects B.V.  
Science Park 5080  
5692 EA Son  
Nederland

*Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo*

---

**Project**

Titel                      Onderzoek windklimaat Badhuis  
Locatie                  Hengelo

**Document**

Referentie              P43616915e100  
Revisie                  0  
Status                    Definitief  
Datum                    5 september 2016

**Klant**

Bedrijf                    Domain vastgoed BV  
                                Deldenerstraat 360  
                                7555 AR Hengelo  
Contactpersonen      Aard van Alsté

**Uitgever**

Bedrijf                    Windsafe Projects B.V.  
                                Science Park 5080  
                                5692 EA Son  
                                Nederland

## Inhoudsopgave

|     |                                       |    |
|-----|---------------------------------------|----|
| 1   | Onderzoeksdoel.....                   | 4  |
| 1.1 | Beoordelingsmethodiek .....           | 4  |
| 2   | Uitgangspunten en aannamen .....      | 5  |
| 2.1 | Geometrie .....                       | 5  |
| 2.2 | Klimaat.....                          | 6  |
| 2.3 | Windprofiel.....                      | 8  |
| 2.4 | CFD modellering .....                 | 10 |
| 3   | Resultaten van de simulaties.....     | 11 |
| 3.1 | Windhinder.....                       | 11 |
| 3.2 | Windgevaar .....                      | 13 |
| 4   | Verwijzingen .....                    | 14 |
|     | Bijlage A – Simulatie resultaten..... | 15 |

## Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

### 1 Onderzoeksdoel

Het doel van dit onderzoek is het inzichtelijk maken van het te verwachten windklimaat op straatniveau rondom het nieuwbouwproject Badhuis te Hengelo.

Het windklimaat wordt inzichtelijk gemaakt met behulp van Computational Fluid Dynamics (CFD) simulaties aan de hand van de methodiek als omschreven in de NEN8100 (1).

#### 1.1 Beoordelingsmethodiek

Het lokale windklimaat voor de nieuwbouwsituatie wordt beoordeeld op basis van de methode als omschreven in de NEN 8100 (1).

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 overschreden wordt. De drempelwaarde voor windhinder is vastgesteld op 5 m/s. In Tabel 1 is deze classificatie weergegeven. Er worden 12 windrichtingen gesimuleerd waarvan de som van het aantal uren dat de drempelwaarde wordt overschreden de kwaliteitsklasse bepaald. De beoordeling wordt uitgevoerd op 1,75 m boven maaiveld.

| Overschrijdingskans<br>In procenten van het aantal<br>uren per jaar | Kwaliteitsklasse | Activiteiten |           |                     |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|-----------|---------------------|
|                                                                     |                  | Doorlopen    | Slenteren | Langdurig<br>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 windklimaat conform NEN8100.

De drempelwaarde voor windgevaar is in de NEN8100 vastgesteld op 15 m/s, waarbij de classificaties gegeven in Tabel 2 gelden.

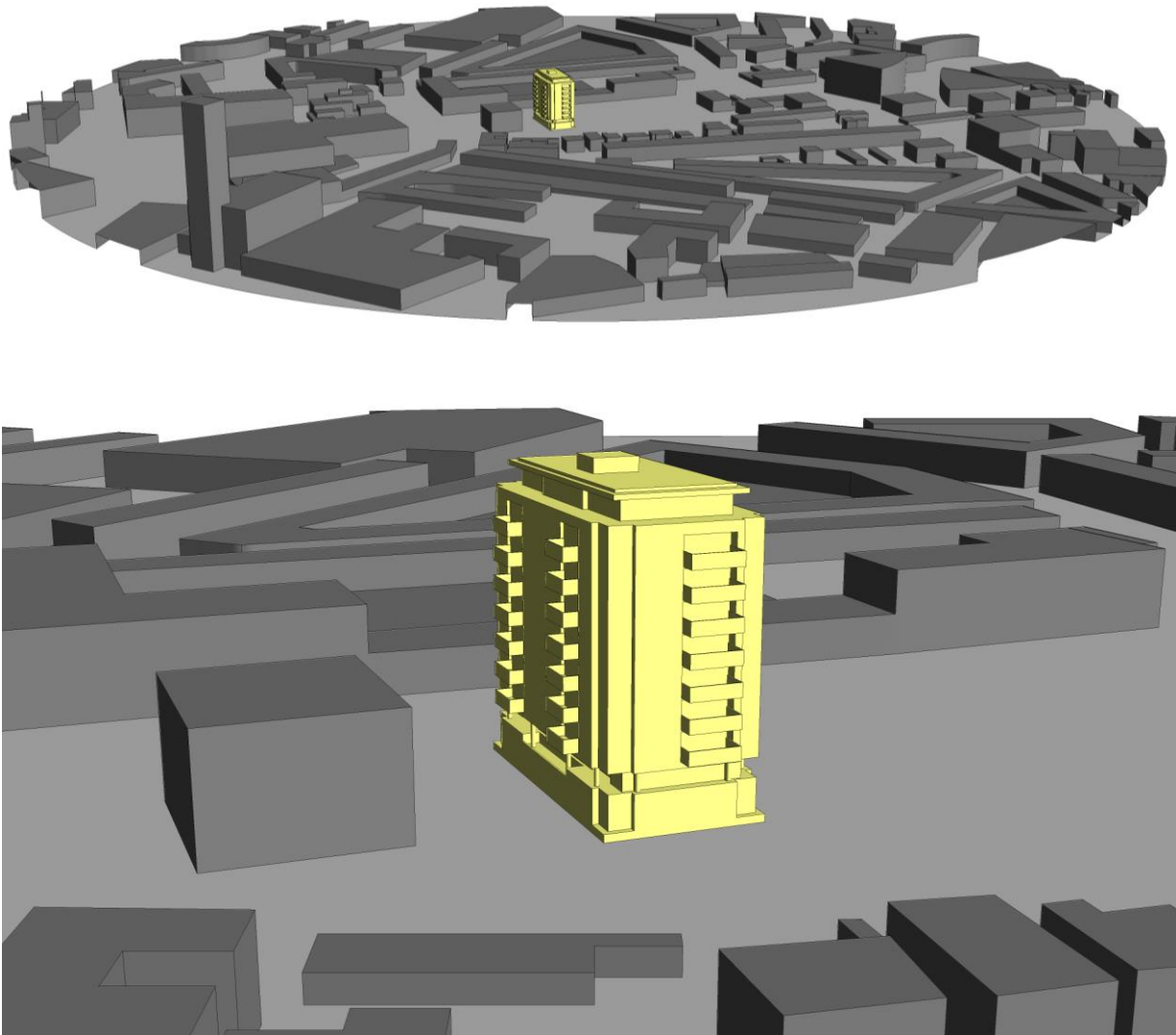
| Overschrijdingskans<br>In procenten van het aantal<br>uren per jaar | Kwalificatie   |
|---------------------------------------------------------------------|----------------|
| 0,05 < 0,30                                                         | Beperkt risico |
| > 0,30                                                              | Gevaarlijk     |

Tabel 2: Kwalificatie tabel windgevaar conform NEN8100.

## 2 Uitgangspunten en aannamen

### 2.1 Geometrie

Het 3 dimensionale CFD model van het nieuwbouwproject Badhuis is gebaseerd op het aangeleverde SketchUp model. De omgeving is gereconstrueerd aan de hand van Google Earth. Figuur 3 toont een overzicht van het volledige model en een detail van de voorgestelde nieuwbouw Badhuis.

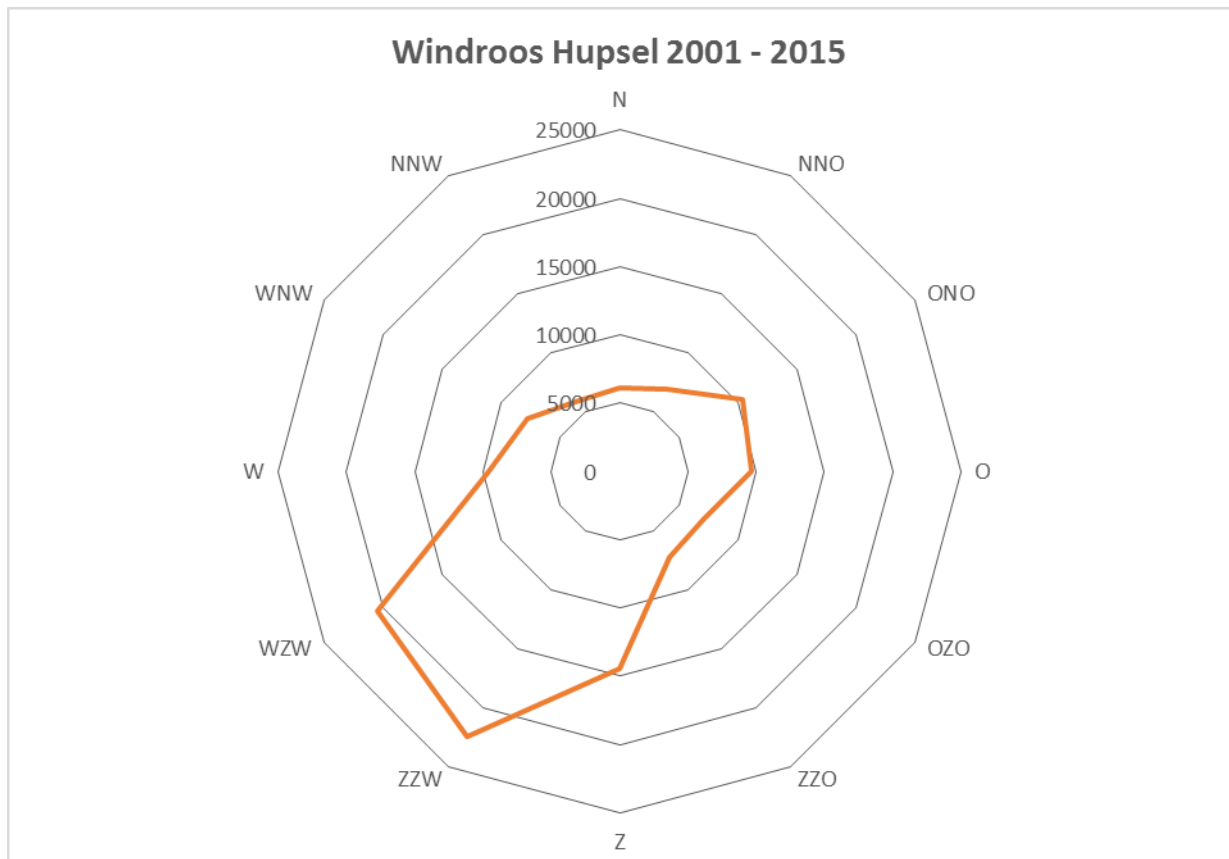


*Figuur 3: 3D CFD model.*

## Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

### 2.2 Klimaat

Voor de analyse van het windklimaat is de weerdata van het KNMI over de jaren 2001 t/m 2015 van weerstation Hupsel gebruikt. Figuur 4 toont de windroos van de gebruikte klimaatdata. De simulatie is uitgevoerd voor de in de windroos aangegeven 12 windrichtingen.



Figuur 4: Windroos Hupsel.

Ten grondslag van de windklimaat analyse ligt de klimaatdata. Naast de voorkomendheid van de windrichting is snelheid van groot effect op het windklimaat. Middels de in de CFD berekende windfactor (verhouding van de lokale windsnelheid ten opzicht van referentiewindsnelheid) wordt het lokale aantal uren overschrijding bij de genoemde klimaatdata berekend. Tabel 5 geeft de gemiddelde frequentie van de referentiewindsnelheid per richting over de geanalyseerde periode.

## Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

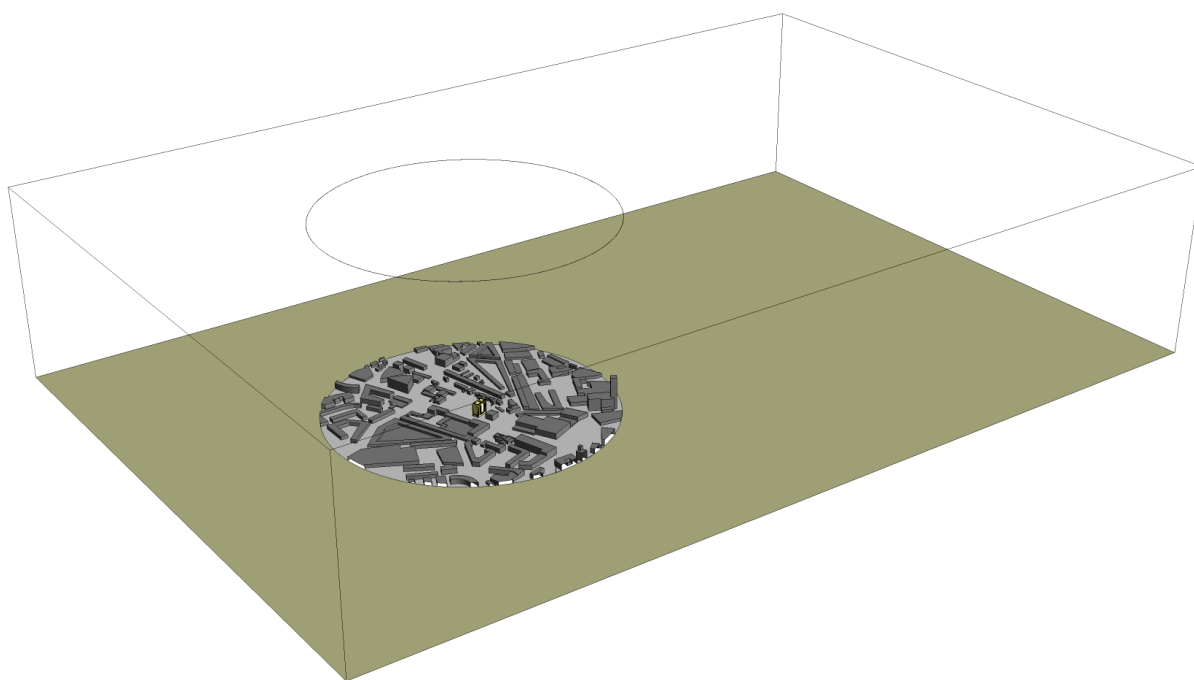
| Richting | 0     | 30    | 60    | 90    | 120   | 150   | 180   | 210   | 240   | 270   | 300   | 330   | Var.  | Stil  |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Snelheid | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] | [uur] |
| 0        | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 74    | 153   |
| 1        | 57    | 71    | 99    | 91    | 90    | 112   | 141   | 158   | 107   | 110   | 61    | 48    | 0     | 0     |
| 2        | 113   | 137   | 191   | 150   | 132   | 153   | 231   | 268   | 203   | 179   | 107   | 94    | 0     | 0     |
| 3        | 95    | 107   | 167   | 141   | 123   | 115   | 205   | 329   | 251   | 139   | 109   | 87    | 0     | 0     |
| 4        | 69    | 74    | 118   | 114   | 69    | 58    | 159   | 287   | 239   | 97    | 88    | 68    | 0     | 0     |
| 5        | 40    | 41    | 69    | 68    | 35    | 27    | 103   | 210   | 184   | 60    | 66    | 47    | 0     | 0     |
| 6        | 20    | 20    | 32    | 40    | 14    | 12    | 68    | 127   | 138   | 28    | 47    | 31    | 0     | 0     |
| 7        | 8     | 9     | 14    | 20    | 5     | 4     | 35    | 67    | 96    | 13    | 22    | 16    | 0     | 0     |
| 8        | 4     | 3     | 5     | 11    | 2     | 1     | 12    | 29    | 62    | 6     | 10    | 5     | 0     | 0     |
| 9        | 1     | 1     | 1     | 4     | 0     | 0     | 6     | 9     | 41    | 3     | 4     | 2     | 0     | 0     |
| 10       | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 2     | 5     | 24    | 2     | 2     | 1     | 0     | 0     |
| 11       | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | 2     | 12    | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 12       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 5     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 13       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 4     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 14       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 2     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 15       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 16       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 17       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 18       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 19       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20       | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

Tabel 5: Frequentie referentiewindsnelheid per windrichting.

## Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

### 2.3 Windprofiel

Als referentiesnelheid ( $v_{\text{ref}}$ ) is 5 m/s op een referentiehoogte ( $Z_{\text{ref}}$ ) van 10 m boven het maaiveld aangenomen. Het simulatiemodel is aan de randen, van waaruit de wind het model instroomt, voorzien van een windprofiel ( $v_{\text{wind}}$ ). De windsnelheid is dicht bij het maaiveld lager door de invloed van bijvoorbeeld bebouwing en begroeiing. De mate van invloed wordt beschreven door de ruwheidslengte ( $z_0$ ). De ruwheidslengte ( $z_0$ ) voor een stedelijk gebied is 0,8 m. Om de windstroom realistisch te kunnen simuleren is om de gemodelleerde bebouwing een box geplaatst waar ook lucht doorheen kan stromen. De afmetingen van de box worden bepaald op basis van de hoogte ( $H$ ) van het hoogste gebouw. De randen van de box bevinden zich op  $5H$  vanaf de rand van het gemodelleerde gebied en de hoogte van de box is  $6H$ . Stroomopwaarts is de box eveneens  $5H$  lang en stroomafwaarts  $15H$ . Voor het grondvlak binnen het gebied met gemodelleerde bebouwing is een kleine ruwheid toegepast ter compensatie van oneffenheden en begroeiing in het terrein. In de windbox wordt het windprofiel behouden door een domein met volumetrische bronnen afgestemd op de betreffende ruwheidslengte. Een overzicht van de toegepaste box om het gemodelleerde gebied heen is weergegeven in Figuur 6. De box kan gezien worden als een digitale windtunnel.



*Figuur 6: Box om het gemodelleerde gebied heen, ten behoeve van het windprofiel (digitale windtunnel).*

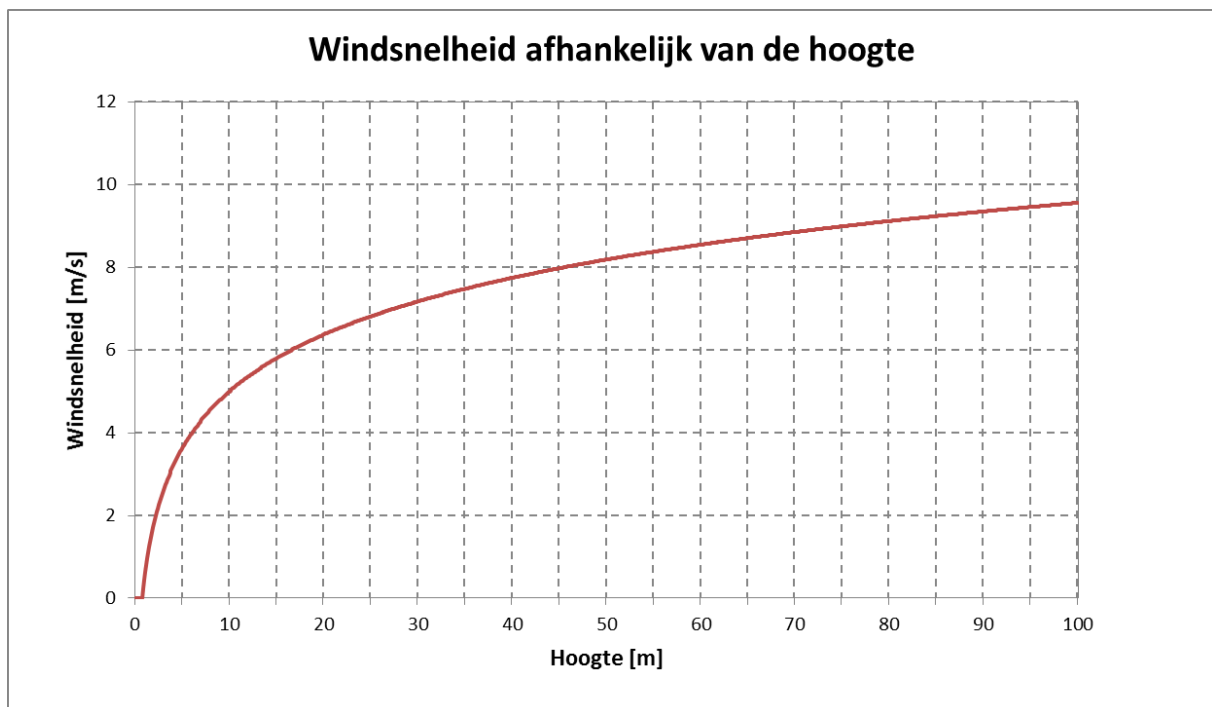
### Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

Aan de hand van de referentie windsnelheid, referentie hoogte en ruwheidlengte kan het windprofiel worden opgesteld. Het windprofiel wordt berekend met onderstaande logaritmische vergelijking en staat weergegeven in Figuur 7.

$$v_{wind} = v_{ref} \cdot \frac{\ln\left(\frac{z}{Z_0}\right)}{\ln\left(\frac{z_{ref}}{Z_0}\right)}$$

waarin:

|            |                       |       |
|------------|-----------------------|-------|
| $v_{wind}$ | Windsnelheid          | [m/s] |
| $Z$        | Hoogte boven maaiveld | [m]   |
| $v_{ref}$  | Referentie snelheid   | [m/s] |
| $z_{ref}$  | Referentie hoogte     | [m/s] |
| $Z_0$      | Ruwheidlengte         | [m]   |



Figuur 7: Toegepast windprofiel.

## 2.4 CFD modellering

De simulatie is uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 17. Dit software pakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd.

Er is een 3D model gecreëerd van het gebied rondom het nieuwbouwproject Badhuis gebaseerd op het aangeleverde SketchUp model en Google Earth. Vervolgens is het model opgedeeld in een grote hoeveelheid rekencellen. De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluïda worden voor elke cel opgelost. In Figuur 8 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

| Parameter                    | Beschrijving                                                                                                                          |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Cel type</b>              | Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen                                                               |
| <b>Cel grootte</b>           | Dynamisch, variërend tussen 0,05 tot 2,5 m in de omgeving (vlakken) groeiend met een factor 1,05 tot maximaal 5 m in het vrije volume |
| <b>Aantal cellen</b>         | 22 miljoen                                                                                                                            |
| <b>Simulatie type</b>        | Steady state                                                                                                                          |
| <b>Convergentie criteria</b> | RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$                                                                                                        |
| <b>Tijdstap</b>              | 2.5 s voor de lucht                                                                                                                   |
| <b>Aantal iteraties</b>      | 1000                                                                                                                                  |
| <b>Fluïde</b>                | Lucht met constante eigenschappen                                                                                                     |
| <b>Turbulentie model</b>     | RNG Kappa Epsilon model RANS                                                                                                          |
| <b>Wanden</b>                | Glad met stilstaande lucht (no slip)                                                                                                  |
| <b>Grondvlak</b>             | Ruw met stilstaande lucht (no slip)                                                                                                   |
| <b>Inlet</b>                 | Snelheids- en turbulentieprofiel                                                                                                      |

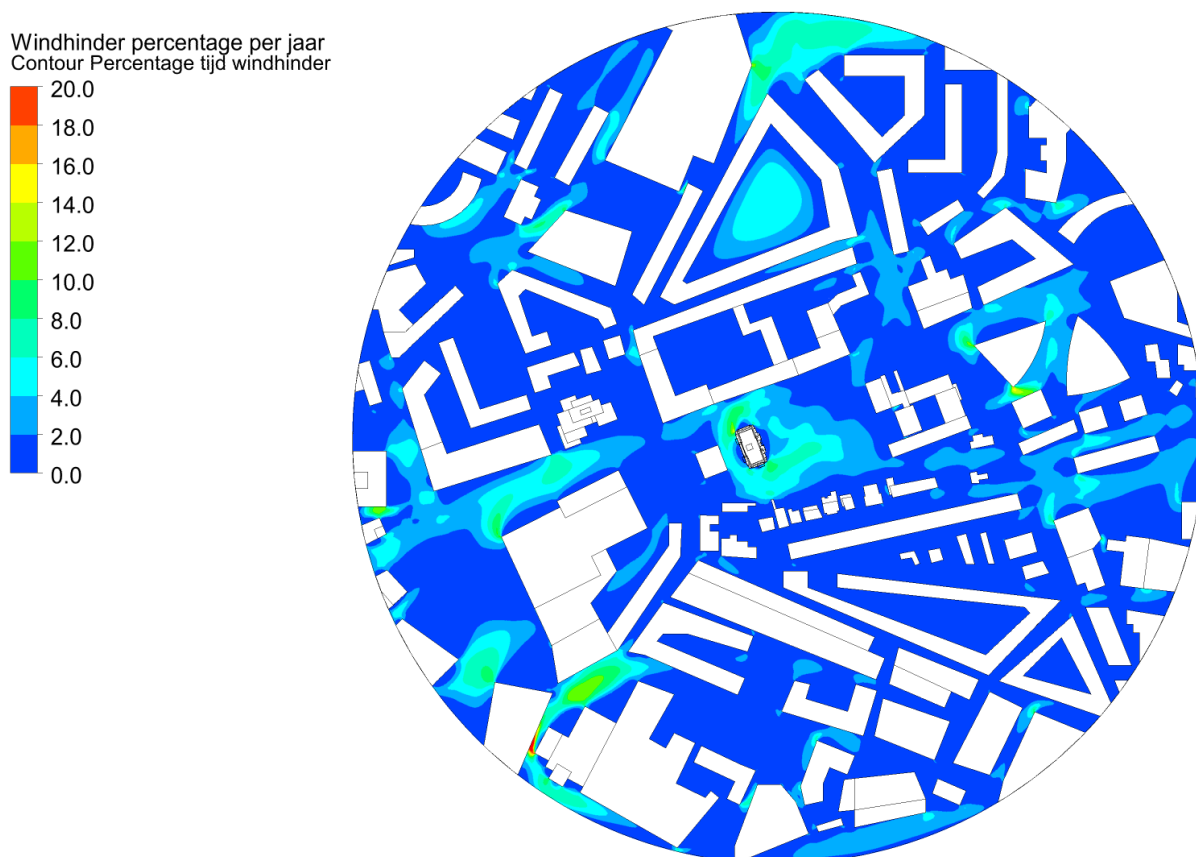
*Figuur 8: CFD modellering eigenschappen.*

### 3 Resultaten van de simulaties

#### 3.1 Windhinder

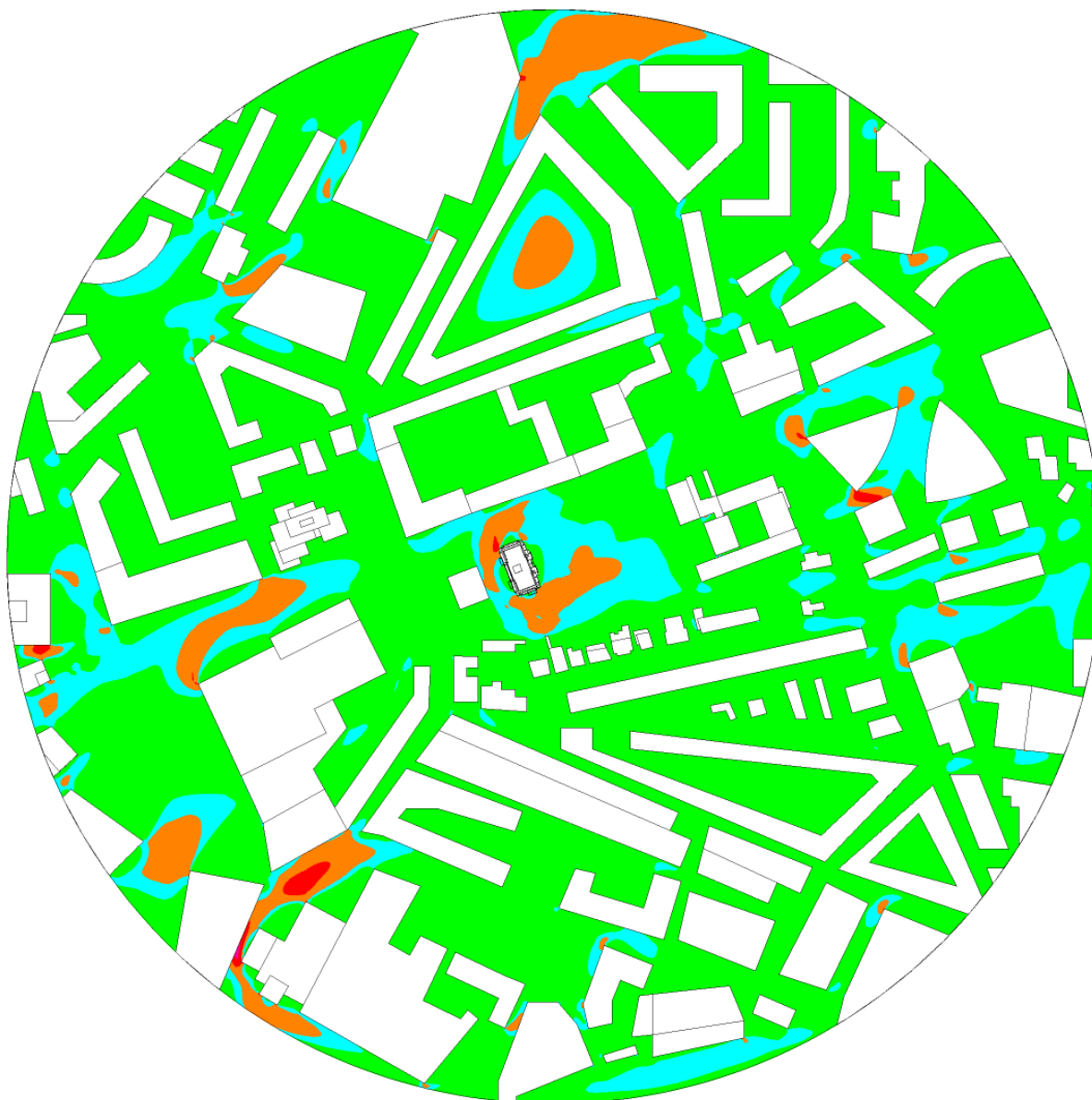
De windhinder overschrijdingsuren per windrichting zijn op voetgangersniveau (1,75 m boven maaiveld) berekend en vervolgens voor de 12 gesimuleerde windrichtingen gesommeerd. Figuur 9 toont het resultaat in percentage overschrijding op jaarbasis. Figuur 10 toont het resultaat gekleurd naar de kwaliteitsklasse. Ter verduidelijking en interpretatie van het resultaat is in deze figuur de tabel met kwaliteitsklassen weergegeven (in overeenkomstige kleuren).

Deze resultaten geven ondersteuning aan de betrokken partijen om te beoordelen of de boogde functie overeenkomt met het betreffende windklimaat.



Figuur 9: Sommatie windhinder overschrijdingsuren weergegeven in percentage van een jaar.

# Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



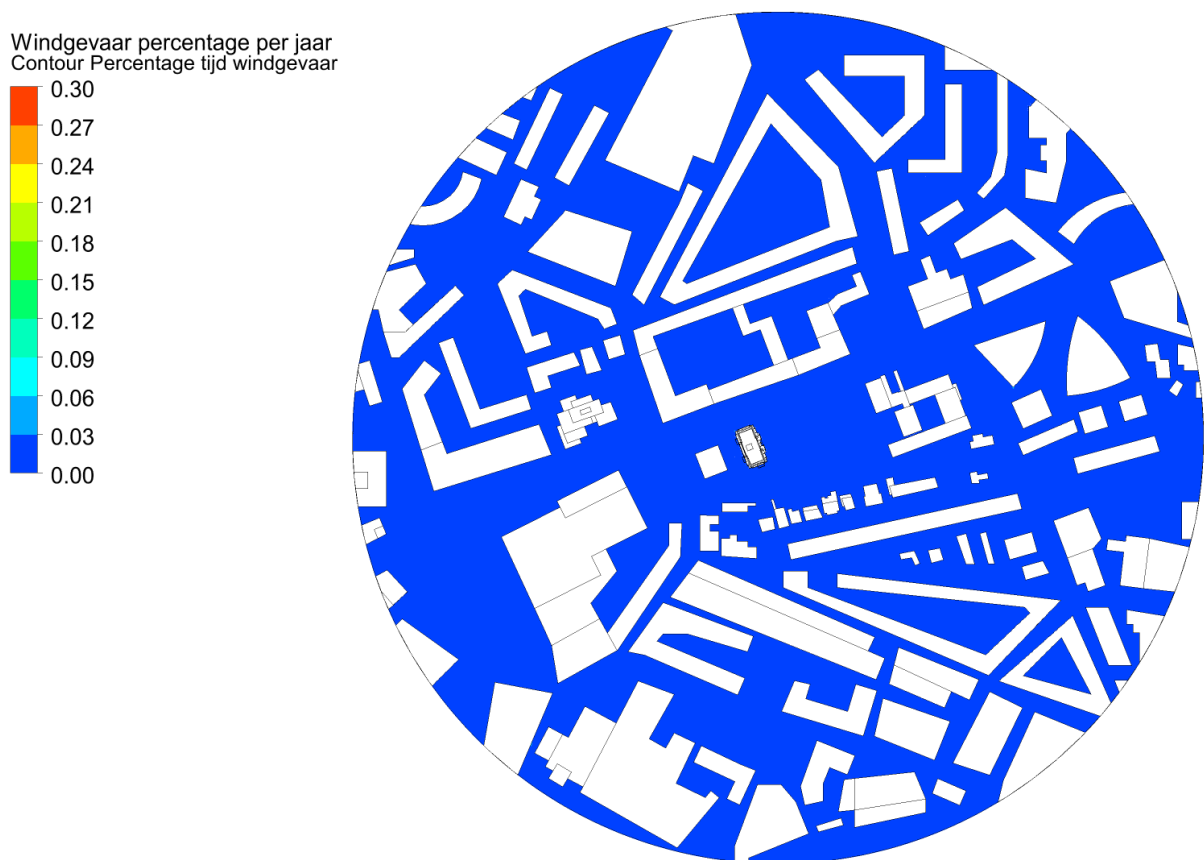
| Overschrijdingskans<br>In procenten van het aantal<br>uren per jaar | Kwaliteitsklasse | Activiteiten |           |                     |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|-----------|---------------------|
|                                                                     |                  | Doorlopen    | Slenteren | Langdurig<br>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 10: Windklimaat ingedeeld naar kwaliteitsklasse.

## Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo

### 3.2 Windgevaar

De windgevaar overschrijdingsuren per windrichting zijn op voetgangersniveau (1,75 m boven maaiveld) berekend en vervolgens voor de 12 gesimuleerde windrichtingen gesommeerd. Figuur 11 toont het resultaat in percentage overschrijding op jaarbasis. Nergens in het gesimuleerde domein wordt de ondergrens van beperkt risico (0,05 %) overschreden. In het gehele domein treedt er dan ook geen risico voor windgevaar op, conform de bepalingen van de NEN8100.



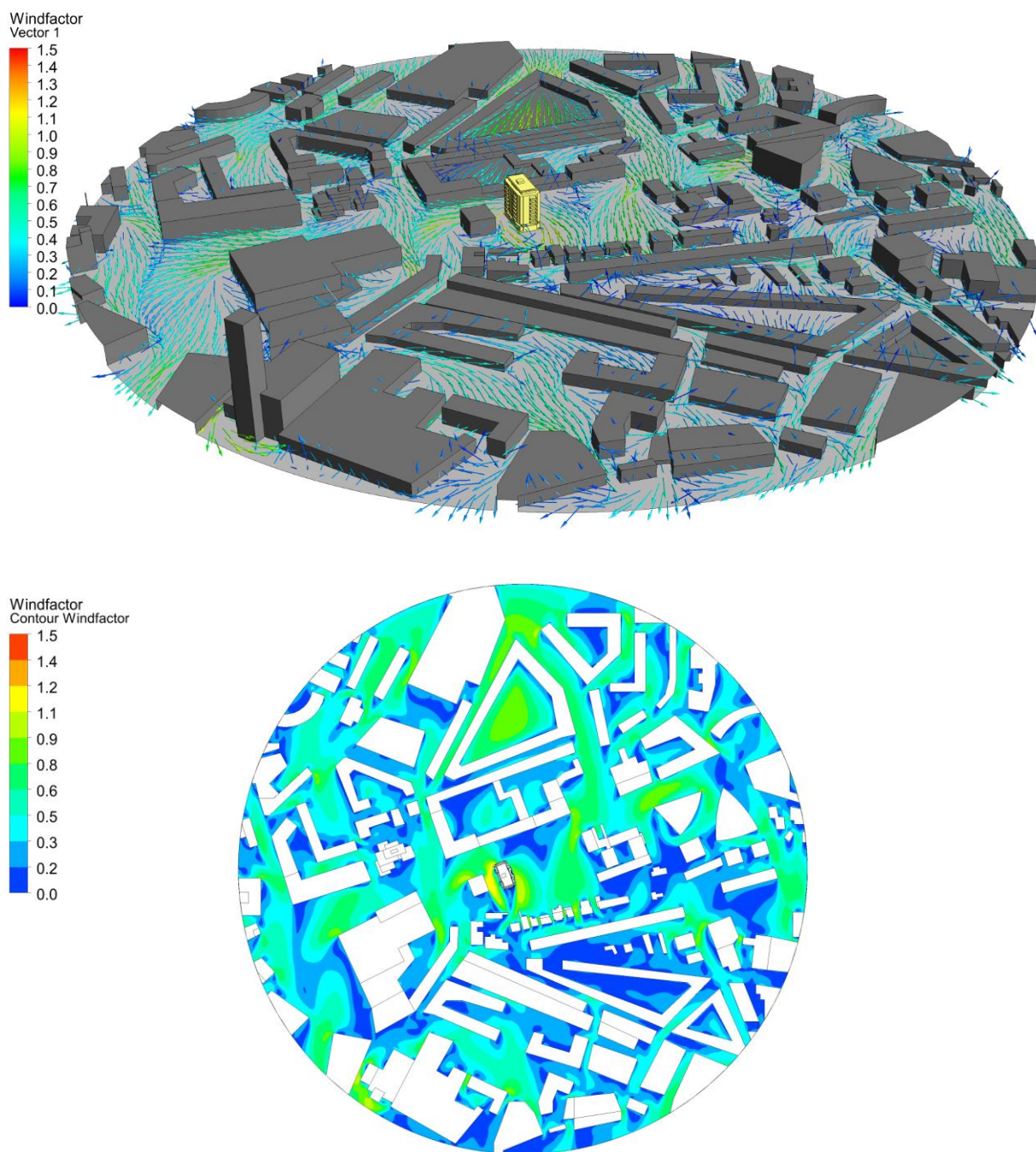
Figuur 11: Sommatie windgevaar overschrijdingsuren weergegeven in percentage van een jaar.

## **4 Verwijzingen**

1. NEN 8100 Windhinder en windgevaar in de gebouwde omgeving. Delft : Nederlands Normalisatie-instituut, februari 2006.
2. Troen, Ib en Petersen, Erik Lundtang. *Roughness Classes and Roughness Length Table in "European Wind Atlas"*. Risoe , Denmark : Risoe National Laboratory, 1991. ISBN 87-550-1482-8.

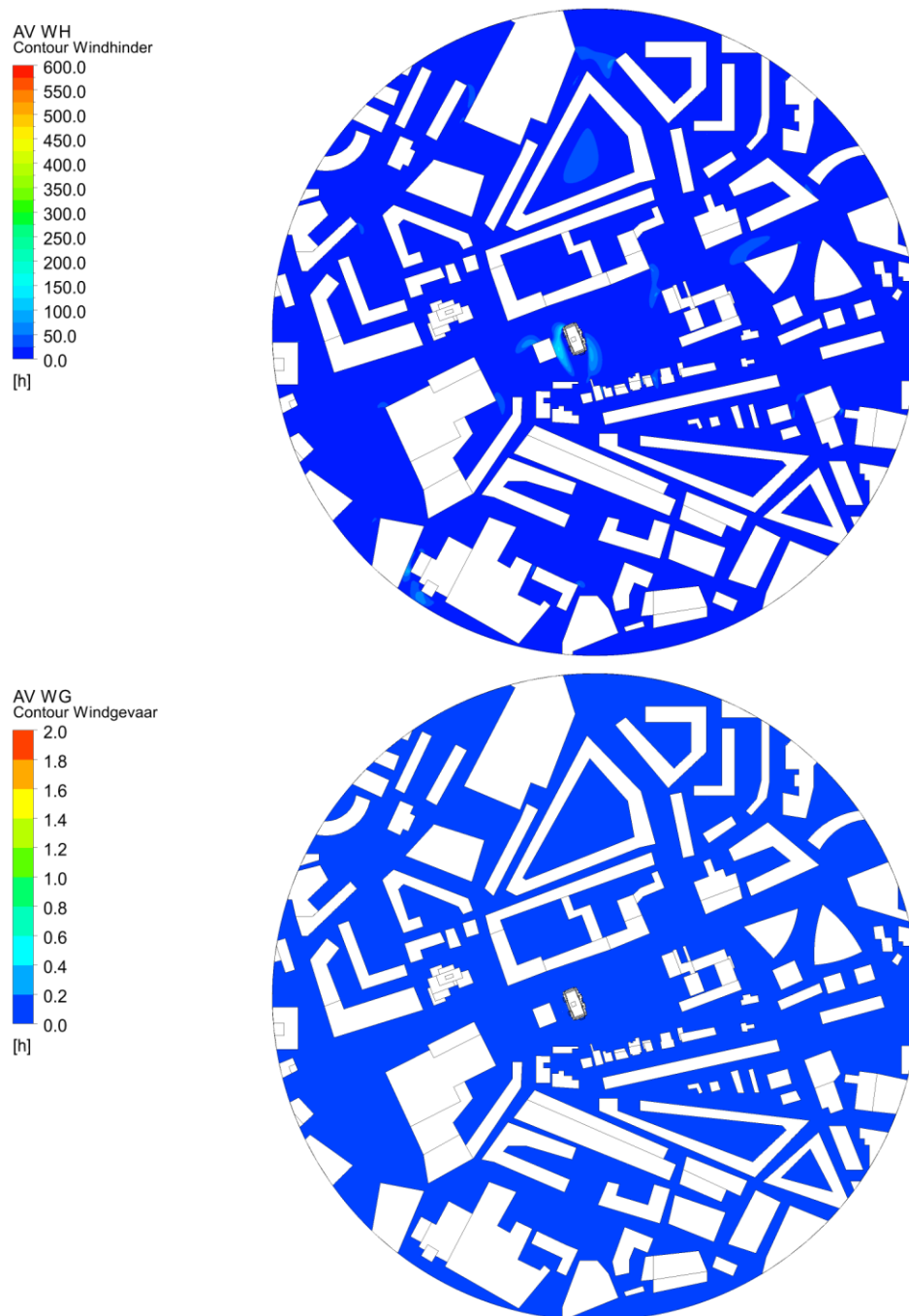
## **Bijlage A – Simulatie resultaten**

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



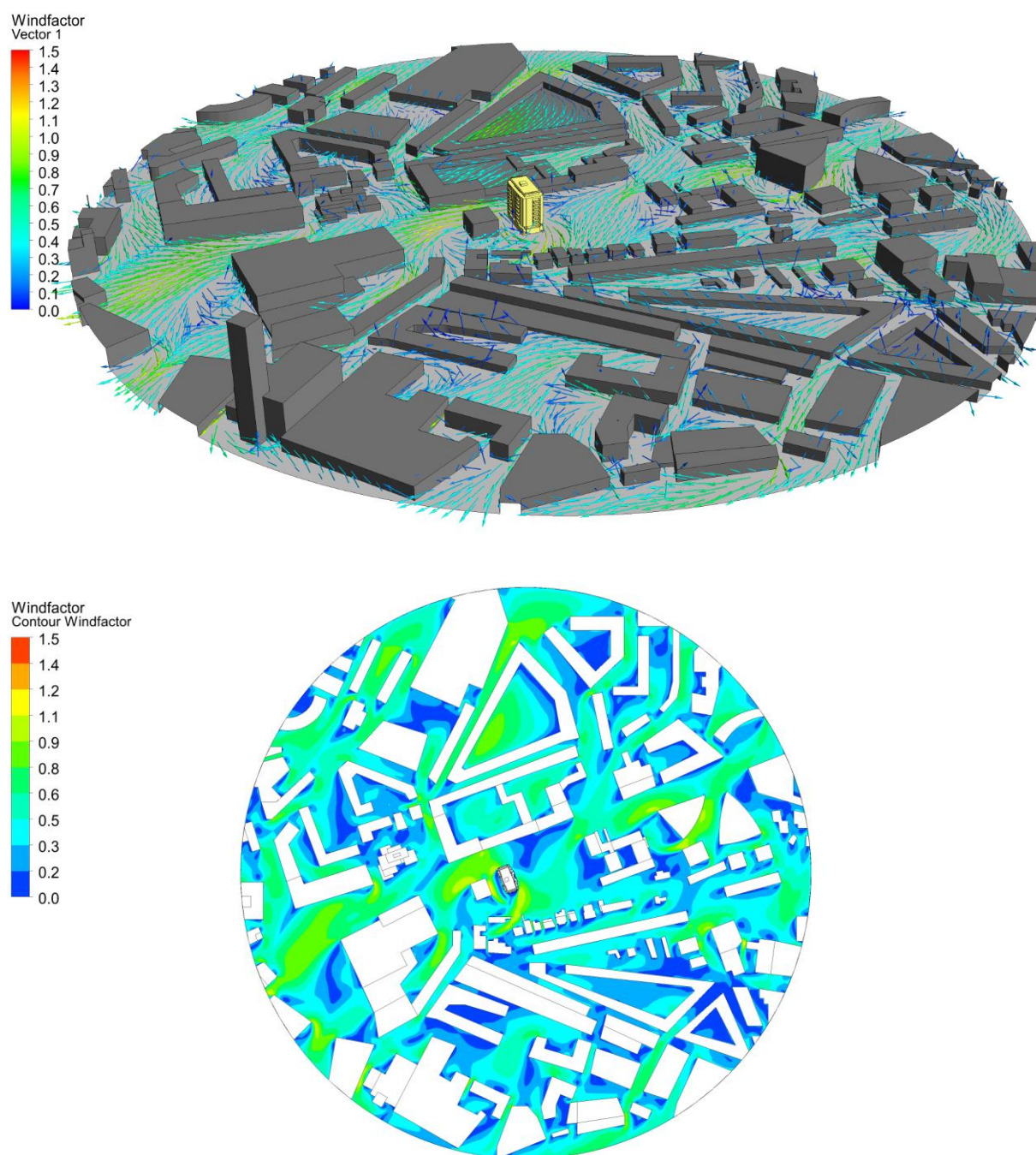
*Figuur 12: Resultaten wind N, 360°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



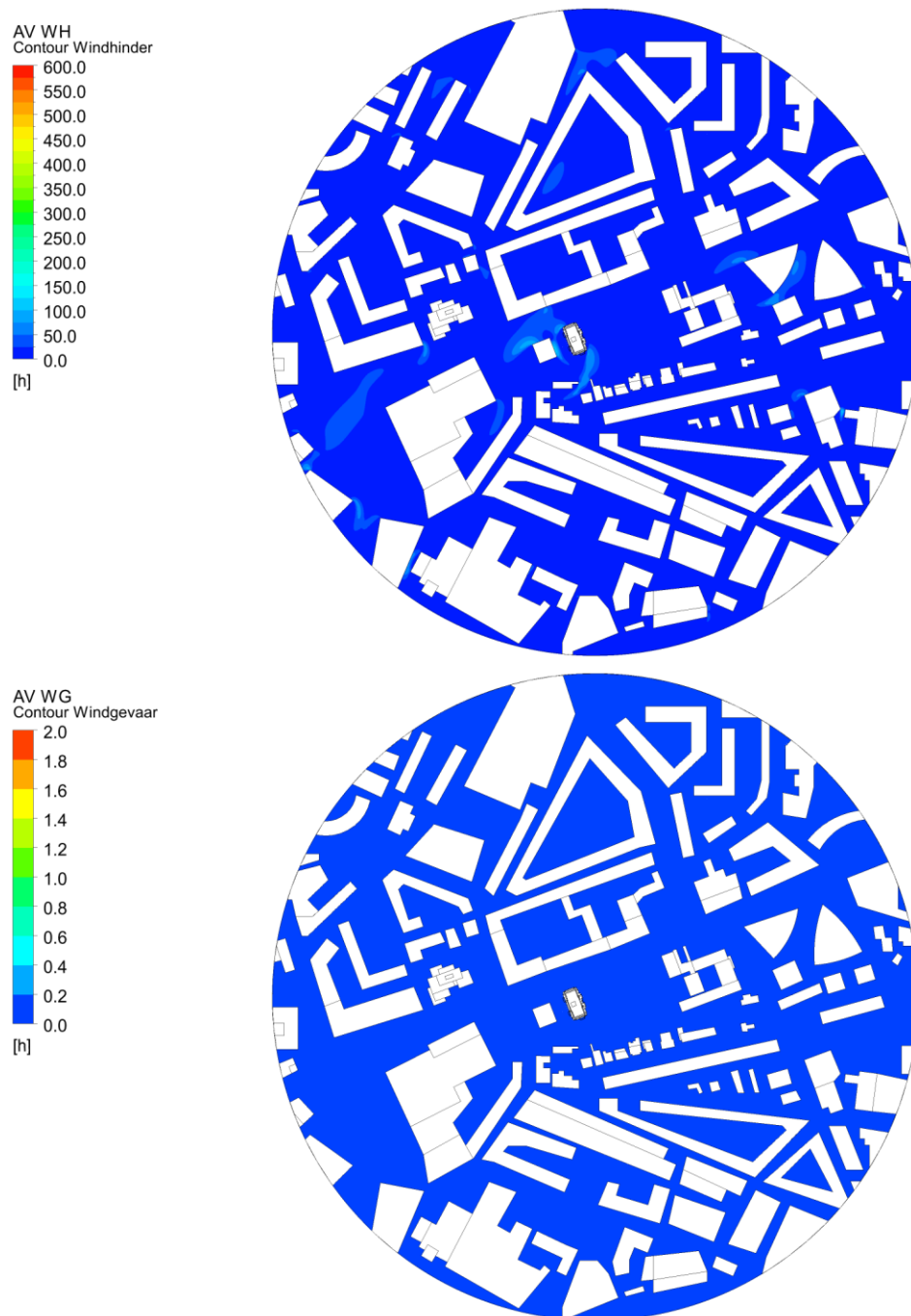
*Figuur 13: Resultaten wind N, 360°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



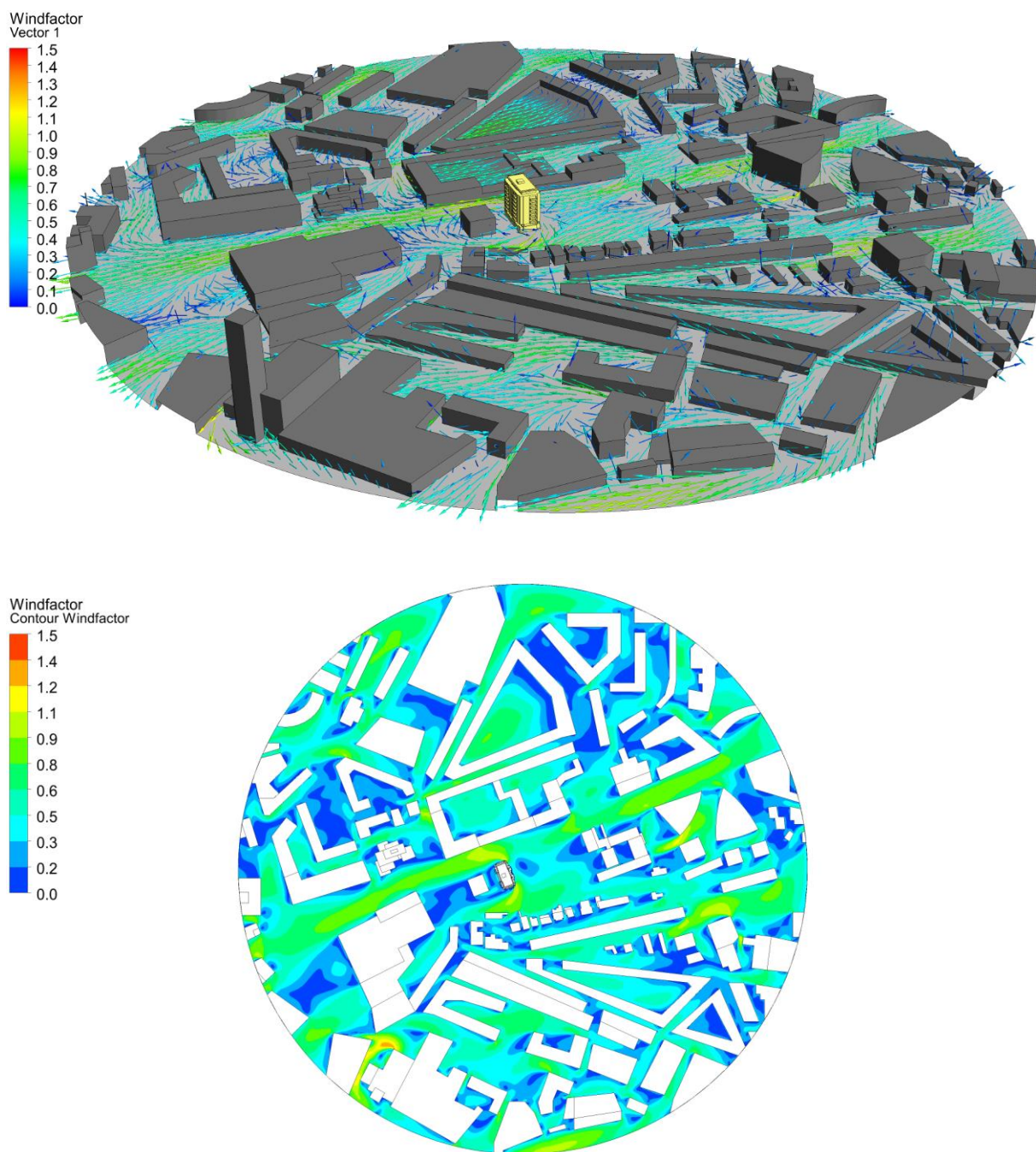
*Figuur 14: Wind NNO, 30°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



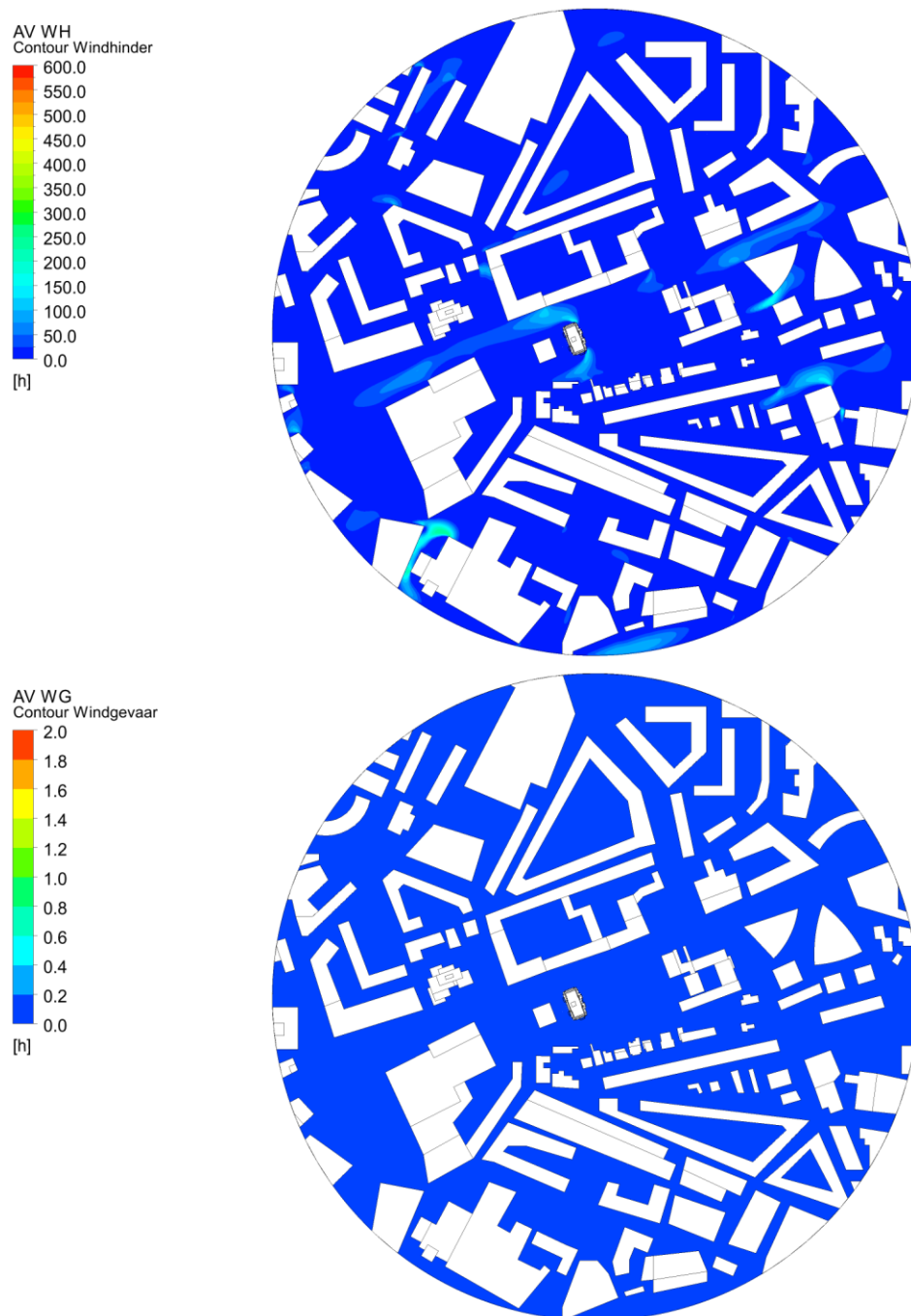
*Figuur 15: Wind NNO, 30°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



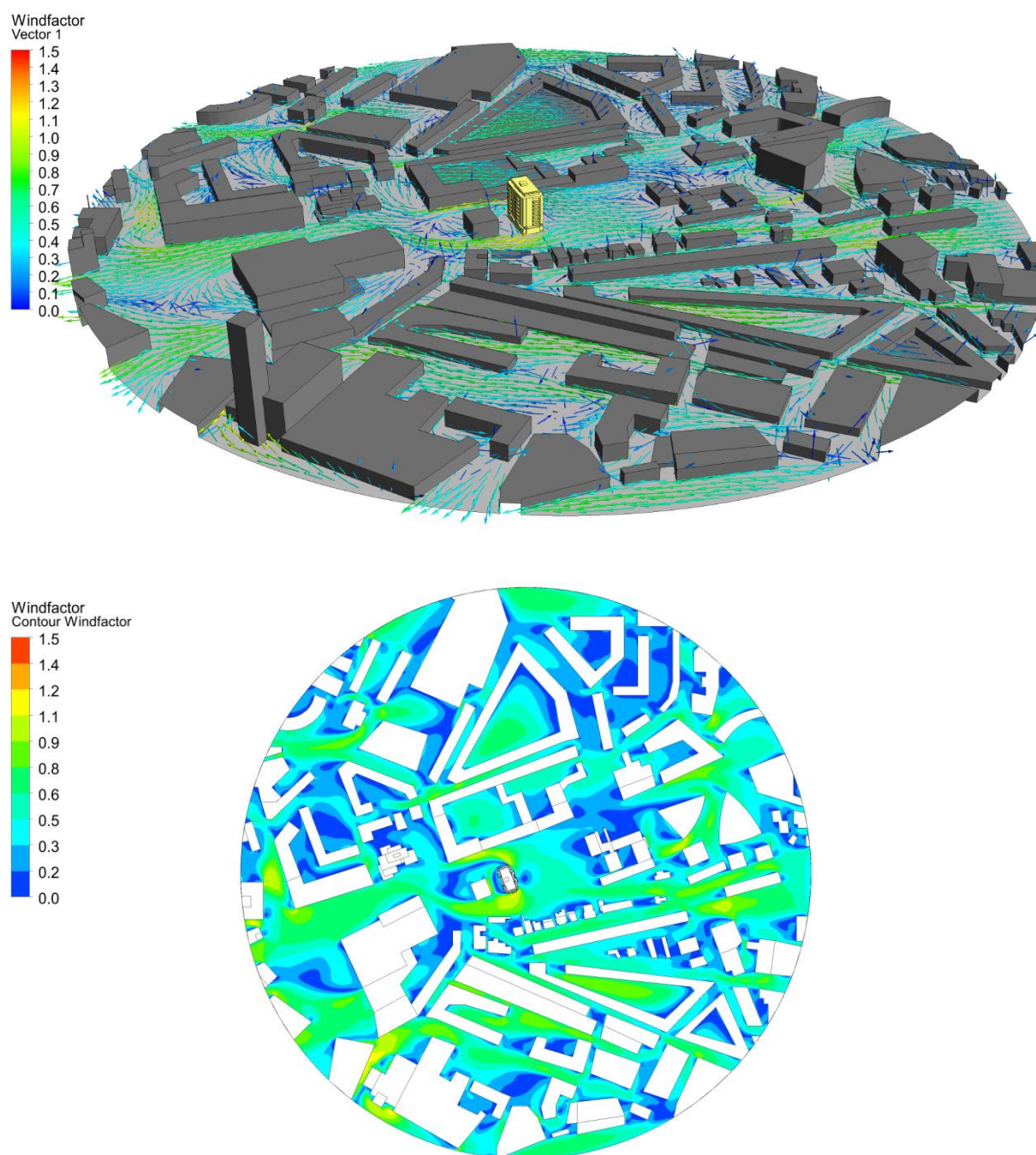
*Figuur 16: Wind ONO, 60°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



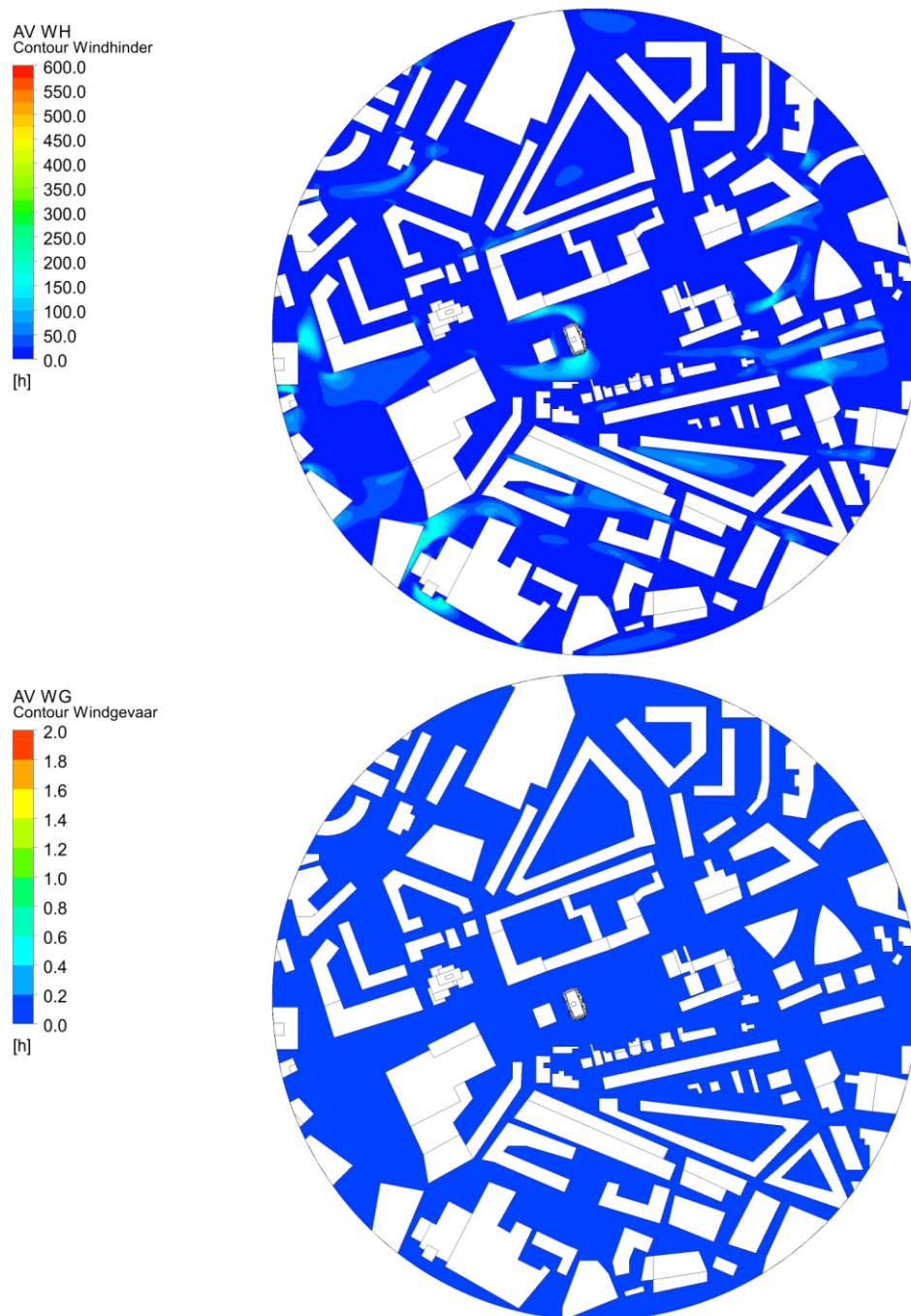
*Figuur 17: Wind ONO, 60°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



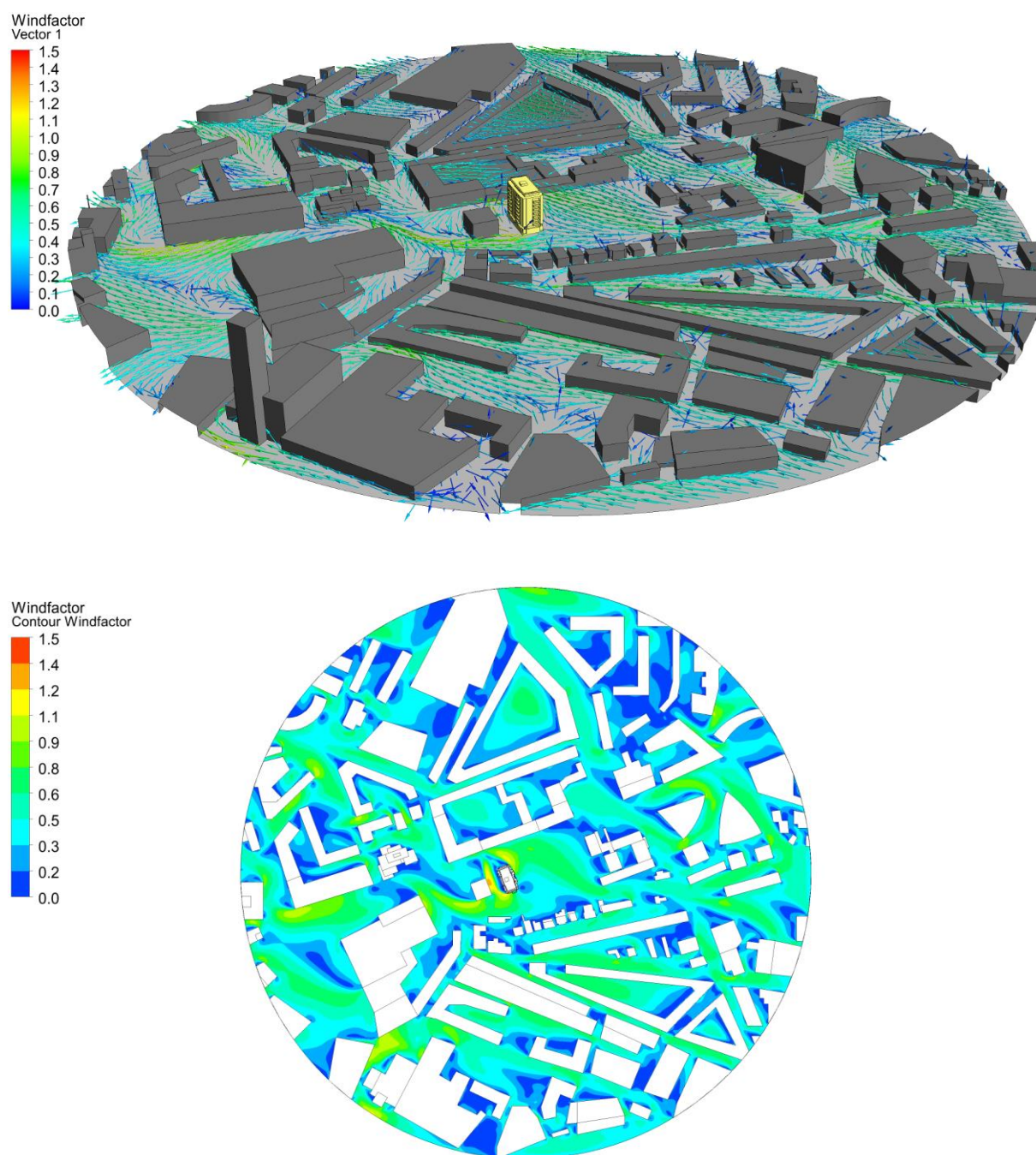
*Figuur 18: Wind O, 90°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



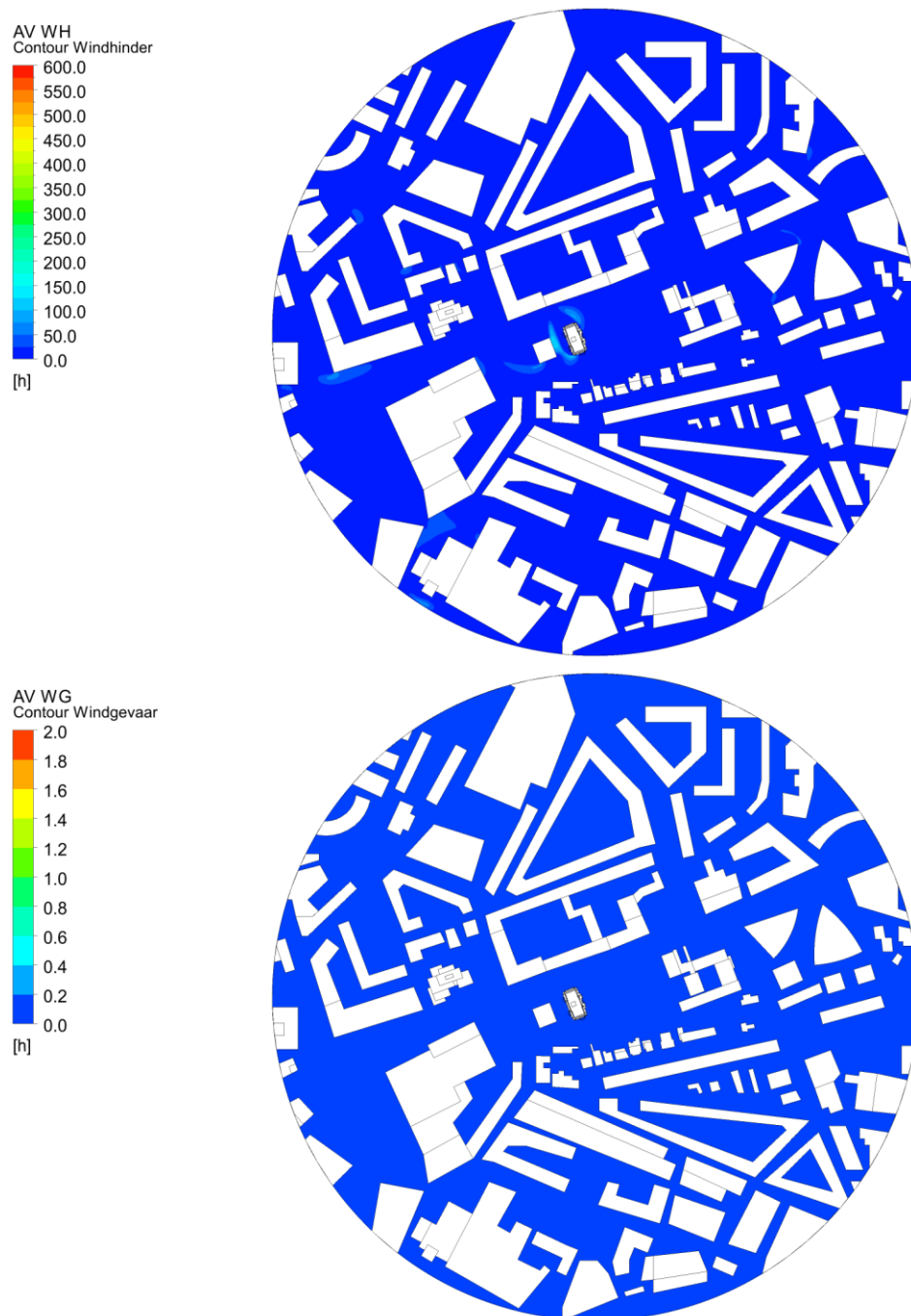
*Figuur 19: Wind O, 90°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



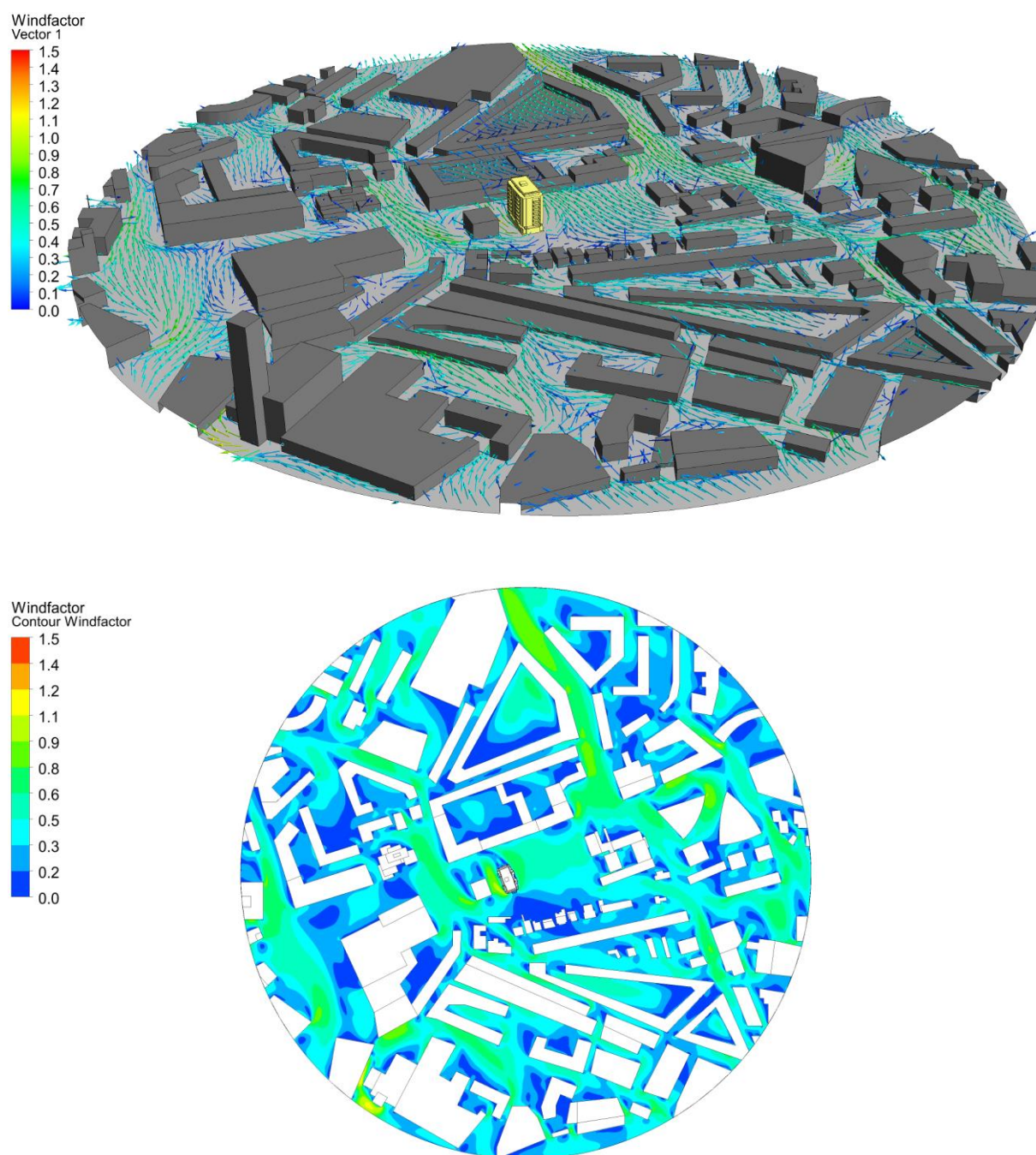
*Figuur 20: Wind OZO, 120°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



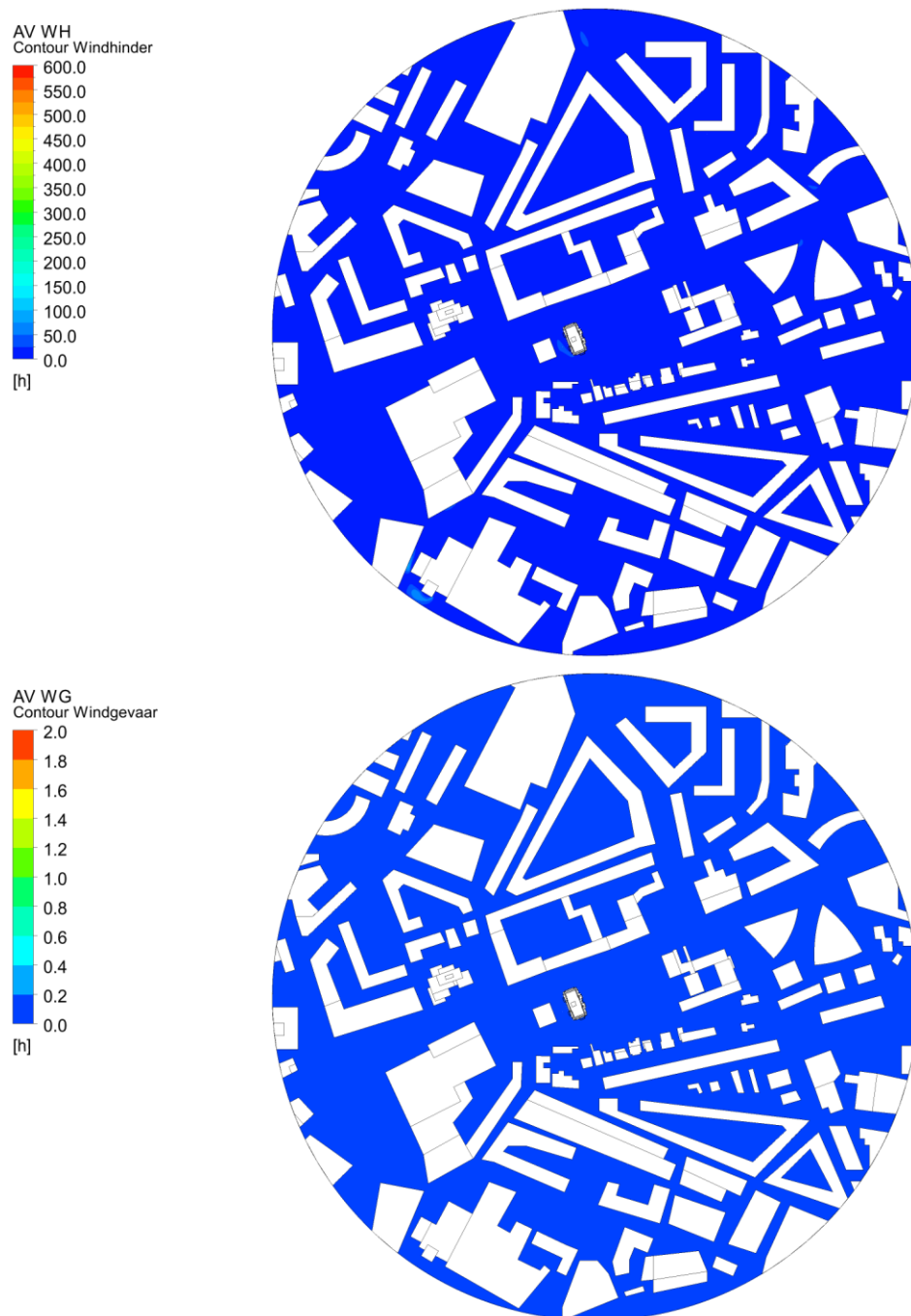
Figuur 21: Wind OZO, 120°.

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



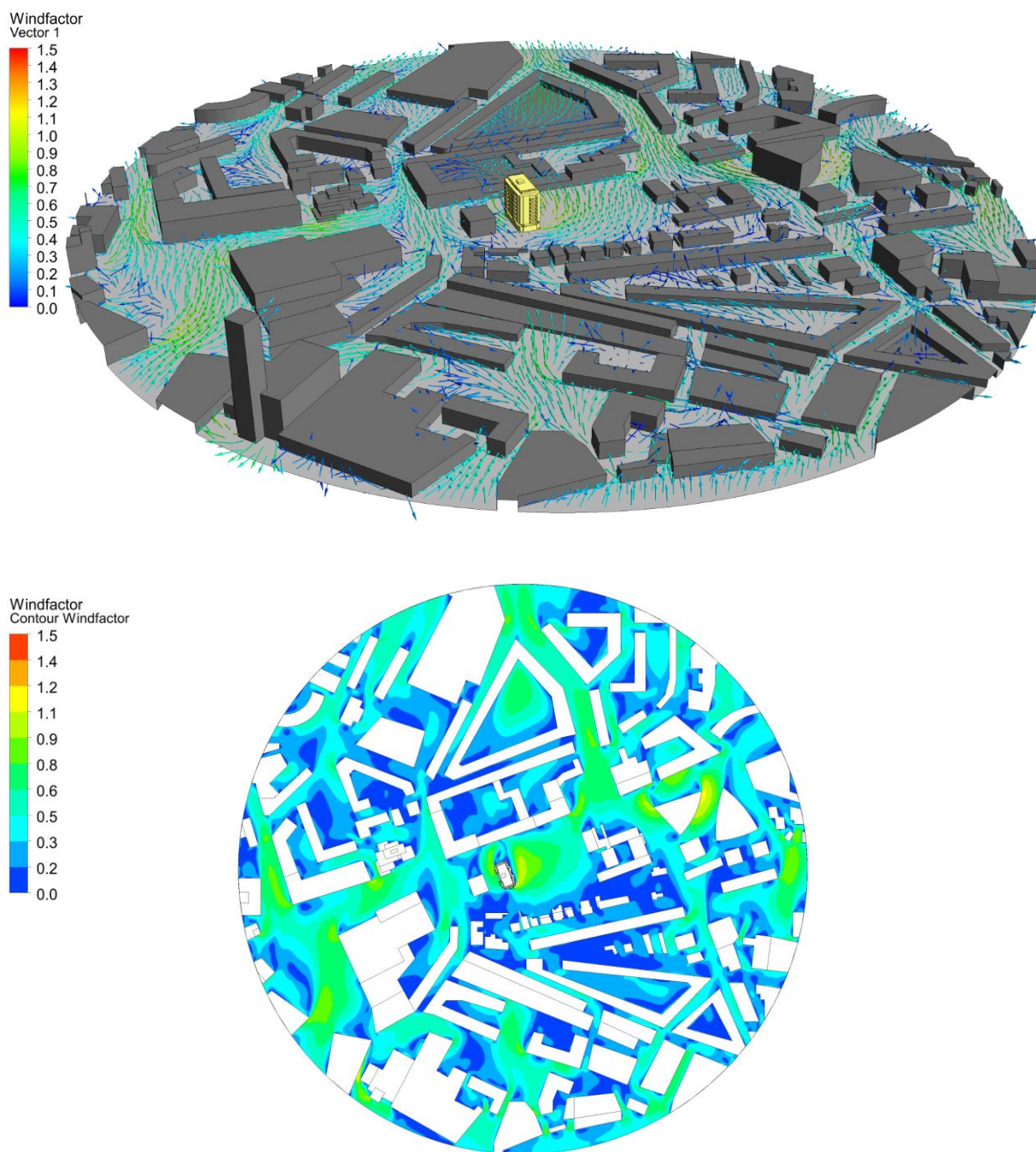
*Figuur 22: Wind ZZO, 150°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



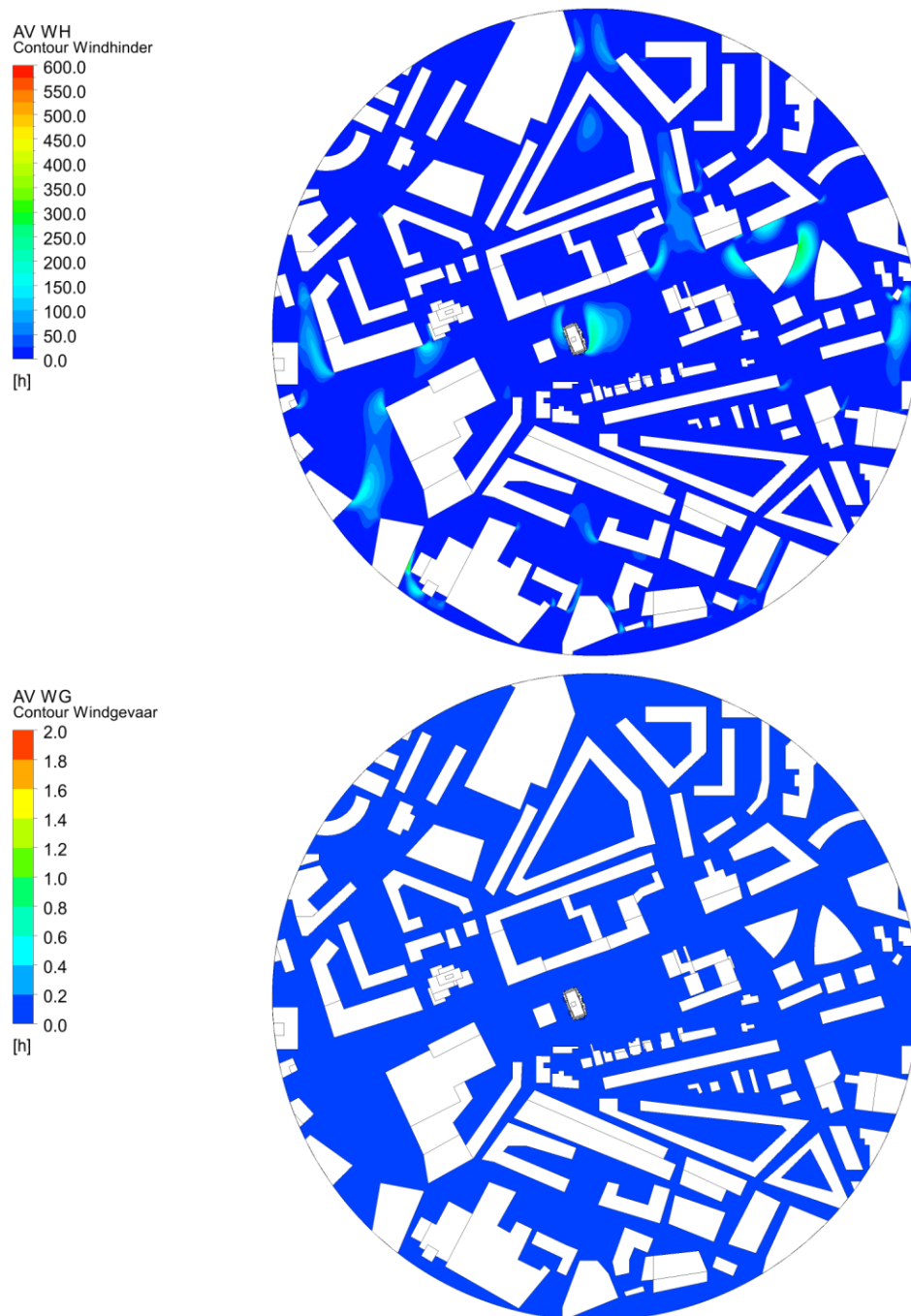
*Figuur 23: Wind ZZO, 150°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



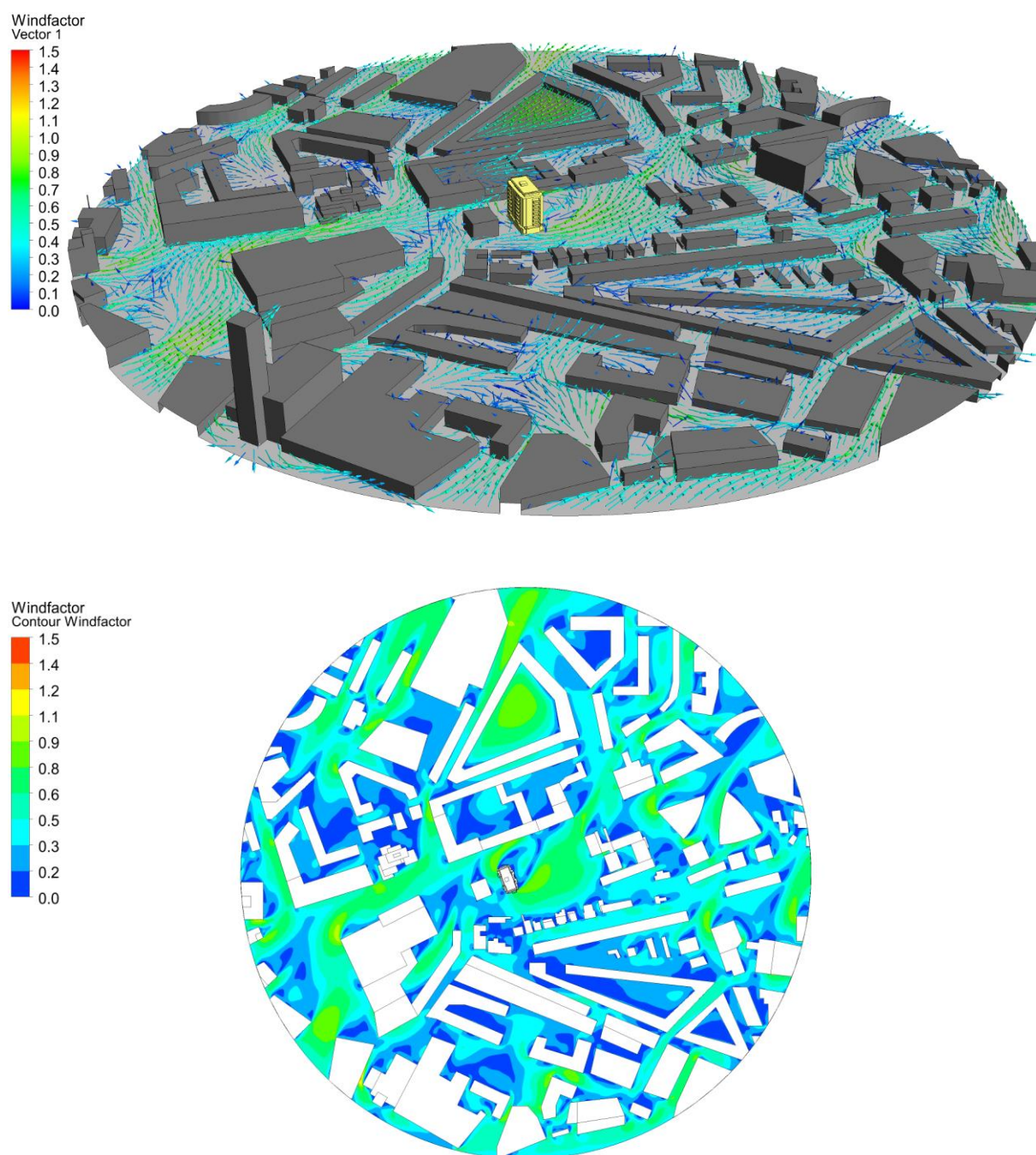
*Figuur 24: Wind Z, 180°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



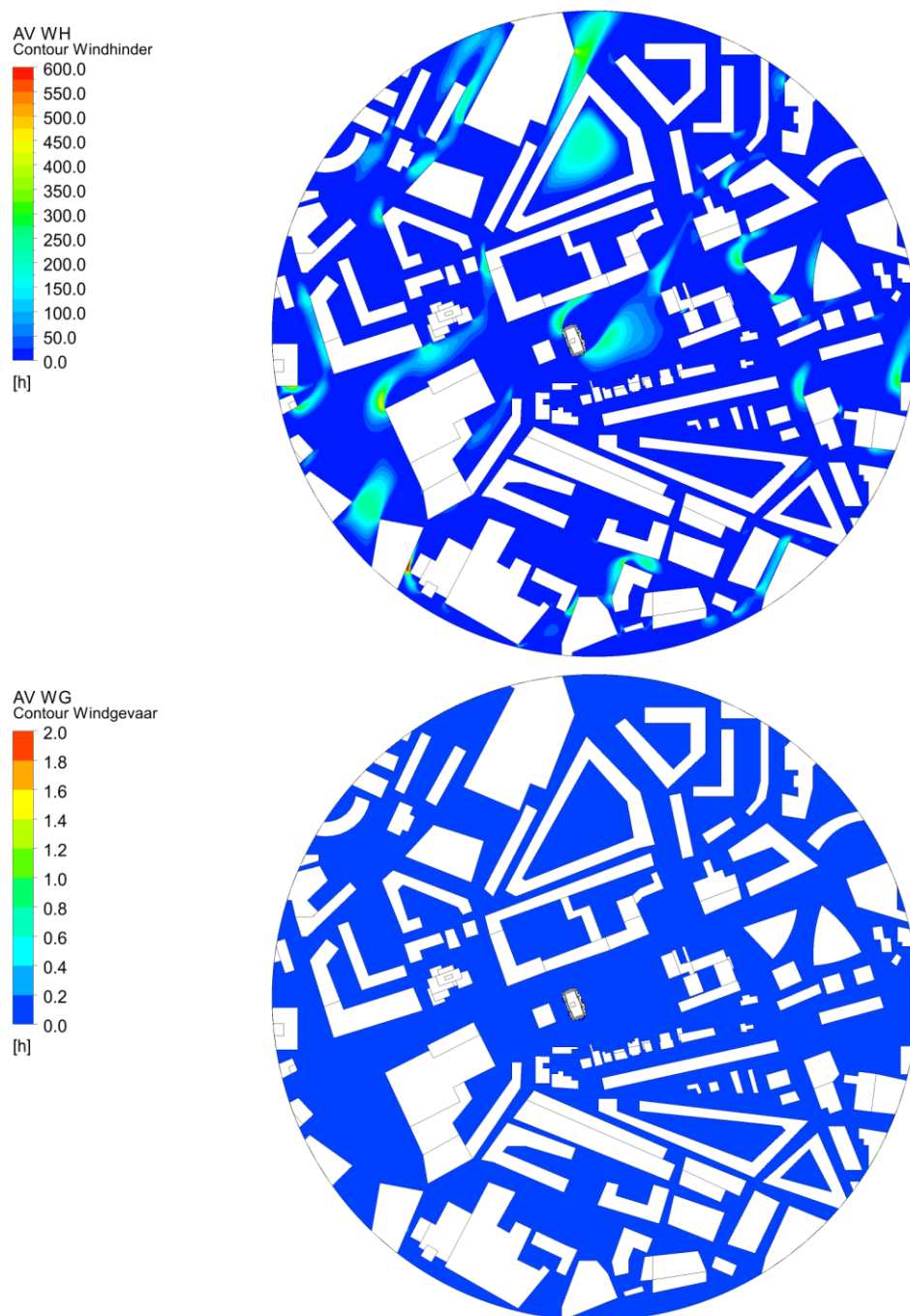
*Figuur 25: Wind Z, 180°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



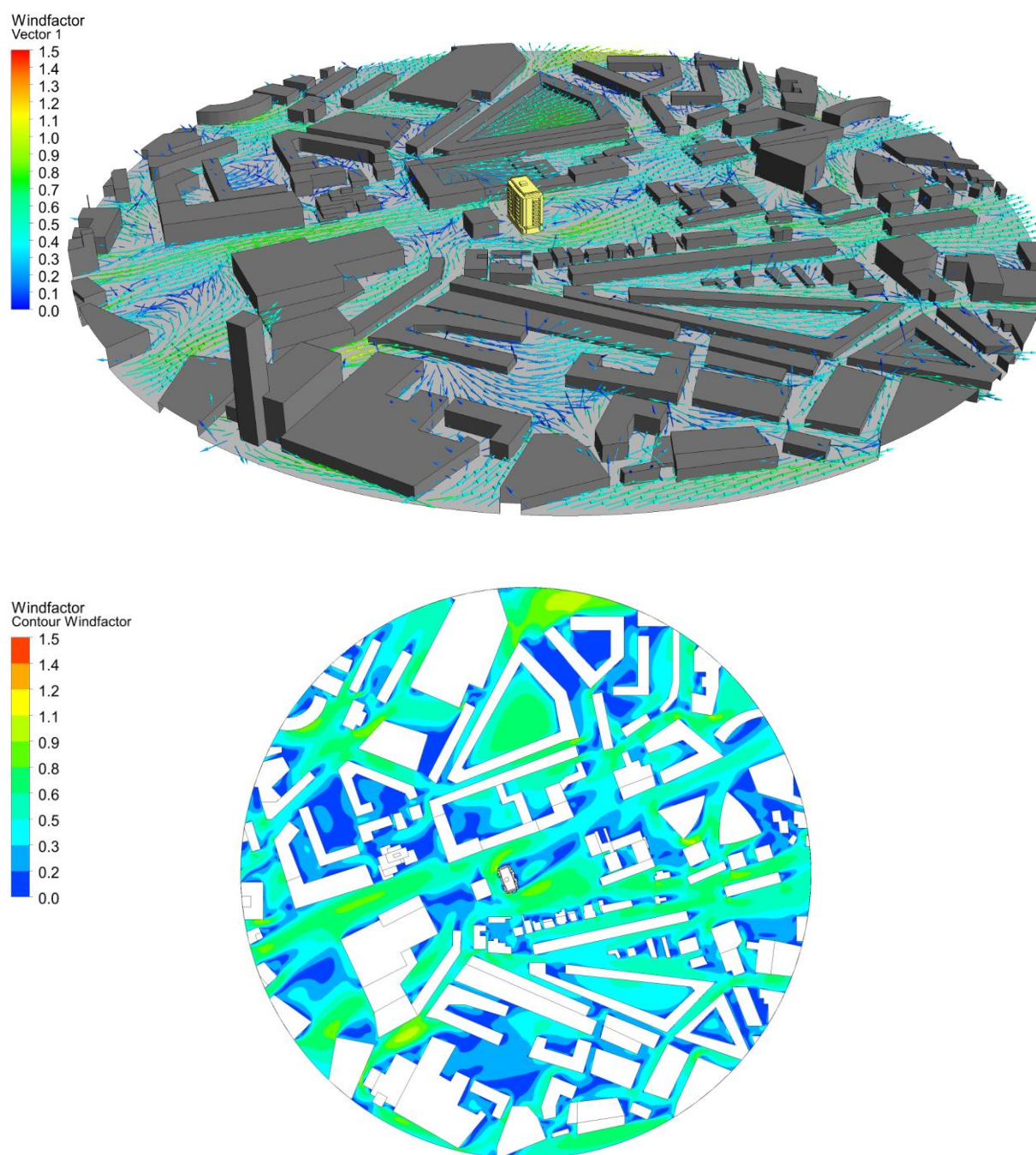
*Figuur 26: Wind ZZW, 210°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



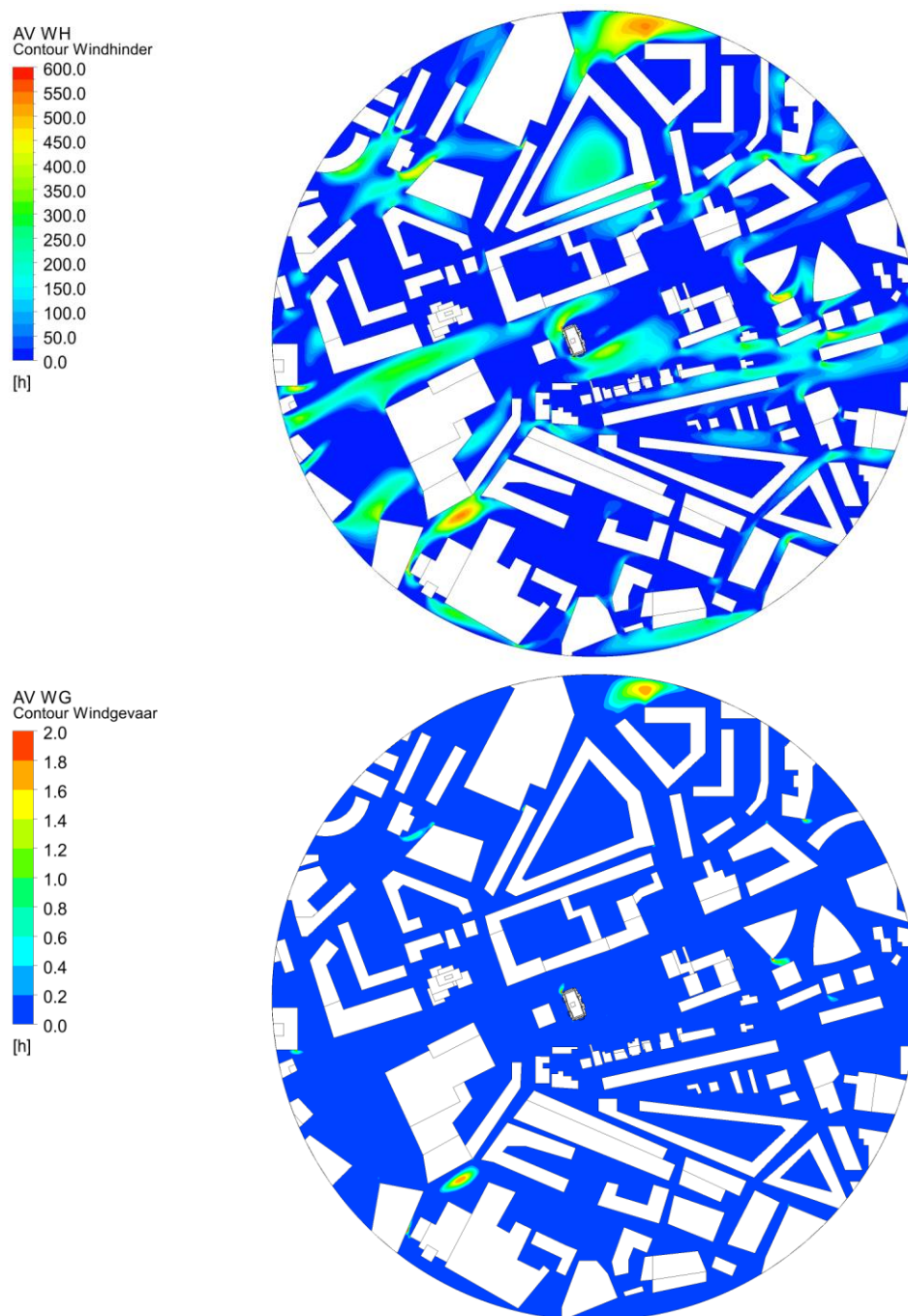
*Figuur 27: Wind ZZW, 210°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



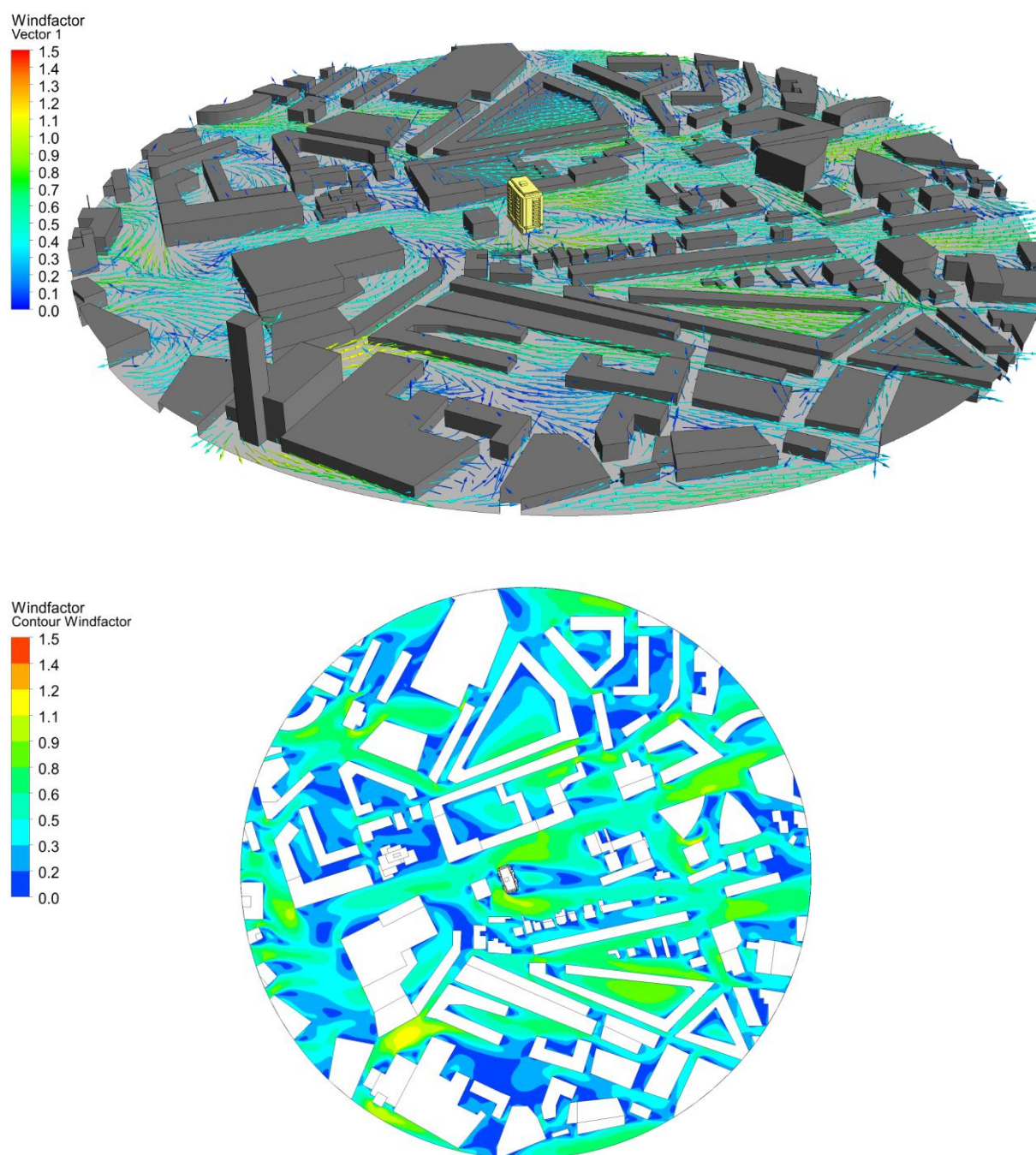
*Figuur 28: Wind WZW, 240°.*

*Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo*



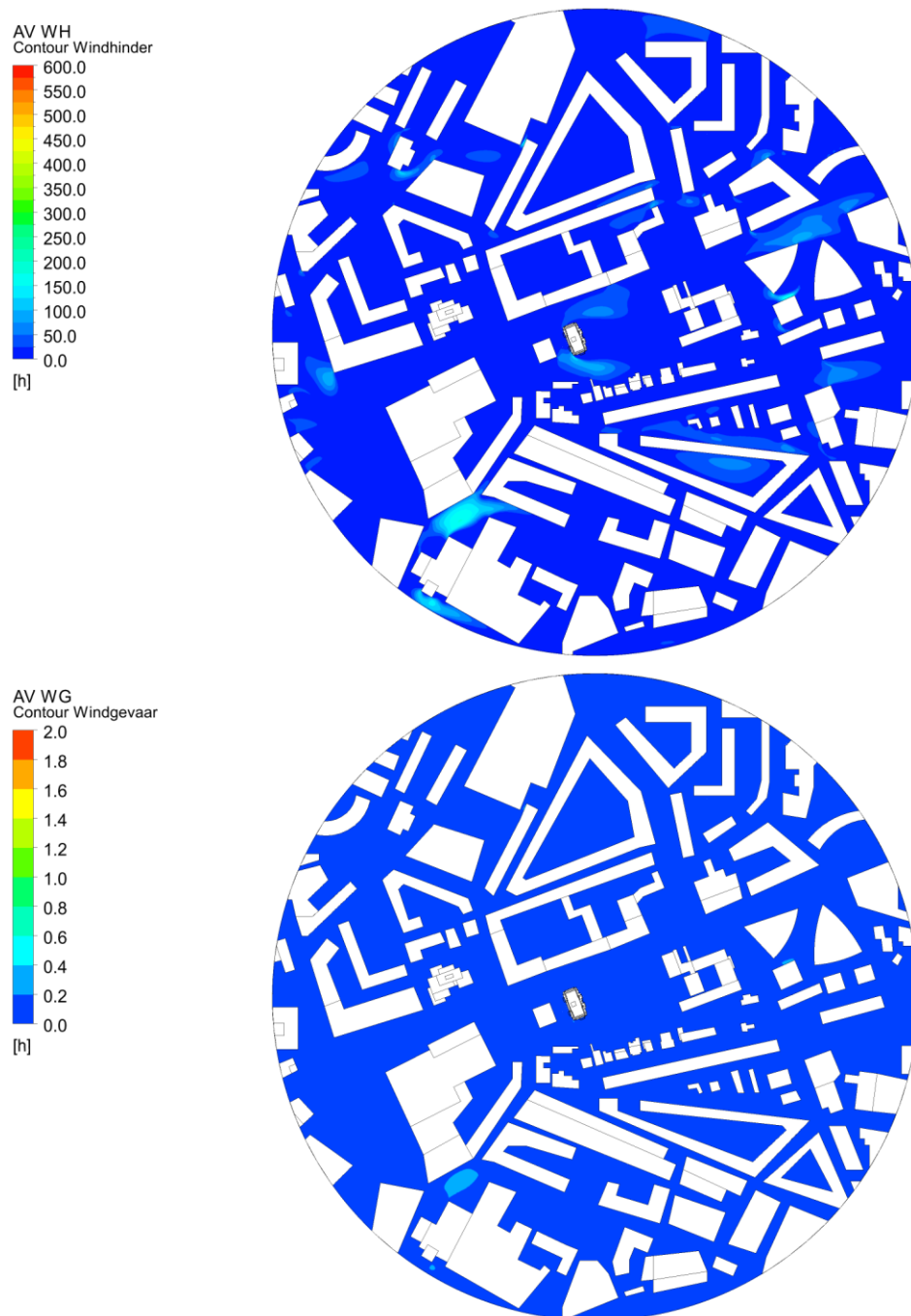
*Figuur 29: Wind WZW, 240°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



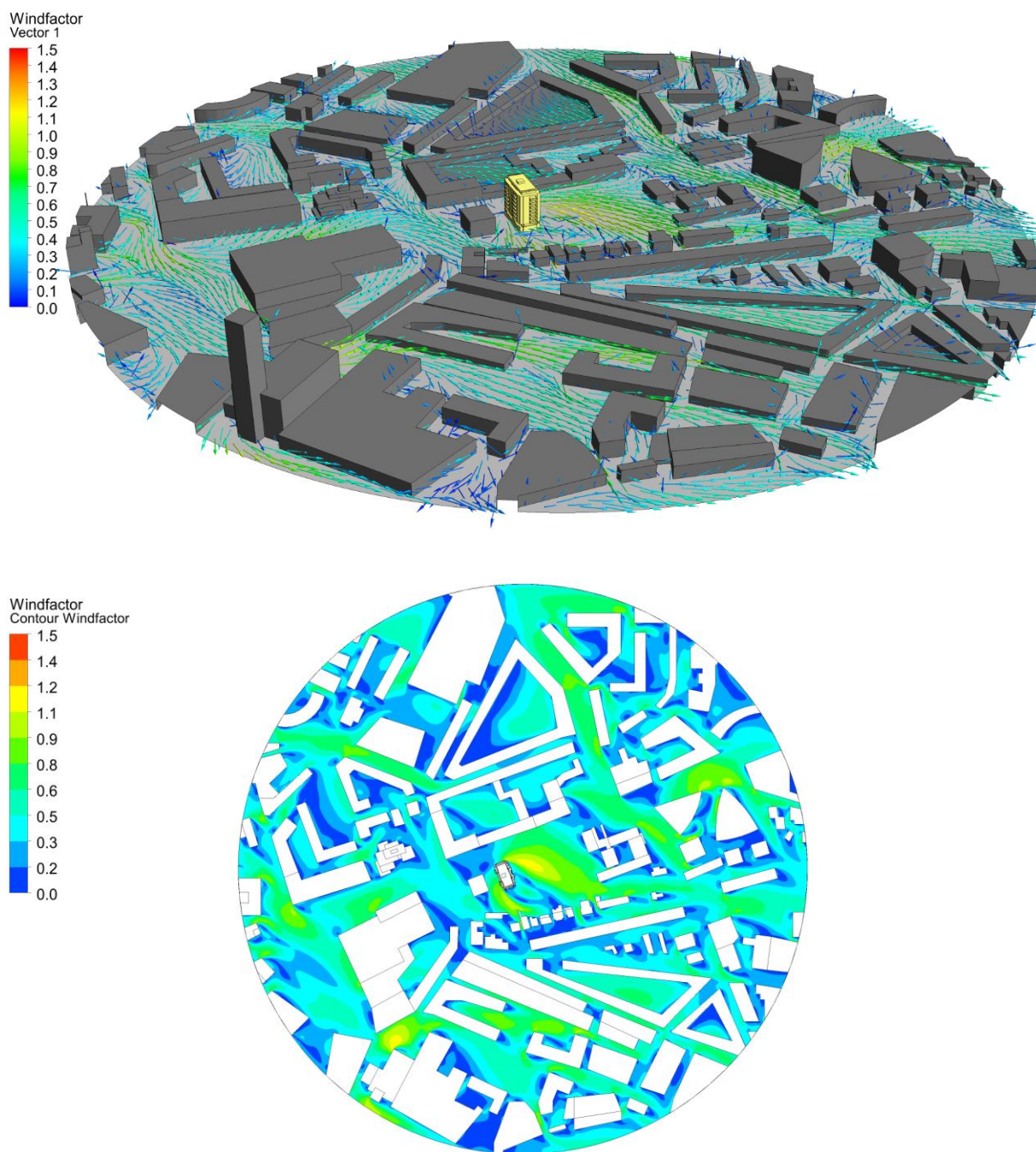
*Figuur 30: Wind W, 270°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



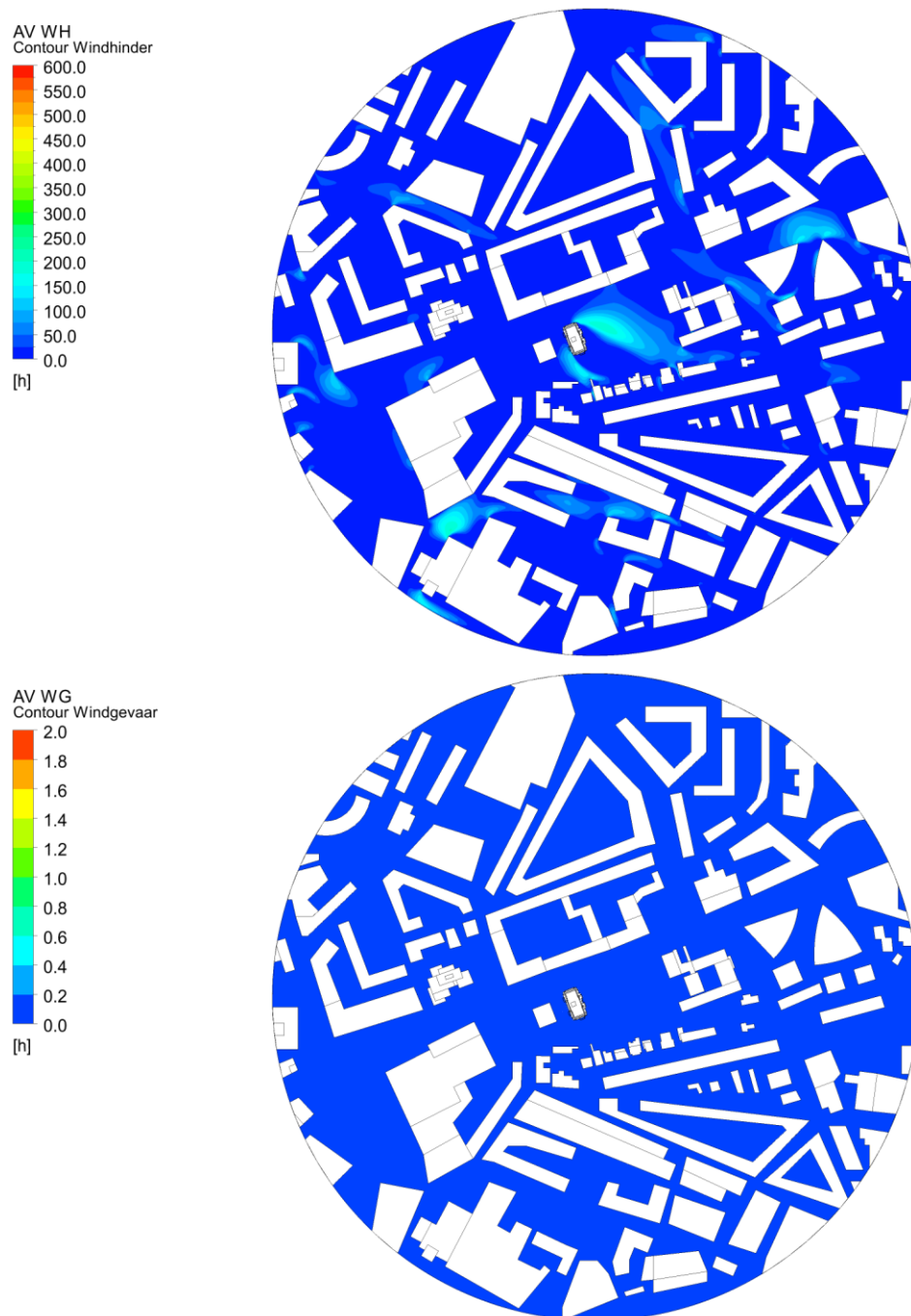
*Figuur 31: Wind W, 270°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



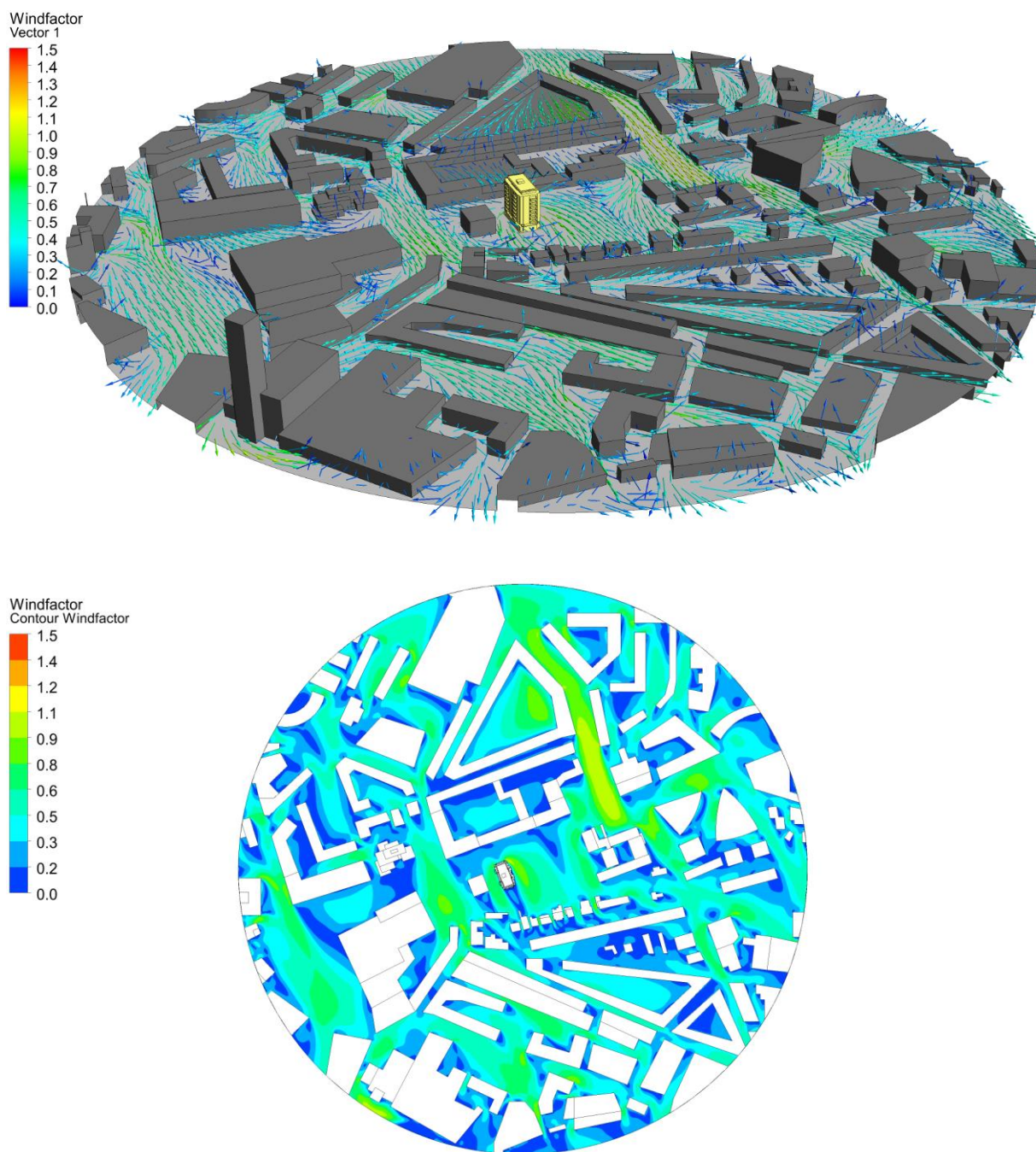
*Figuur 32: Wind WNW, 300°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



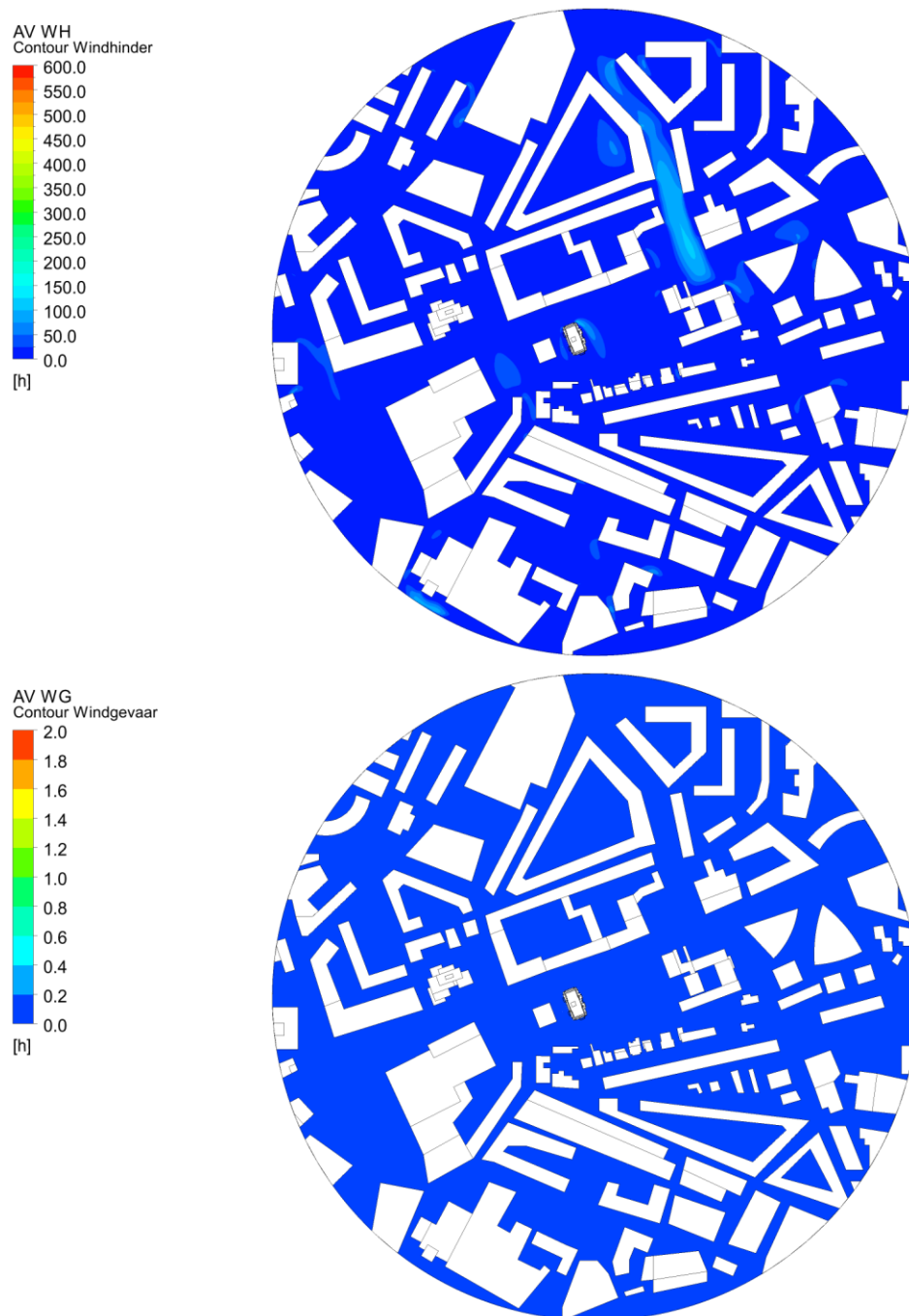
*Figuur 33: Wind WNW, 300°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



*Figuur 34: Wind NNW, 330°.*

Onderzoek windklimaat Badhuis, Hengelo



*Figuur 35: Wind NNW, 330°.*