

# Onderzoek naar de prestaties van residentieel decentrale ventilatie met warmteterugwinning

Mathias Merckx

Promotoren: prof. Jelle Laverge, prof. ir. Ivan Pollet

Begeleiders: prof. dr. ir. Arnold Janssens, prof. dr. ir. Michel De Paepe, dr. Özer Bagci

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van

Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw

Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens

Vakgroep Dierwetenschappen en Aquatische Ecologie

Voorzitter: prof. ir. Veerle Fievez

Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur

Academiejaar 2017-2018





|                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><b>Vertrouwelijk tot en met 31/08/2018</b><br/><b>Belangrijk</b></p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|

Deze masterproef bevat vertrouwelijke informatie en/of vertrouwelijke onderzoeksresultaten die toebehoren aan de Universiteit Gent of aan derden. Deze masterproef of enig onderdeel ervan mag op geen enkele wijze publiek gemaakt worden zonder de uitdrukkelijke schriftelijke voorafgaande toestemming vanwege de Universiteit Gent. Zo mag de masterproef onder geen voorwaarde door derden worden ingekeken of aan derden worden meegedeeld. Het is verboden om de masterproef te kopiëren of op eender welke manier te dupliceren. Indien de vertrouwelijke aard van de masterproef niet wordt gerespecteerd, kan dit onherstelbare schade veroorzaken aan de Universiteit Gent. Bovenstaande bepalingen zijn van kracht tot en met de embargodatum.

De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.

*The author gives permission to make this master dissertation available for consultation and to copy parts of this master dissertation for personal use. In the case of any other use, the copyright terms have to be respected, in particular with regard to the obligation to state expressly the source when quoting results from this master dissertation.*

15 januari 2018

# Onderzoek naar de prestaties van residentieel decentrale ventilatie met warmteterugwinning

Mathias Merckx

Promotoren: prof. Jelle Laverge, prof. ir. Ivan Pollet

Begeleiders: prof. dr. ir. Arnold Janssens, prof. dr. ir. Michel De Paepe, dr. Özer Bagci

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van

Master of Science in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw

Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens

Vakgroep Dierwetenschappen en Aquatische Ecologie

Voorzitter: prof. ir. Veerle Fievez

Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur

Academiejaar 2017-2018



## Woord vooraf

Dit eindwerk, onder de vorm van een onderzoek, is mijn laatste stap naar het behalen van een diploma. In de periode van augustus 2017 tot en met januari 2018 heb ik vol overgave gewerkt aan dit onderzoek naar de prestaties van residentieel decentrale ventilatie met warmteterugwinning. Zo'n onderzoek gaat gepaard met vallen en opstaan, en daarbij heb je ook de steun en ervaring van anderen nodig. Deze personen zou ik dan ook oprecht willen bedanken.

In de eerste plaats wil ik mijn promotoren, prof. Jelle Laverge en prof. Ivan Pollet, bedanken voor hun tijd en begeleiding tijdens dit onderzoek.

Vervolgens dank ik de firma Renson omdat ik gebruik mocht maken van hun infrastructuur en materiaal om verschillende metingen uit te voeren.

Een woord van dank gaat naar alle medewerkers van de afdeling research and development van Renson, en in het bijzonder naar Giel Bruyneel en Jelle Vandooren. Ik wil hen graag bedanken voor de aangename samenwerking en om mij te helpen waar dat nodig was.

Een oprecht dankwoord aan mijn zus, Lore Merckx: haar kritisch oog scande elke opmaak- en taalinconsequentie.

Ten slotte ben ik mijn ouders en vriendin dankbaar voor hun steun tijdens dit onderzoek. Zij hebben mij niet enkel gesteund, maar ook gestimuleerd om dit onderzoek tot een goed einde te brengen.

Mathias Merckx

Dendermonde, 14 januari 2018

## **Abstract**

Mechanische ventilatiesystemen met warmteterugwinning vormen een belangrijk onderdeel in nieuwe en gerenoveerde woningen. De interesse in deze residentiële ventilatiesystemen is de laatste jaren dan ook enorm gestegen. Dit onderzoek richt zich specifiek op decentrale ventilatiesystemen die geen gebruik maken van luchtkanalen in de woning. Hierdoor zijn deze decentrale ventilatiesystemen in de eerste plaats heel geschikt bij renovaties. De prestatie-eisen voor deze toestellen zijn vergelijkbaar met die van centrale ventilatiesystemen. Zowel een recuperatief toestel als twee regeneratieve toestellen werden onderzocht op vlak van thermisch comfort, ventilatie-efficiëntie, energieverbruik en akoestiek. Uit de resultaten bleek dat, door gebruik te maken van decentrale ventilatietoestellen, ruimtes meestal efficiënt geventileerd kunnen worden bij een goed thermisch comfort. Het energieverbruik per toestel is laag, maar er moeten meerdere toestellen geïnstalleerd worden om een woning voldoende te kunnen ventileren. De grootste moeilijkheid bij het ontwerpen van deze toestellen blijkt het beperken van de geluidsproductie te zijn. Het verder ontwikkelen van deze toestellen lijkt noodzakelijk om te kunnen voldoen aan de normen voor akoestisch comfort.

*Kernwoorden:* decentrale ventilatie, residentieel, warmteterugwinning.

## **Extended abstract**

Zie volgende pagina's.

# Research on the performance of residential decentralized ventilation with heat recovery

Mathias Merckx

Supervisors: prof. Jelle Laverge, prof. Ivan Pollet

**Abstract:** Mechanical ventilation systems with heat recovery are considered the most optimal system for domestic ventilation. This research focuses on decentralized ventilation which do not need any ducting. Therefore, this system is very suitable for retrofitting use. The performance criteria of these units are similar to those of central systems. A recuperative and two regenerative ventilation units were examined in terms of thermal comfort, ventilation efficiency, acoustics and energy consumption. The results showed that, by using decentralized ventilation, rooms can usually be efficiently ventilated at a good level of thermal comfort. The energy consumption of one ventilation unit is low, but several units have to be installed in order to adequately ventilate a residential building. The main difficulty in the design of these units seems to be limiting the noise production. With reference to acoustic properties, further development and research of these units seems necessary.

**Keywords:** decentralized ventilation, residential, heat recovery

## I. INTRODUCTION

As a result of the energy performance regulations in Flanders, buildings are becoming more and more airtight. This prevents the contaminated air from leaving the house in a natural way. However, sufficient fresh air is of great importance for the health of the residents. In order to supply fresh air to the residents and to remove polluted indoor air, a ventilation system is needed. Mechanical ventilation systems with heat recovery are considered the most optimal systems for domestic ventilation [1]. Almost all of the new mechanical systems are ventilation systems with a central heat recovery and a network of ducting.

The need to find room for an elaborate duct system is a serious impediment to the incorporation of a well-designed traditional ventilation system in building refurbishments. This pushed a number of small, local, ductless ventilation systems (usually including some form of heat recovery) onto the market. In these systems, heat recovery is decentralized (per room) and can be recuperative or regenerative. The performance of these systems is usually characterized based on the effectiveness of the heat recovery unit, while the induced flow pattern in the space and associated air quality issues are largely ignored. In addition, the noise production and the energy consumption will also be investigated.

## II. OBJECTS AND METHODS

### A. Investigated units

Three different units were examined during this research. In the first unit, the heat recovery is regenerative (Endura Twist by Renson). The unit is placed in the joinery of a window. Two

ventilation modules and two heat exchangers are the main parts. Each module consists of two little fans, which can be rotated to change the direction of the air flow. If air is extracted from the room, heat of this warm air flows into the heat exchanger. After the change of the flow direction, fresh air is supplied to the room. The cold fresh air is preheated by the heat exchanger. By default, always one module is extracting air from the room while the other module is supplying air into the room. The direction of the air flow over each module changes every 30 s. This unit can be modified so the air is blown vertically upwards or vertically downwards into the room. Both possibilities were examined.

In the second unit, the heat recovery occurs recuperatively in a counterflow heat exchanger (Provent D-luxe by Profel). This unit can be mounted on the inner side of an external wall or in the joinery of a window. Only the last option was examined.

In the third and last unit, the heat recovery is also regenerative (Tempero eco 150 ceram by O.ERRE). One fan and a ceramic heat exchanger are the main parts. As with the first unit, the heat from the indoor air will be partly stored in the heat exchanger when the air flows from the inside out. If the air subsequently flows from the outside to the inside, the fresh air will be preheated by the heat exchanger. The direction of the air flow changes every 70 s. The unit can be placed in a gap with a round cross-section within an external wall.

### B. Methodology

All units were examined in terms of thermal comfort, ventilation efficiency, acoustics and energy consumption.

Thermal comfort was analyzed for each unit in a test room at two different ventilation rates and with temperature differences of 0°C and 20°C. Therefore the temperature, the velocity and the turbulence intensity had to be measured in the test room for each set-up.

Also ventilation efficiency was analyzed for each unit in the test room at two different ventilation rates. Therefore the concentration of tracer gas had to be measured for each set-up at regular intervals during a certain period of time.

Afterwards, the sound production of each unit was measured at different ventilation rates in the test room.

Finally, the energy consumption at different ventilation rates was measured for each unit for one hour.

## III. THERMAL COMFORT

### A. Theory

In the NBN EN ISO 7730 standard, thermal comfort is determined by global and local thermal comfort. The global comfort is determined on the basis of the predicted mean vote

(PMV) and the predicted percentage dissatisfied (PPD). The local thermal comfort is studied on the basis of the draught rate (DR). Depending on the desired thermal comfort, the standard gives maximum values for these parameters in three different categories. The most commonly used category is category B, which means that the PPD has to be limited to 10% and the DR to 20% [2].

The PMV and the PPD depend on many different parameters. These values are therefore usually calculated using a computer program.

Local thermal discomfort is usually caused by draught, which can be visualized with the draught rate (DR). The DR is the percentage of dissatisfied residents as a result of draught phenomena and is calculated as [3]:

$$DR = (34 - T_a) \cdot (v_a - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot Tu \cdot v_a + 3,14) \quad (1)$$

Where  $T_a$  is the average air temperature,  $v_a$  the average velocity and  $Tu$  the turbulence intensity. The turbulence intensity describes how much the air velocity fluctuates. It is defined as [3]:

$$Tu = \frac{SD}{v_a} \cdot 100 \quad (2)$$

Where SD represents the standard deviation of velocities at the measured point.

## B. Results

For each set-up tested, the PMV and the PPD meet the conditions of category B according to ISO 7730.

It is noticeable that with a ventilation rate of approximately 60 m<sup>3</sup>/h, combined with a difference of 20°C between the indoor and the outside temperatures, the limit value of 20% for the DR is exceeded by each unit. Only when the air is blown upwards into the room by the Endura Twist, does draught not occur. In addition, no draught is measured at ventilation rates of approximately 30 m<sup>3</sup>/h or when the difference between the inside and outside temperature is 0°C.

For each set-up, the draught occurs in different places in the test room. That's because the air flow pattern that arises in the room is different for each unit. Figures 1 to 4 show, for each device, a vertical longitudinal section of the test chamber with the locations where draught occurs. The orange/red colored zones on the graphs are the zones where the DR is 20 % or greater. In these places, draught will be felt. On these figures, the devices are located at the top left, at a height of about 2.4 m.

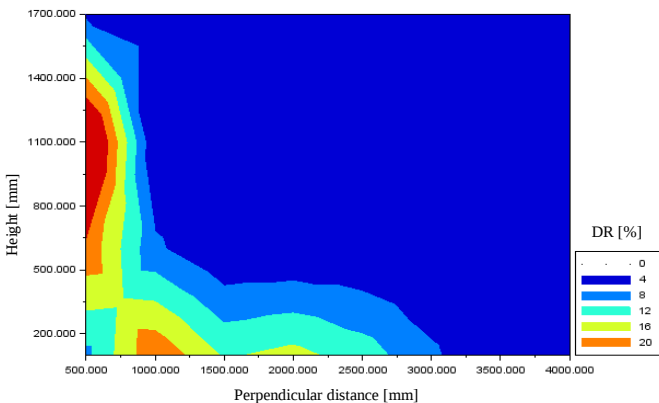


Figure 1 Locations where draught occurs when using the Endura Twist (downwards)

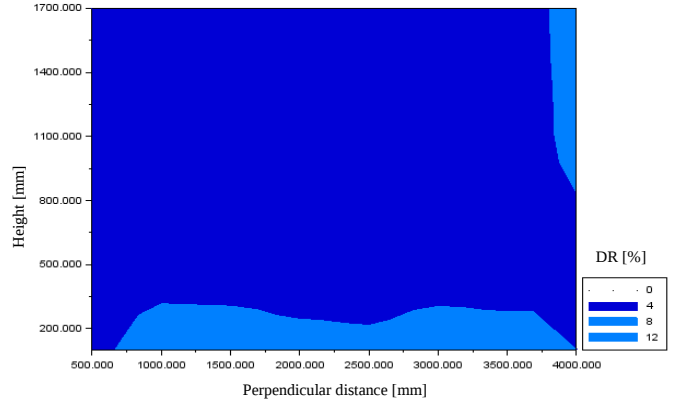


Figure 2 Locations where draught occurs when using the Endura Twist (upwards)

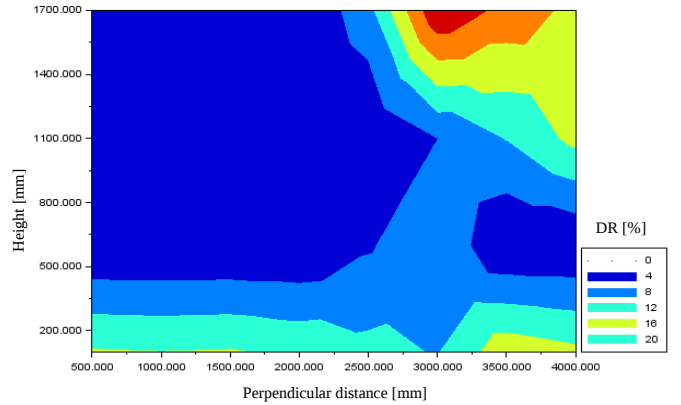


Figure 3 Locations where draught occurs when using the Provent D-luxe

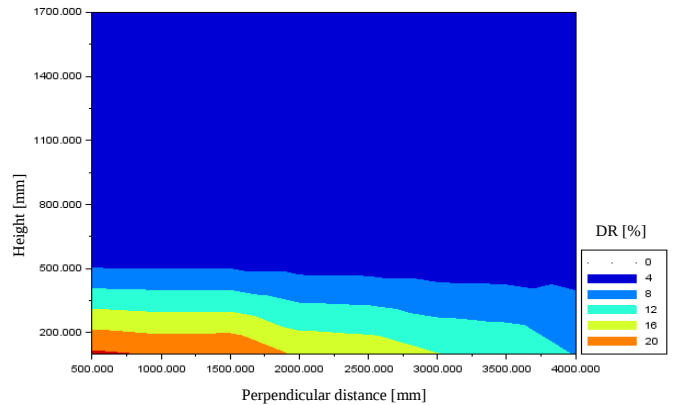


Figure 4 Locations where draught occurs when using the Tempero eco 150 ceramic

## IV. VENTILATION EFFICIENCY

### A. Theory

Ventilation measurements are mostly carried out by using tracer-gas techniques. In these techniques, a gas is injected into the studied zone and its concentration response is measured. These techniques can be applied for determining the air age distributions and the ventilation efficiency in this space. Several tracer gas methods can be conducted, but the concentration decay is the most commonly accepted since its implementation is the easiest [4]. This method was also used

during this research to calculate the air change efficiency ( $\epsilon_a$ ). The detailed description of this method can be found in the standard ISO/DIS 12569.

The air change efficiency ( $\epsilon_a$ ) represents the ratio between the nominal time constant ( $\tau_n$ ) and the average time for air exchange ( $\tau_{exe}$ ) [4]:

$$\epsilon_a = \frac{\tau_n}{\tau_{exe}} = \frac{\tau_n}{2 \cdot \langle \tau \rangle} \quad (3)$$

The average time for air exchange can be calculated as  $\tau_{exe} = 2 \cdot \langle \tau \rangle$ , where  $\langle \tau \rangle$  represents the average of local values of age of air [4]. The nominal time constant ( $\tau_n$ ) and the mean age of air ( $\langle \tau \rangle$ ) are defined as [5]:

$$\tau_n = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}) \right] + \frac{c_n}{\lambda}}{c_0} \quad (4)$$

$$\langle \tau \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}) \cdot \frac{t_i + t_{i-1}}{2} \right] + \frac{c_n}{\lambda} \left[ \frac{1}{\lambda} + t_n \right]}{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} \cdot (t_i - t_{i-1}) \right] + \frac{c_n}{\lambda}} \quad (5)$$

Figure 5 is an example of a decay curve and is intended to clarify the above equations (4 and 5). Table 1 presents the air exchange efficiency values for characteristic flow patterns.

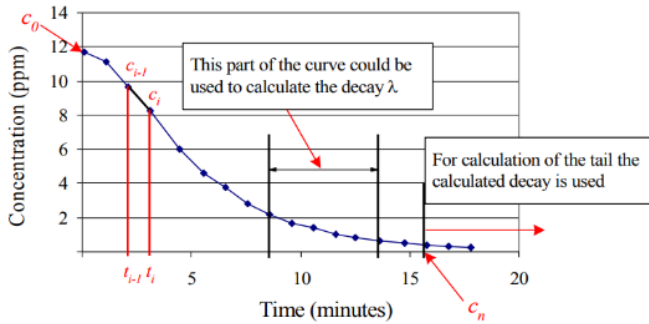


Figure 5 Example of a decay curve [5]

Table 1 Air change efficiency for different flow patterns [5]

| Flow pattern       | Air change efficiency       |
|--------------------|-----------------------------|
| Ideal piston flow  | 100%                        |
| Displacement flow  | $50\% < \epsilon_a < 100\%$ |
| Fully mixed flow   | 50%                         |
| Short-circuit flow | $< 50\%$                    |

## B. Results

Before the measurements were started, a certain amount of tracer gas ( $\text{CO}_2$ ) was released into the test room. By using a fan, the gas was mixed with the air. If the  $\text{CO}_2$ -concentration in the entire room had risen sufficiently, the measurements could be started. Ten sensors, distributed over the entire space, registered the concentrations at regular intervals (13 s.). If the concentrations in each point were sufficiently reduced again, the measurements were stopped.

Table 2 shows the average air change efficiency ( $\epsilon_a$ ) for each set-up.

Table 2 Average air change efficiency for each set-up

| Unit                     | Ventilation rate [m <sup>3</sup> /h] | Average $\epsilon_a$ [%] |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Endura Twist (downwards) | 30                                   | 54                       |
|                          | 60                                   | 49                       |
| Endura Twist (upwards)   | 30                                   | 52                       |
|                          | 60                                   | 48                       |
| Provent D-luxe           | 36                                   | 50                       |
|                          | 50                                   | 43                       |
| Tempero eco 150 ceram    | 30                                   | 51                       |
|                          | 60                                   | 53                       |

In comparison with the other units, the differences between the different measuring points are much greater with the Tempero eco 150 ceram. The decay curves with this unit are more irregular than with the other units. That's because the Tempero eco 150 ceram is equipped with only one fan and therefore there's never simultaneous pulsation and extraction. To ensure proper operation, an even number of these units has to be installed. Two units of the Tempero eco 150 ceram must be installed to sufficiently ventilate a room.

## V. ACOUSTICS

### A. Theory

The Belgian standard, NBN S 01-400-1, specifies maximum noise levels ( $L_{Ainstal,nT}$ ) in areas where noise-producing system components of mechanical ventilation are installed. These maximum noise levels are presented in table 3.

Table 3 Maximum noise levels from mechanical ventilation [6]

| Room              | Normal acoustic comfort $L_{Ainstal,nT}$ [dB] | Increased acoustic comfort $L_{Ainstal,nT}$ [dB] |
|-------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Bathroom / toilet | $\leq 35$                                     | $\leq 30$                                        |
| Kitchen           | $\leq 35$                                     | $\leq 30$                                        |
| Living room       | $\leq 30$                                     | $\leq 27$                                        |
| Bedroom           | $\leq 27$                                     | $\leq 25$                                        |

### B. Results

Before measuring the average sound levels at different ventilation rates for each device, the background noise was measured in the test room. This background noise was 32.7 dB(A), with everything turned off in or around the test room. This means that, even without the devices being in operation, the standard is not met for several room types.

The average sound levels, measured at different ventilation rates of each device, are presented in table 4.

Table 4 Average sound levels at different ventilation rates of each device

| Unit                  | Ventilation rate [m <sup>3</sup> /h] | Average sound level [dB(A)] |
|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Endura Twist          | 30                                   | 33.3                        |
|                       | 60                                   | 37.5                        |
| Provent D-luxe        | 36                                   | 36.7                        |
|                       | 50                                   | 40.2                        |
| Tempero eco 150 ceram | 30                                   | 34.5                        |
|                       | 60                                   | 42.0                        |

The Endura Twist produces the least noise and is the only one that, at a ventilation rate of 30 m<sup>3</sup>/h, meets the standard for normal acoustic comfort in the bathroom, toilet and kitchen during this research.

## VI. ENERGY CONSUMPTION

To measure the energy consumption of each ventilation unit at different ventilation rates, a power meter was used. When comparing the energy consumption of decentralized ventilation units with a central ventilation system, it is important to remember that an average of eight units are required to sufficiently ventilate a house [7].

The energy consumption of each unit at different ventilation rates was measured during one hour. Based on these measurements and because ventilation never works at a continuous ventilation rate during a whole year, only an estimate of the annual energy consumption can be made. The estimated annual energy consumption of one unit is shown in table 5 for each device.

Table 5 Estimated annual energy consumption of one unit

| Unit                  | Estimated annual energy consumption [kWh] |
|-----------------------|-------------------------------------------|
| Endura Twist          | 53                                        |
| Provent D-luxe        | 77                                        |
| Tempero eco 150 ceram | 28                                        |

As previously reported, two units of the Tempero eco 150 ceram are needed to adequately ventilate the room. The consumption of two devices is comparable to the consumption of one Endura Twist. The estimated annual energy consumption of one Provent D-luxe is 45% higher compared to one Endura Twist.

An example of the annual energy consumption of a central ventilation system can be found online [8]. In this example the estimated energy consumption of an installation with low system pressure (100 Pa at 300 m<sup>3</sup>/h) is 445 kWh. An installation of eight units of the Endura Twist results in an estimated energy consumption of 424 kWh, which is slightly less than the central system in the example. On the other hand, an installation of eight units of the Provent D-luxe results in an energy consumption of 616 kWh in one year. Finally, a comparable energy consumption to the central system can be achieved with an installation of sixteen units of the Tempero eco 150 ceram.

## VII. CONCLUSION

By using the Endura Twist by Renson or the Provent D-luxe by Provent, rooms can be efficiently ventilated at a good level of global thermal comfort. For each set-up, local thermal discomfort occurs in different places in the test room. That's because the air flow pattern that arises in the room is different for each unit. Only when the air is blown vertically upwards by the Endura Twist, no draught phenomena does occur.

The results of the tracer-gas test showed very irregular decay curves when using the Tempero eco 150 ceram. That's because this device is equipped with only one fan and, therefore, there's never simultaneous pulsation and extraction. Two units of the Tempero eco 150 ceram must be installed to sufficiently ventilate a room.

Limiting the noise production seems to be the main difficulty in the design of these units. The Endura Twist produces the

least noise and is the only one that, at a ventilation rate of 30 m<sup>3</sup>/h, meets the standard for normal acoustic comfort in the bathroom, toilet or kitchen during this research. It should be noted that the background noise was 32.7 dB(A), without the devices being in operation. With reference to acoustic properties, further research and development of these units seems necessary.

The energy consumption of one ventilation unit is low, but several units have to be installed in order to adequately ventilate a residential building. The energy consumption of two units of the Tempero eco 150 ceram is comparable to the energy consumption of one Endura Twist. The estimated annual energy consumption of one Provent D-luxe is 45% higher compared to one Endura Twist.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to acknowledge the suggestions of many people.

## REFERENCES

- [1] H. Manz et al. Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery. *Energy and Buildings*, 31, 2000, pp. 37-47.
- [2] Onderzoek en ontwikkeling comfortroosters: thermische en akoestisch comfortabele natuurlijke luchttoevoer in leefruimtes. Renson, 2014.
- [3] C. Chao and M. Wan. Airflow and air temperature distribution in the occupied region. *Building and Environment*, 39, 2004, pp. 749-762.
- [4] S. Cui et al. CO<sub>2</sub> tracer gas concentration decay method for measuring air change rate. *Building and Environment*, 84, 2015, pp. 162-169.
- [5] E. Mundt et al. Ventilation Effectiveness. Rehva, 2004.
- [6] D. Wuyts. Geluidshinder door ventilatiesystemen. WTCB, 2010, [wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact28&art=436](http://wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact28&art=436)
- [7] Provent D-luxe. NewsSpot, Profel, 2013.
- [8] A. Camps. Energie voor ventilatie. Habitos, 2014, [habitos.be/nl/bouwen/energie-voor-ventilatie-9708/](http://habitos.be/nl/bouwen/energie-voor-ventilatie-9708/).

## Inhoudsopgave

Woord vooraf

Abstract

Extended abstract

Inhoudsopgave

Lijst met tabellen – lijst met figuren

Lijst van afkortingen en symbolen

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Inleiding .....                                                             | 1  |
| 2 Literatuurstudie .....                                                      | 2  |
| 2.1 Waarom ventileren? .....                                                  | 2  |
| 2.2 Soorten ventilatiesystemen.....                                           | 3  |
| 2.2.1 Systeem A .....                                                         | 3  |
| 2.2.2 Systeem B.....                                                          | 4  |
| 2.2.3 Systeem C.....                                                          | 4  |
| 2.2.3.1 Systeem C+ .....                                                      | 4  |
| 2.2.4 Systeem D .....                                                         | 4  |
| 2.3 Decentrale ventilatie.....                                                | 5  |
| 2.3.1 De verschillende types decentrale ventilatie .....                      | 5  |
| 2.3.2 Voor- en nadelen .....                                                  | 7  |
| 2.4 Beoordelingscriteria .....                                                | 7  |
| 2.4.1 Thermisch comfort .....                                                 | 8  |
| 2.4.1.1 Globaal thermisch comfort.....                                        | 9  |
| 2.4.1.2 Lokaal thermisch comfort .....                                        | 10 |
| 2.4.1.3 Air diffusion performance index .....                                 | 10 |
| 2.4.1.4 Meetraster .....                                                      | 10 |
| 2.4.2 Ventilatie-efficiëntie.....                                             | 11 |
| 2.4.3 Akoestisch comfort .....                                                | 13 |
| 2.4.4 Energieverbruik.....                                                    | 15 |
| 2.4.4.1 Voorbeeldberekening energieverbruik centraal ventilatiesysteem D..... | 15 |
| 3 Probleemstelling.....                                                       | 17 |
| 4 Doelstelling .....                                                          | 17 |

|                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------|----|
| 5 Methodologie.....                                       | 18 |
| 5.1 Onderzochte ventilatie-units.....                     | 18 |
| 5.1.1 Endura Twist .....                                  | 18 |
| 5.1.2 Provent D-luxe .....                                | 20 |
| 5.1.3 Tempero eco 150 ceram .....                         | 21 |
| 5.2 Thermisch comfort en luchtstroompatroon .....         | 22 |
| 5.2.1 Tochtsensoren.....                                  | 23 |
| 5.2.2 Scenario's .....                                    | 24 |
| 5.2.3 Herhaalbaarheid van de metingen .....               | 25 |
| 5.2.4 Verwerking van de meetgegevens.....                 | 26 |
| 5.3 Ventilatie-efficiëntie.....                           | 27 |
| 5.3.1 Verwerking van de meetgegevens.....                 | 28 |
| 5.4 Akoestisch comfort .....                              | 29 |
| 5.5 Energieverbruik.....                                  | 30 |
| 6 Resultaten .....                                        | 31 |
| 6.1 Thermisch comfort .....                               | 31 |
| 6.1.1 Endura Twist met inblaasrichting naar onder.....    | 31 |
| 6.1.1.1 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 32 |
| 6.1.1.2 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 33 |
| 6.1.1.3 Debiet: 60 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 34 |
| 6.1.1.4 Debiet: 60 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 35 |
| 6.1.2 Endura Twist met inblaasrichting naar boven .....   | 36 |
| 6.1.2.1 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 36 |
| 6.1.2.2 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 37 |
| 6.1.2.3 Debiet: 60 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 38 |
| 6.1.2.4 Debiet: 60 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 39 |
| 6.1.3 Provent D-luxe .....                                | 41 |
| 6.1.3.1 Debiet: 36 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 41 |
| 6.1.3.2 Debiet: 36 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 42 |
| 6.1.3.3 Debiet: 50 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 43 |
| 6.1.3.4 Debiet: 50 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 44 |
| 6.1.4 Tempero eco 150 ceram .....                         | 46 |
| 6.1.4.1 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 46 |
| 6.1.4.2 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 20°C..... | 47 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.1.4.3 Debiet: 60 m <sup>3</sup> /h en temperatuurverschil: 0°C.....  | 48 |
| 6.1.4.4 Debiet: 60 m <sup>3</sup> /h en temperatuurverschil: 20°C..... | 49 |
| 6.2 Ventilatie-efficiëntie.....                                        | 51 |
| 6.2.1 Endura Twist met inblaasrichting naar onder.....                 | 51 |
| 6.2.1.1 Ventilatie-debiet: 30 m <sup>3</sup> /h.....                   | 51 |
| 6.2.1.2 Ventilatie-debiet: 60 m <sup>3</sup> /h.....                   | 54 |
| 6.2.2 Endura Twist met inblaasrichting naar boven.....                 | 56 |
| 6.2.2.1 Ventilatie-debiet: 30 m <sup>3</sup> /h.....                   | 56 |
| 6.2.2.2 Ventilatie-debiet: 60 m <sup>3</sup> /h.....                   | 58 |
| 6.2.3 Provent D-luxe .....                                             | 60 |
| 6.2.3.1 Ventilatie-debiet: 36 m <sup>3</sup> /h.....                   | 60 |
| 6.2.3.2 Ventilatie-debiet: 50 m <sup>3</sup> /h.....                   | 63 |
| 6.2.4 Tempero eco 150 ceram .....                                      | 65 |
| 6.2.4.1 Ventilatie-debiet: 30 m <sup>3</sup> /h.....                   | 65 |
| 6.2.4.2 Ventilatie-debiet: 60 m <sup>3</sup> /h.....                   | 67 |
| 6.3 Akoestisch comfort .....                                           | 69 |
| 6.3.1 Endura Twist .....                                               | 69 |
| 6.3.2 Provent D-luxe .....                                             | 70 |
| 6.3.3 Tempero eco 150 ceram .....                                      | 71 |
| 6.4 Energieverbruik.....                                               | 72 |
| 7 Conclusie .....                                                      | 74 |
| Referenties.....                                                       | 76 |
| Bijlagen .....                                                         | 79 |

## Lijst met tabellen – lijst met figuren

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1: Overzicht van ventilatiedebieten voor woningen (Ventilatievoorzieningen, 2014).....                                    | 3  |
| Tabel 2: Overzicht van de verschillende types decentrale ventilatie.....                                                        | 6  |
| Tabel 3: Voor- en nadelen van een decentraal ventilatiesysteem en een ventilatiesysteem D .....                                 | 7  |
| Tabel 4: Comfortcategorieën (NBN EN ISO 7730, 2006) .....                                                                       | 8  |
| Tabel 5: Air change efficiency ( $\epsilon_a$ ) voor verschillende stromingspatronen (Mundt et al., 2004).....                  | 12 |
| Tabel 6: Maximale geluidsniveaus vanwege de mechanische ventilatie (Wuyts, 2010).....                                           | 13 |
| Tabel 7: Voorbeeldberekening jaarlijkse elektriciteitskost centraal ventilatiesysteem D .....                                   | 17 |
| Tabel 8: Debieten en afmetingen voor verschillende uitvoeringsvormen .....                                                      | 19 |
| Tabel 9: Ventilativeniveaus Provent D-luxe (Airria, 2014) .....                                                                 | 21 |
| Tabel 10: Voorbeeld van een scenario met een temperatuurverschil van 20 °C.....                                                 | 25 |
| Tabel 11: Opbouw van de tabel om de ventilatie-efficiëntie te berekenen .....                                                   | 29 |
| Tabel 12: Thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar onder) .....                                                     | 31 |
| Tabel 13: Thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar boven).....                                                      | 36 |
| Tabel 14: Thermisch comfort Provent D-luxe.....                                                                                 | 41 |
| Tabel 15: Thermisch comfort Tempero eco 150 ceram .....                                                                         | 46 |
| Tabel 16: Verdeling CO <sub>2</sub> -sensoren in de ruimte voor metingen met de Endura Twist.....                               | 51 |
| Tabel 17: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 30 m <sup>3</sup> /h ...<br>..... | 52 |
| Tabel 18: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 60 m <sup>3</sup> /h ...<br>..... | 54 |
| Tabel 19: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 30 m <sup>3</sup> /h<br>.....     | 56 |
| Tabel 20: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 60 m <sup>3</sup> /h<br>.....     | 58 |
| Tabel 21: Verdeling van de CO <sub>2</sub> -sensoren in de ruimte voor metingen met de Provent D-luxe.....                      | 60 |
| Tabel 22: Ventilatie-efficiëntie Provent D-luxe bij een debiet van 36 m <sup>3</sup> /h .....                                   | 61 |
| Tabel 23: Ventilatie-efficiëntie Provent D-luxe bij een debiet van 50 m <sup>3</sup> /h .....                                   | 63 |
| Tabel 24: Ventilatie-efficiëntie Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 30 m <sup>3</sup> /h .....                            | 65 |
| Tabel 25: Ventilatie-efficiëntie Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 60 m <sup>3</sup> /h .....                            | 67 |
| Tabel 26: Elektriciteitsverbruik van Endura Twist.....                                                                          | 72 |
| Tabel 27: Elektriciteitsverbruik van Provent D-luxe.....                                                                        | 72 |
| Tabel 28: Elektriciteitsverbruik van Tempero eco 150 ceram .....                                                                | 72 |
| Tabel 29: Geschatte jaarlijkse elektriciteitskost .....                                                                         | 73 |

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 1: De verschillende ventilatiesystemen (Ventilatiesysteem, 2013) .....                                                                                             | 3  |
| Figuur 2: Het raamtoestel van Airria (Airria, 2014).....                                                                                                                  | 6  |
| Figuur 3: ClimaRad Comfort Solution (Werkingssprincipe, z.j.).....                                                                                                        | 6  |
| Figuur 4: Endura Twist van Renson (Endura Twist, z.j.).....                                                                                                               | 6  |
| Figuur 5: LT-50 van STIEBEL ELTRON (LT-50, z.j.).....                                                                                                                     | 6  |
| Figuur 6: Behaaglijkheidskromme (Thermal comfort, 1997) .....                                                                                                             | 9  |
| Figuur 7: Gemiddelde <i>age of air</i> ( $\langle \tau \rangle$ ) en nominale tijdsconstante ( $\tau_n$ ) voor verschillende stromingspatronen (Mundt et al., 2004) ..... | 12 |
| Figuur 8: Voorbeeld vervalcurve ter verduidelijking van vergelijkingen 9 en 10 (Mundt et al., 2004) .....                                                                 | 13 |
| Figuur 9: Verwacht geluidsniveau in een slaapkamer (Manz et al., 2000) .....                                                                                              | 14 |
| Figuur 10: Specifiek ventilatievermogen bij 300 m <sup>3</sup> /h en een systeemdruk van 100 Pa (Camps, 2014) .....                                                       | 16 |
| Figuur 11: Specifieke ventilatievermogens bij een capaciteit van 85%, 60% en 33% (Camps, 2014).....                                                                       | 16 |
| Figuur 12: Voorstelling alternierende werking Endura Twist (Endura Twist, z.j.).....                                                                                      | 18 |
| Figuur 13: Modulariteit Endura Twist (Endura Twist, z.j.).....                                                                                                            | 19 |
| Figuur 14: Inblaasrichting naar onder (Endura Twist, z.j.) .....                                                                                                          | 20 |
| Figuur 15: Inblaasrichting naar boven (Endura Twist, z.j.).....                                                                                                           | 20 |
| Figuur 16: Inbouw naast het raam (Endura Twist, z.j.).....                                                                                                                | 20 |
| Figuur 17: Doorsnede Provent D-luxe (raamtoestel) (Airria, 2014) .....                                                                                                    | 20 |
| Figuur 18: Het toestel in pulsie-modus (boven) en in extractie-modus (onder) (Tempero eco 150<br>ceram, 2016).....                                                        | 22 |
| Figuur 19: Tempero eco 150 ceram (Tempero eco 150 ceram, 2016) .....                                                                                                      | 22 |
| Figuur 20: Plattegrond van de klimaatkamer (Comfortroosters, 2014).....                                                                                                   | 22 |
| Figuur 21: 3D-zicht van de warme en de koude ruimte uit de klimaatkamer .....                                                                                             | 23 |
| Figuur 22: 4x4-raster van tochtsensoren (AirDistSys 5000, z.j.) .....                                                                                                     | 24 |
| Figuur 23: Luchtstroompatroon van de 1e test.....                                                                                                                         | 26 |
| Figuur 24: Luchtstroompatroon van de 2de test.....                                                                                                                        | 26 |
| Figuur 25: Provent D-luxe geïnstalleerd in de testopening met afgeplakte spleten .....                                                                                    | 28 |
| Figuur 26: Luchtdicht gemaakte deuropening.....                                                                                                                           | 28 |
| Figuur 27: Geluidsniveaumeter (Products, z.j.).....                                                                                                                       | 30 |
| Figuur 28: Verbruiksmeter (CLM1000, z.j.).....                                                                                                                            | 30 |
| Figuur 29: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar<br>onder) .....                                                          | 32 |
| Figuur 30: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) .....                                                                        | 32 |
| Figuur 31: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar<br>onder) .....                                                          | 33 |
| Figuur 32: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) .....                                                                        | 33 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 33: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) ..... | 34 |
| Figuur 34: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) .....            | 34 |
| Figuur 35: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) ..... | 35 |
| Figuur 36: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder) .....            | 35 |
| Figuur 37: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) ..... | 37 |
| Figuur 38: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) .....            | 37 |
| Figuur 39: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) ..... | 38 |
| Figuur 40: Grafiek met DR voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) .....               | 38 |
| Figuur 41: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) ..... | 39 |
| Figuur 42: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) .....            | 39 |
| Figuur 43: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) ..... | 40 |
| Figuur 44: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven) .....            | 40 |
| Figuur 45: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van de Provent D-luxe .....                         | 41 |
| Figuur 46: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van de Provent D-luxe .....                                    | 42 |
| Figuur 47: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van de Provent D-luxe .....                         | 43 |
| Figuur 48: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van de Provent D-luxe .....                                    | 43 |
| Figuur 49: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van de Provent D-luxe .....                         | 44 |
| Figuur 50: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van de Provent D-luxe .....                                    | 44 |
| Figuur 51: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 4 van de Provent D-luxe .....                         | 45 |
| Figuur 52: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van de Provent D-luxe .....                                    | 45 |
| Figuur 53: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van de Tempero eco 150 ceram .....                  | 46 |
| Figuur 54: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van de Tempero eco 150 ceram .....                             | 47 |
| Figuur 55: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van de Tempero eco 150 ceram .....                  | 47 |
| Figuur 56: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van de Tempero eco 150 ceram .....                             | 48 |
| Figuur 57: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van de Tempero eco 150 ceram .....                  | 48 |
| Figuur 58: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van de Tempero eco 150 ceram .....                             | 49 |
| Figuur 59: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 4 van de Tempero eco 150 ceram .....                  | 49 |
| Figuur 60: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van de Tempero eco 150 ceram .....                             | 50 |
| Figuur 61: Vervalkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 30 m³/h ....            | 53 |
| Figuur 62: Vervalkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 60 m³/h ....            | 55 |
| Figuur 63: Vervalkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 30 m³/h ....            | 57 |
| Figuur 64: Vervalkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 60 m³/h ....            | 59 |
| Figuur 65: Vervalkrommes Provent D-luxe bij een debiet van 36 m³/h .....                                      | 62 |

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figuur 66: Vervalkrommes Provent D-luxe bij een debiet van 50 m <sup>3</sup> /h .....                 | 64 |
| Figuur 67: Vervalkrommes Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 30 m <sup>3</sup> /h .....          | 66 |
| Figuur 68: Vervalkrommes Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 60 m <sup>3</sup> /h .....          | 68 |
| Figuur 69: Geluidsmeting Endura Twist bij een debiet van 30 m <sup>3</sup> /h.....                    | 69 |
| Figuur 70: Geluidsmeting Endura Twist bij een debiet van 60 m <sup>3</sup> /h.....                    | 69 |
| Figuur 71: Geluidsmeting Provent D-luxe bij een debiet van 36 m <sup>3</sup> /h.....                  | 70 |
| Figuur 72: Geluidsmeting Provent D-luxe bij een debiet van 50 m <sup>3</sup> /h.....                  | 70 |
| Figuur 73: Geluidsmeting Tempero eco 150 ceram met een ventilatiedebiet van 30 m <sup>3</sup> /h..... | 71 |
| Figuur 74: Geluidsmeting Tempero eco 150 ceram met een ventilatiedebiet van 60 m <sup>3</sup> /h..... | 71 |

## Lijst van afkortingen en symbolen

|                            |                                                               |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ADPI                       | Air diffusion performance index [-]                           |
| $c_0$                      | Concentratie aan het begin van de metingen [ppm]              |
| $c_{i-1}, c_i, \dots, c_n$ | Concentraties op tijdstippen $t_{i-1}, t_i, \dots, t_n$ [ppm] |
| CSV                        | Comma separated values                                        |
| DR                         | Draught rate [%]                                              |
| $f_{cl}$                   | Kledingoppervlaktefactor [-]                                  |
| $h_c$                      | warmteoverdrachtscoëfficiënt door convectie [ $W/(m^2.K)$ ]   |
| $I_{cl}$                   | Thermische weerstand van de kleding [ $(m^2.K)/W$ ] of [clo]  |
| $L_{A_{instal,nT}}$        | Maximumwaarde voor gestandaardiseerd installatielawaai [dB]   |
| M                          | Metabolisme [ $W/m^2$ ] of [met]                              |
| P                          | Vermogen ventilator [W]                                       |
| $p_a$                      | Partiële waterdampdruk [Pa]                                   |
| PMV                        | Predicted mean vote [-]                                       |
| PPD                        | Predicted percentage dissatisfied [%]                         |
| $q_v$                      | Ventilatie-debiet [ $m^3/h$ ]                                 |
| SD                         | Standaard deviatie op de luchtsnelheid [m/s]                  |
| SFP                        | Specific fan power [ $J/m^3$ ]                                |
| $T_a$                      | Lokale droge bol temperatuur [ $^{\circ}C$ ]                  |
| $T_c$                      | Gemiddelde droge bol temperatuur in de ruimte [ $^{\circ}C$ ] |
| $T_{cl}$                   | Oppervlaktetemperatuur van de kleding [ $^{\circ}C$ ]         |
| $T_{ed}$                   | Effective draft temperature [K]                               |
| $t_{i-1}, t_i, \dots, t_n$ | Tijdstippen van de verschillende metingen [s]                 |
| $T_r$                      | Gemiddelde stalingstemperatuur [ $^{\circ}C$ ]                |
| $T_u$                      | Turbulentie-intensiteit $(= (SD/v_a).100)$ [%]                |
| $v_a$                      | Lokale luchtsnelheid [m/s]                                    |

|                        |                                                                                |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| $W$                    | Uitwendige arbeid (meestal gelijk aan 0) [W/m <sup>2</sup> ] of [met]          |
| $\varepsilon_a$        | Air change efficiency [%]                                                      |
| $\lambda$              | Helling van een exponentiële functie ( $y = a \cdot e^{\lambda \cdot x}$ ) [-] |
| $\tau_{exe}$           | Gemiddelde tijd die nodig is om de lucht te verversen [s]                      |
| $\tau_n$               | Nominale tijdsconstante [s]                                                    |
| $\langle \tau \rangle$ | Gemiddelde <i>age of air</i> in de ruimte [s]                                  |

## 1 Inleiding

Ventileren van gebouwen is noodzakelijk voor het comfort en de gezondheid van de bewoners. Ventilatie houdt namelijk meer in dan enkel de aanvoer van levensnoodzakelijke zuurstof. Het hoofddoel is de afvoer van interne polluenten die afgegeven worden door bepaalde materialen of toestellen en door de menselijke activiteiten.

Over het algemeen bestaat een ventilatiesysteem uit een luchtbehandelingstoestel (dit is een toestel dat bestaat uit twee ventilatoren en een warmtewisselaar) en een netwerk aan luchtkanalen door het gehele gebouw. Dit systeem wordt een centraal systeem genoemd.

Met het oog op minder ruimteverlies door luchtkanalen en betere individuele regeling per ruimte, zijn de laatste jaren verschillende decentrale ventilatiesystemen ontworpen. Decentrale ventilatietoestellen verzorgen de aan- en afvoer van lucht per ruimte en zijn meestal ook uitgerust met een (kleinere) warmtewisselaar. Tijdens dit onderzoek zullen enkele van deze decentrale ventilatietoestellen onderzocht worden.

Deze studie start met het opzoeken van informatie uit artikels, boeken, tijdschriften en andere bronnen, om de nodige kennis over het onderwerp te verwerven. Op deze manier kan een probleemstelling, een doelstelling en een methodologie opgesteld worden die inzicht geven over de richting van het onderzoek. Natuurlijk is het realistisch inschatten van de grenzen van een onderzoek noodzakelijk om een overvloed aan informatie te vermijden. Volledigheid voor het beantwoorden van de probleemstelling is van belang, maar mag de fundamentele informatie van het onderzoek niet ondermijnen.

Op basis van concrete cijfers, beknopte methoden en duidelijke illustraties, wordt getracht de verscheidenheid aan geïnteresseerden te boeien en hen de nodige kennis van het onderwerp bij te brengen. Zo krijgt de lezer een duidelijker overzicht van de aangereikte materie in dit verslag.

## 2 Literatuurstudie

### 2.1 Waarom ventileren?

Ventilatiesystemen in gebouwen worden ontwikkeld om twee belangrijke functies te verwezenlijken: (1) om verse lucht aan de bewoners te leveren, terwijl inwendig gegenereerde verontreinigingen worden verwijderd en (2) om een aanvaardbaar thermisch comfort in de nabijheid van bewoners te leveren. Tijdens de werking van een ventilatiesysteem ligt de focus van de bewoners op het thermisch comfort omdat de waarneming hiervan onmiddellijk is. De slechte luchtkwaliteit is moeilijker om op te merken omdat dit een langere responstijd in beslag neemt (Novoselac & Srebric, 2003).

Nochtans was honderd jaar geleden, voor de ontdekking van penicilline en antibiotica, frisse buitenlucht in combinatie met voldoende zonlicht een belangrijke remedie om mensen te genezen. Het besef dat zonlicht en frisse lucht goed is voor de mens zit nog altijd in het collectieve geheugen gegrift. Mensen brengen gemiddeld 90% van de tijd binnen door, waarvan 70% in hun eigen woning (Binnenmilieu en Gezondheid in Planvorming, 2013). Een goede ventilatie is dus van groot belang voor de gezondheid van de bewoners.

Daarnaast wordt het bouwen en verbouwen in Vlaanderen sinds 1 januari 2006 aangestuurd door de energieprestatieregeling. Voluit wordt er gesproken over “Energieprestatie en Binnenklimaat”, afgekort EPB. Omdat het behalen van een goed energieprestatieniveau (uitgedrukt in een E-peil) en een goed isolatieniveau (uitgedrukt in een K-peil) ook vaak gepaard gaat met luchtdicht bouwen, wordt er verhinderd dat vervuilde lucht op een natuurlijke wijze de woning kan verlaten. Daarom zijn er minimale ventilatievoorzieningen vereist om een goed binnenklimaat te creëren. Deze eisen zijn van toepassing bij zowel nieuwbouw als verbouwings- en uitbreidingswerkzaamheden (Comfortroosters, 2014).

Om het minimaal geëiste ontwerptoevoerdebiet in droge ruimten en ontwerpafvoerdebiet in natte ruimten te bepalen, kan gebruik gemaakt worden van tabel 1 (Ventilatievoorzieningen, 2014). De algemene regel is dat per m<sup>2</sup> vloeroppervlakte 3,6 m<sup>3</sup>/h verse lucht moet worden aangevoerd in de ruimte. Voor de afvoerdebieten in droge ruimten en de toevoerdebieten in natte ruimten, gerealiseerd met behulp van doorstroomopeningen, gelden tabelwaarden. Om te beletten dat er in kleine ruimten te weinig geventileerd wordt, is het minimaal geëiste toevoer- en afvoerontwerpddebiet nooit lager dan een bepaalde waarde (de ondergrens). Om het energieverbruik beter onder controle te houden, laat de norm bovendien toe voor bepaalde ruimten de ontwerptoevoer- en ontwerpafvoerdebieten te beperken ook al resulteert de algemene regel in hogere ontwerpddebieten (Ventilatiedocument: residentieel, 2016). Tabel 1 geeft een overzicht van de minimale en maximale ventilatiedebieten per ruimte.

Tabel 1: Overzicht van ventilatiedebieten voor woningen (Ventilatievoorzieningen, 2014)

| ruimte                                   |                     | nominale debiet |                 | debiet mag beperkt worden tot | minimale spleet onder de deur |
|------------------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                          |                     | algemene regel  | minimaal debiet |                               |                               |
| toevoer                                  | woonkamer           | 3,6 m³/h.m²     | 75 m³/h         | 150 m³/h                      |                               |
|                                          | slaapkamer          |                 | 25 m³/h         | 72 m³/h                       |                               |
|                                          | studeerkamer        |                 |                 |                               |                               |
|                                          | speelkamer          |                 |                 |                               |                               |
| doorstroom<br>als afvoer uit de ruimte   | woonkamer           |                 | 25 m³/h         |                               | 70 cm²                        |
|                                          | slaapkamer          |                 |                 |                               |                               |
|                                          | studeerkamer        |                 | 50 m³/h         |                               | 140 cm²                       |
|                                          | speelkamer          |                 |                 |                               |                               |
| doorstroom<br>als toevoer naar de ruimte | keuken              |                 | 25 m³/h         |                               | 70 cm²                        |
|                                          | badkamer            |                 |                 |                               |                               |
|                                          | was- en droogplaats |                 | 25 m³/h         |                               | 70 cm²                        |
|                                          | wc                  |                 |                 |                               |                               |
| afvoer                                   | keuken              | 3,6 m³/h.m²     | 50 m³/h         | 75 m³/h                       |                               |
|                                          | badkamer            |                 |                 |                               |                               |
|                                          | was- en droogplaats |                 | 75 m³/h         |                               |                               |
|                                          | open keuken         |                 |                 |                               |                               |
|                                          | wc                  | 25 m³/h         |                 |                               |                               |

## 2.2 Soorten ventilatiesystemen

Ventilatie omvat toevoer, doorvoer en afvoer. Toe- en afvoer kunnen ofwel natuurlijk, ofwel mechanisch gebeuren. Dit resulteert in vier gangbare ventilatiesystemen. Namelijk: systeem A, systeem B, systeem C en systeem D.



Figuur 1: De verschillende ventilatiesystemen (Ventilatiesysteem, 2013)

### 2.2.1 Systeem A

Bij dit ventilatietype gebeurt de luchttoevoer en -afvoer op natuurlijke wijze. Het voordeel van dit systeem is dat de installatie goedkoop is, omdat enkel ventilatieroosters en verticale afvoerkanalen voorzien moeten worden. Het grootste nadeel is dat dit ventilatiesysteem niet regelbaar is wat betreft toevoer en afvoer. Alles hangt af van de lucht- en winddruk. Dit ventilatiesysteem is niet alleen het meest onregelmatige, maar ook het duurste indien er rekening wordt gehouden met het warmteverlies in de winter. Daarom wordt aangeraden om bij nieuwbouw en grondige renovatiewerken steeds gebruik te maken van een systeem B, C of D (Ventilatiesystemen, z.j.).

### 2.2.2 Systeem B

Bij een ventilatiesysteem B wordt de luchttoevoer mechanisch geregeld terwijl de luchtafvoer op een natuurlijke wijze gebeurt. De verse lucht wordt, door gebruik te maken van een ventilator, aangevoerd in de keuken, woonkamer, gang en slaapkamers. Via afvoerroosters wordt de vervuilde lucht in vochtige ruimtes afgevoerd.

Dankzij de automatische toevoer kunnen nu ook moeilijk bereikbare kamers verlucht worden en is er altijd verse lucht aanwezig in het gebouw. Het nadeel van dit systeem is nog steeds de aanzienlijke hoeveelheid warmteverlies (Ventilatiesystemen, z.j.).

### 2.2.3 Systeem C

De luchttoevoer gebeurt bij dit ventilatiesysteem op een natuurlijke wijze, terwijl de afvoer van vervuilde lucht mechanisch gebeurt. In vergelijking met ventilatiesysteem D is dit systeem niet enkel goedkoper om te installeren, maar heeft het ook een lager verbruik. Daartegenover staat wel dat de stookkosten bij een systeem C groter zijn dan bij een systeem D dat gebruik maakt van warmterecuperatie. Een ander nadeel van dit systeem is dat bij winderig weer een tochtgevoel kan ontstaan door de natuurlijke toevoer, bovendien kunnen geluiden van buitenaf snel storend zijn (Ventilatiesystemen, z.j.).

#### 2.2.3.1 Systeem C+

Ventilatiesysteem C+ is een zelfregelend, vraaggestuurd systeem. Dit betekent dat het systeem zich kan aanpassen aan de situatie. Als er bijvoorbeeld veel mensen in huis zijn, zal de lucht sneller vervuild zijn en zal het systeem harder werken (meer lucht afvoeren) in vergelijking met de situatie wanneer er niemand aanwezig is. De luchtkwaliteit wordt bij een ventilatiesysteem C+ dus steeds gecontroleerd met behulp van sensoren en het systeem past zijn werking dan ook aan aan de kwaliteit van de lucht in de woning. Door de betere controle over de luchtkwaliteit is een ventilatiesysteem C+ meer geschikt voor woningen dan een gewoon systeem C. Er moet echter wel rekening gehouden worden met een hogere aanschafprijs in vergelijking met een klassiek systeem C (Systeem C+, z.j.).

### 2.2.4 Systeem D

Ventilatiesysteem D, ook wel balansventilatie genoemd, wordt beschouwd als het meest optimale systeem voor woningventilatie. Zowel de luchttoevoer als –afvoer gebeurt bij dit type mechanisch door middel van een ventilator en een netwerk van ventilatiekanalen. Omdat de luchttoevoer mechanisch gebeurt, kan de lucht gefilterd worden. Wanneer er gekozen wordt voor een systeem D met warmterecuperatie wordt de binnenkomende lucht voorverwarmd door de afgevoerde binnenlucht, waardoor de stookkosten zullen dalen. Samengevat is ventilatiesysteem D een grotere investering in

vergelijking met systeem C, maar wel efficiënter en zorgt het systeem voor kwaliteitsvolle lucht (Ventilatiesystemen, z.j.).

## **2.3 Decentrale ventilatie**

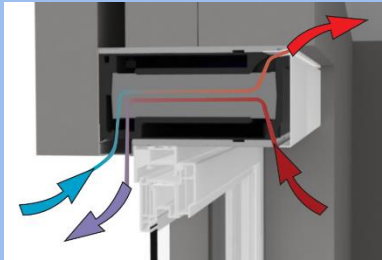
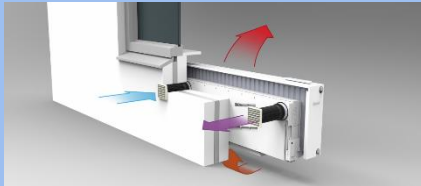
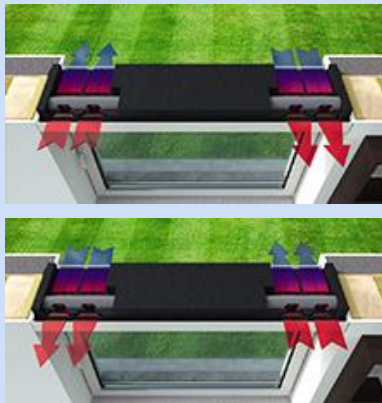
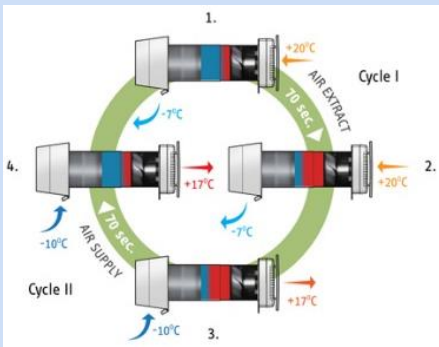
Door de normverstrengingen die de komende jaren zullen doorgevoerd worden, zullen systeem A, B en het gewone systeem C het steeds moeilijker krijgen om de norm nog te behalen. Systeem D wordt meer en meer de oplossing voor een gecontroleerd en gezond binnenklimaat.

Een groot nadeel van een klassiek (centraal) ventilatiesysteem D zijn de ventilatiekanalen die in de woning verwerkt moeten worden en soms veel plaats innemen. Als mogelijk alternatief komen steeds meer kleine, lokale, kanaalloze systemen op de markt, dikwijls met een ingebouwde warmtewisselaar. Bij zo'n systeem wordt elke ruimte voorzien van een directe toe- en afvoer naar buiten, zonder dat de ventilatie van de verschillende ruimten verzameld wordt in een gemeenschappelijk kanalenstelsel (Van den Bossche, 2011). Andere namen voor deze kleine, lokale, kanaalloze ventilatietoestellen zijn single room ventilation units (Manz et al., 2000) en decentrale ventilatie-units.

### **2.3.1 De verschillende types decentrale ventilatie**

Er kan enerzijds een onderscheid gemaakt worden tussen de manier waarop deze decentrale toestellen gemonteerd worden en anderzijds tussen de werking van de warmtewisselaar. Een overzicht van de verschillende types decentrale ventilatie wordt voorgesteld in tabel 2. Decentrale ventilatie-units kunnen ofwel rechtsreeks in de buitenmuur gemonteerd worden, ofwel verwerkt worden in het schrijnwerk van ramen. Warmtewisselaars kunnen recuperatief of regeneratief werken.

Tabel 2: Overzicht van de verschillende types decentrale ventilatie

| Plaatsing<br>Werking | Schrijnwerk                                                                                                                                      | Buitenmuur                                                                                                                                            |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Recuperatief         |  <p>Figuur 2: Het raamtoestel van Airria (Airria, 2014)</p>     |  <p>Figuur 3: ClimaRad Comfort Solution (Werkingprincipe, z.j.)</p> |
| Regeneratief         |  <p>Figuur 4: Endura Twist van Renson (Endura Twist, z.j.)</p> |  <p>Figuur 5: LT-50 van STIEBEL ELTRON (LT-50, z.j.)</p>           |

Het verschil tussen warmtewisselaars die recuperatief werken (recuperator) en deze die regeneratief werken (regenerator) is de manier waarop de warmte wordt overgedragen tussen de binnenlucht en de buitenlucht. In een recuperator zijn de binnenkomende luchtstroom en de uitgaande luchtstroom gescheiden door een wand die de warmte direct overdraagt. Het enige fundamentele verlies in een recuperator is de warmtegeleiding via de wand in de stromingsrichting. In een regenerator wordt de warmte uit de warme binnenlucht tijdelijk opgeslagen in een massa, om later aan de koude buitenlucht te worden overgedragen. Deze massa kan het wandmateriaal van de warmtewisselaar of een poreus materiaal zijn, waar doorheen afwisselend de eerste of tweede stroom wordt geleid (Warmtewisselaars, z.j.).

### 2.3.2 Voor- en nadelen

Tabel 3 geeft een overzicht van alle voor- en nadelen van zowel een decentraal ventilatiesysteem als van een klassiek ventilatiesysteem D.

*Tabel 3: Voor- en nadelen van een decentraal ventilatiesysteem en een ventilatiesysteem D*

| Decentraal ventilatiesysteem                                            |                                              | Systeem D                                     |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Voordelen                                                               | Nadelen                                      | Voordelen                                     | Nadelen                                             |
| Gemakkelijk te installeren, ook bij renovatie (geen luchtkanalen nodig) | Enkel te plaatsen in buitenmuur of raamkader | By-pass (indien aanwezig)                     | Netwerk aan luchtkanalen noodzakelijk               |
| Gemakkelijk in onderhoud, filters zijn gemakkelijk bereikbaar           | Mogelijk verlies aan glasoppervlakte         | Filters moeten op één plaats vervangen worden | Onderhoud en inspectie van luchtkanalen             |
| Geen geluidsoverdracht tussen kamers                                    | Geen echte by-pass                           | Grotere warmtewisselaar                       | Moeilijk te installeren bij renovatie               |
| Bediening per kamer mogelijk                                            | Geringe overdracht van buitengeluiden        |                                               | Noodzakelijke kalibratie van de debieten per ruimte |
| Eenvoudige "free-cooling" (nachtkoeling)                                | Geluidsproductie                             |                                               | Geluidsoverdracht tussen ruimtes                    |
| Voorgekalibreerde debieten                                              |                                              |                                               | Moeilijke regeling per ruimte                       |
| Efficiëntie van de units is onafhankelijk en constant                   |                                              |                                               | Efficiëntieverlies door de luchtkanalen             |
| Geen valse plafonds nodig                                               |                                              |                                               |                                                     |

### 2.4 Beoordelingscriteria

Bij het onderzoeken van de prestaties van verschillende decentrale ventilatie-units, kan gekeken worden naar enkele belangrijke parameters zoals thermisch comfort, tochtverschijnselen, ventilatie efficiëntie, geluidsproductie en energieverbruik.

### 2.4.1 Thermisch comfort

In de norm NBN EN ISO 7730 wordt de thermische behaaglijkheid bepaald door het globale en het plaatselijke thermisch comfort. Het globaal comfort wordt bepaald op basis van PMV (*Predicted Mean Vote*) en PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*). Het plaatselijke thermisch comfort wordt bestudeerd aan de hand van de *draught rate* (DR). Afhankelijk van het gewenste thermische comfort geeft de norm maximum waarden voor deze parameters in drie verschillende categorieën, A, B en C, zoals weergegeven wordt in tabel 4 (NBN EN ISO 7730, 2006).

Tabel 4: Comfortcategorieën (NBN EN ISO 7730, 2006)

| Categorie | Thermische toestand van het gehele lichaam |                           | Lokaal thermisch comfort |
|-----------|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|           | PPD [%]                                    | PMV [-]                   | DR [%]                   |
| A         | < 6                                        | $-0,2 < \text{PMV} < 0,2$ | < 10                     |
| B         | < 10                                       | $-0,5 < \text{PMV} < 0,5$ | < 20                     |
| C         | < 15                                       | $-0,7 < \text{PMV} < 0,7$ | < 30                     |

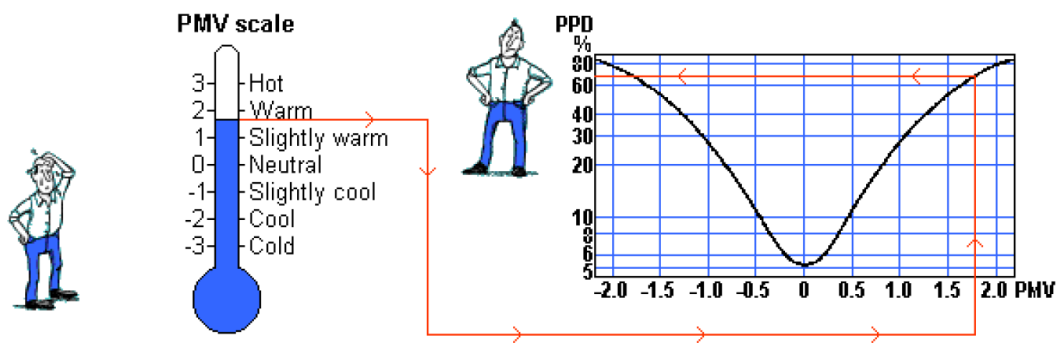
De PMV en PPD drukken thermisch ongemak uit voor het lichaam als geheel, maar thermisch ongemak kan ook worden veroorzaakt door ongewenste afkoeling of verwarming van bepaalde delen van het lichaam. Dit wordt lokaal thermisch discomfort genoemd en wordt meestal veroorzaakt door tocht. Het thermisch discomfort als gevolg van tocht wordt in de norm ISO 7730 beschreven met de *draught rate* (DR) (NBN EN ISO 7730, 2006). Deze parameter is het percentage van de bewoners dat hinder ondervindt van tocht.

In het algemeen geldt dat er geen tocht mag optreden in de leefzone (dat is het gedeelte van de ruimte vanaf 1 m van de buitengevel; 0,1 m boven de vloer; 0,2 m van een binnenwand en tot 1,8 m boven de vloer) (Valk, 2007). In de norm NBN D 50-001 wordt de woonzone gedefinieerd als de zone begrensd door de vloer, een horizontaal vlak op 2 m boven de vloer en oppervlakten evenwijdig met de verticale of hellende wanden van de kamer, op 0,75 m van de buiten- en binnenwanden (NBN D 50-001, 1991). Wanneer andere bronnen geraadpleegd worden, wordt de *occupied zone* opnieuw anders gedefinieerd. In de Amerikaanse norm, ASHRAE 55, is de definitie als volgt: tussen de vloer en 1,8 m boven de vloer, ongeveer 1 m van een buitenraam en 0,3 m verwijderd van een binnenmuur. Ondanks deze verschillende definities van de verblijfsruimte, blijkt in praktijk dat bewoners ook thermisch comfort verwachten in de eerste meter achter de gevel (Valk, 2007).

In Amerika wordt gebruik gemaakt van de air diffusion performance index (ADPI), volgens ASHRAE standard 113, om het thermisch comfort in de ruimte te bepalen. Deze index geeft het volume waar comfort heerst weer ten opzichte van het totale volume.

#### 2.4.1.1 Globaal thermisch comfort

Het thermisch comfort kan volgens de methode van Fanger uitgedrukt worden in PMV, wat in relatie staat met een percentage ontevreden bewoners (PPD), zoals gedefinieerd in ISO 7730 en voorgesteld op onderstaande figuur 6. Omdat mensen thermisch comfort verschillend ervaren, kan de PPD onmogelijk gelijk zijn aan 0 (Roijen, 2009).



Figuur 6: Behaaglijkheidskromme (Thermal comfort, 1997)

De PMV is de index die weergeeft in welke mate de bewoners warmte of koude ervaren in een ruimte en kan berekend worden met behulp van de onderstaande formules 1 t.e.m. 4.

$$PMV = [0,303 \cdot e^{(-0,036 \cdot M)} + 0,028] \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - T_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(T_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (T_{cl} - T_a)\} \quad (1)$$

$$T_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(T_{cl} + 273)^4 - (T_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (T_{cl} - T_a)\} \quad (2)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0,25} & \text{als } 2,38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_a} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_a} & \text{als } 2,38 \cdot |T_{cl} - T_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_a} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 \cdot I_{cl} & \text{als } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} & \text{als } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases} \quad (4)$$

Op basis van de PMV kan het percentage ontevreden bewoners (PPD) berekend worden met de volgende formule:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)} \quad (5)$$

#### 2.4.1.2 Lokaal thermisch comfort

Zoals eerder vermeld werd, wordt lokaal thermisch discomfort meestal veroorzaakt door tocht. Om tochtverschijnselen in beeld te brengen, wordt de *draught rate* (DR) gebruikt. De DR is het percentage ontevreden bewoners als gevolg van tochtverschijnselen en wordt als volgt berekend (merk op dat deze vergelijking geen onderscheid maakt tussen de tochtrichtingen) (Roijen, 2009):

$$DR = (34 - T_a) \cdot (v_a - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot Tu \cdot v_a + 3,14) \quad (6)$$

De meest gebruikte comfortcategorie volgens de norm ISO 7730 is categorie B. In deze categorie moet de DR beperkt worden tot 20%.

Tocht wordt meestal waargenomen op de ongeklede delen van het menselijk lichaam, zoals bijvoorbeeld aan de enkels en in de hals (Fanger et al., 1988). De enkels bevinden zich meestal ongeveer 0,1 m boven de vloer. De hoogte waarop de hals zich bevindt bij zittende personen is gemiddeld 1,1 m, voor staande personen is dit gemiddeld 1,7 m (Chao & Wan, 2004). Op deze hoogtes zal de DR dus beperkt moeten worden tot 20%.

#### 2.4.1.3 Air diffusion performance index

In de Amerikaanse ASHRAE standard 113 wordt de *air diffusion performance index* (ADPI) gebruikt om het thermisch comfort in de ruimte te bepalen. Om de ADPI te bepalen, moet gekeken worden naar de *effective draft temperature* ( $T_{ed}$ ) en de luchtsnelheid. De  $T_{ed}$  is, in tegenstelling tot DR, onafhankelijk van de turbulentie-intensiteit en wordt uitgedrukt in K. Vergelijking 7 toont de berekening van  $T_{ed}$ .

$$T_{ed} = (T_a - T_c) - 8 * (v_a - 0,15) \quad (7)$$

De ADPI is de verhouding tussen het volume waar comfort heerst ten opzichte van het totaal volume (leefzone). Comfort is gedefinieerd als  $-1,5 \text{ K} < T_{ed} < 1 \text{ K}$  en  $v_a < 0,35 \text{ m/s}$ . De ADPI is dus geen grootheid die een lokale toestand in de ruimte beschrijft, maar weergeeft welke fractie van de leefzone als comfortabel ervaren wordt. De globale beoordeling van het comfort op basis van de ADPI gebeurt als volgt:

- ADPI < 0,7:        slecht comfort
- 0,7 < ADPI < 0,9:    acceptabel comfort
- ADPI > 0,9:        zeer goed comfort

#### 2.4.1.4 Meetraster

Samengevat geldt dat volgende parameters bepaald moeten worden (in de leefzone) om het thermisch comfort in de ruimte te beoordelen voor de verschillende decentrale ventilatie-units:

- PMV en PPD
- Draught rate (DR)
- ADPI

Hierbij is het belangrijk een meetraster te definiëren. Hiervoor zijn drie verschillende normen beschikbaar: de NBN EN 13141-1, de NEN 1087 en de NBN EN ISO 7726. Elk beschrijven ze een licht van elkaar afwijkend meetraster. Om de DR op een juiste manier te analyseren moeten er zich op de volgende hoogtes zeker meetpunten bevinden: op 0,1 m boven het vloeroppervlak (zone waar de enkels zich bevinden), op 1,1 m (zwaartepunt staande personen en ademhalingszone zittende personen) en op 1,7 m (ademhalingszone staande personen).

Als er wordt uitgegaan van een comfortcategorie B volgens ISO 7730, geldt er dat op elk van de punten van het beschouwde meetraster aan volgende eisen voldaan moet zijn of dat op zijn minst de verschillende toestellen op deze manier met elkaar vergeleken kunnen worden:

- PPD  $< 10\%$  ( $-0,5 < PMV < 0,5$ )
- Draught rate (DR)  $< 20\%$  op een hoogte van 0,1 m, 1,1 m en 1,7 m
- ADPI  $> 0,8$

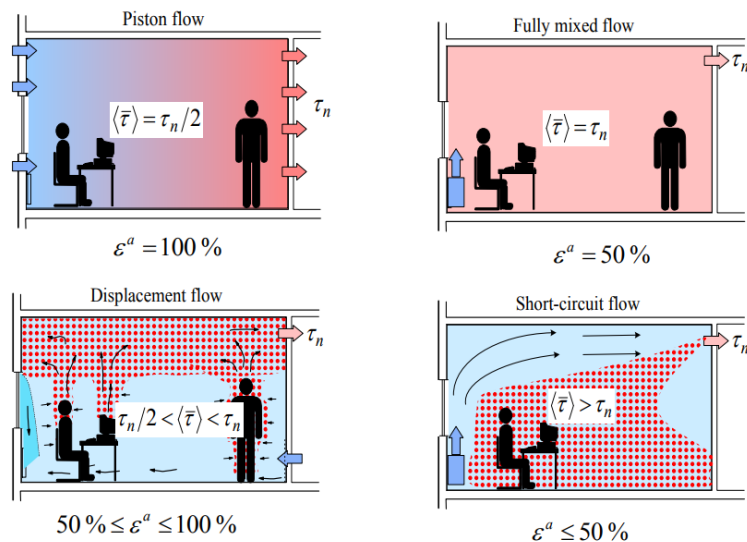
#### 2.4.2 Ventilatie-efficiëntie

De ventilatie-efficiëntie of -effectiviteit van een concept kan bepaald worden door de gemiddelde *age of air* op een punt te bepalen. Dit is een statistisch concept en kan bepaald worden in de klimaatkamer door een tracergas test uit te voeren. De *age of air* wordt berekend vanaf het punt dat de lucht de ruimte binnenkomt. Omdat de lucht op een bepaald punt een mengsel is van deeltjes die elk een verschillende tijd doorgebracht hebben in de ruimte, wordt per punt de gemiddelde *age of air* bepaald. Deze waarde geeft een indicatie van de luchtkwaliteit. In het geval van perfecte menging zal de *age of air* op elk punt gelijk zijn (Mundt et al., 2004).

Om aan te geven hoe snel de lucht in de ruimte vervangen wordt in vergelijking met de theoretisch snelste manier om de lucht uit de ruimte te verwijderen is de *air change efficiency* ( $\varepsilon_a$ ) gedefinieerd (Mundt et al., 2004).

$$\varepsilon_a = \frac{\tau_n}{\tau_{exe}} = \frac{\tau_n}{2 \cdot \langle \tau \rangle} \quad (8)$$

Verschillende stromingstypes zijn voorgesteld op figuur 7 en in tabel 5 is de corresponderende *air change efficiency* weergegeven (Mundt et al., 2004).



Figuur 7: Gemiddelde age of air ( $\langle \tau \rangle$ ) en nominale tijdsconstante ( $\tau_n$ ) voor verschillende stromingspatronen (Mundt et al., 2004)

Tabel 5: Air change efficiency ( $\epsilon_a$ ) voor verschillende stromingspatronen (Mundt et al., 2004)

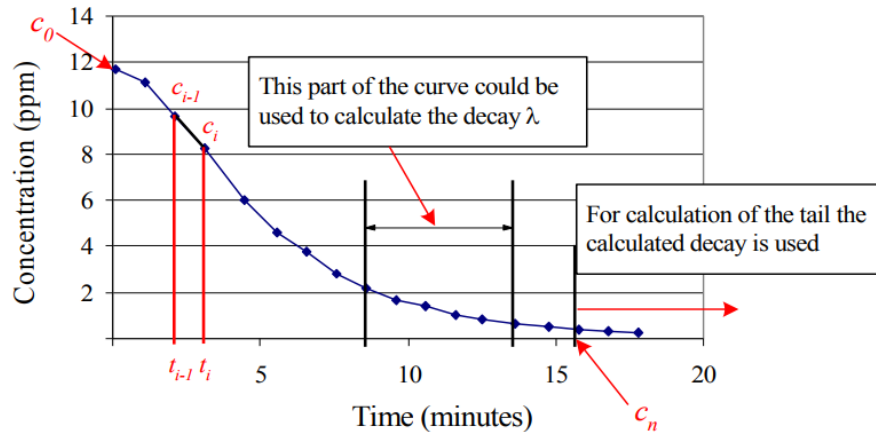
| Stromingspatroon   | Air change efficiency ( $\epsilon_a$ ) |
|--------------------|----------------------------------------|
| Ideal piston flow  | 100%                                   |
| Displacement flow  | $50\% < \epsilon_a < 100\%$            |
| Fully mixed flow   | 50%                                    |
| Short-circuit flow | $< 50\%$                               |

In het algemeen geldt dat op weloverwogen gekozen punten een *air change efficiency* ( $\epsilon_a$ ) bepaald wordt opdat de ventilatie-efficiëntie van verschillende concepten met elkaar vergeleken zou kunnen worden. Deze moet bij voorkeur  $\geq 50\%$  zijn.

Volgens de norm ISO/DIS 12569 bestaan er drie verschillende soorten tracergas tests, namelijk de concentratieverval methode (*concentration decay method*), de continue dosis methode (*continous dose method*) en de constante concentratie methode (*constant concentration method*) (ISO/DIS 12569, 2016). Van deze drie methoden wordt de *concentration decay method* het meeste gebruikt om de ventilatie efficiëntie te bepalen. Deze methode wordt veeltijds toegepast omdat de uitvoering ervan eenvoudig is en omdat, in vergelijking met de andere methoden, slechts een kleine hoeveelheid tracergas nodig is (Cui et al., 2015). Om de nominale tijdsconstante ( $\tau_n$ ) en de gemiddelde *age of air* ( $\langle \tau \rangle$ ) te berekenen, kan gebruikt gemaakt worden van de vergelijkingen 9 en 10 op basis van het gewogen gemiddelde oppervlak onder de vervalcurve (Mundt et al., 2004).

$$\tau_n = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} * (t_i - t_{i-1}) \right] + \frac{c_n}{\lambda}}{c_0} \quad (9)$$

$$\langle \tau \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} * (t_i - t_{i-1}) * \frac{t_i + t_{i-1}}{2} \right] + \frac{c_n}{\lambda} * \left[ \frac{1}{\lambda} + t_n \right]}{\sum_{i=1}^{i=n} \left[ \frac{c_i + c_{i-1}}{2} * (t_i - t_{i-1}) \right] + \frac{c_n}{\lambda}} \quad (10)$$



Figuur 8: Voorbeeld vervalkromme ter verduidelijking van vergelijkingen 9 en 10 (Mundt et al., 2004)

### 2.4.3 Akoestisch comfort

De Belgische norm, NBN S 01-400-1, geeft maximumwaarden op voor het gestandaardiseerde installatielawaai ( $L_{A_{\text{instal},nT}}$ ) in ruimten waar lawaaiproducerende systeemcomponenten van de mechanische ventilatie opgesteld staan (NBN S 01-400-1, 2008). Het betreft met andere woorden grenswaarden voor het geluidsniveau in zowel ruimten die mechanisch geventileerd worden (extractie- en/of pulsieventielen) als in technische ruimten met installaties voor de mechanische ventilatie (bv. ventilatoren) (Wuyts, 2010). Tabel 6 geeft voor verschillende ruimtes de maximale geluidsniveaus voor normaal en verhoogd akoestisch comfort.

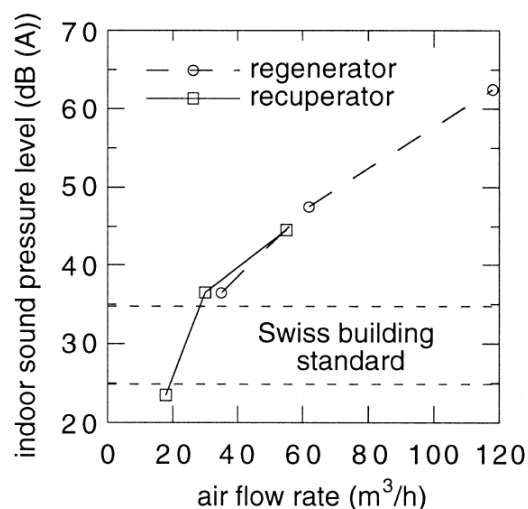
Tabel 6: Maximale geluidsniveaus vanwege de mechanische ventilatie (Wuyts, 2010)

| Meetruimte                                                               | Normaal akoestisch comfort<br>$L_{A_{\text{instal},nT}}$ [dB] | Verhoogd akoestisch comfort<br>$L_{A_{\text{instal},nT}}$ [dB] |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Badkamer / WC                                                            | $\leq 35$                                                     | $\leq 30$                                                      |
| Keuken                                                                   | $\leq 35$                                                     | $\leq 30$                                                      |
| Woonkamer, studeerruimte                                                 | $\leq 30$                                                     | $\leq 27$                                                      |
| Slaapkamer                                                               | $\leq 27$                                                     | $\leq 25$                                                      |
| Technische ruimten met ventilatie-installaties voor maximaal 10 woningen | $\leq 75$                                                     | $\leq 75$                                                      |
| Technische ruimten met ventilatie-installaties voor meer dan 10 woningen | $\leq 85$                                                     | $\leq 85$                                                      |

Doordat het oor niet voor alle frequenties even gevoelig is, is het gewone lineair gemeten geluidsdrukniveau geen goede maat voor de ondervonden hinder van een bepaald geluid. Een veel betere hindermaat wordt verkregen indien het meetinstrument waarmee wordt gemeten niet alle frequenties even sterk meetelt. Dit wordt bereikt door het instrument te voorzien van een filter dat qua vorm de karakteristiek van ons gehoorzintuig benadert. De gemeten niveaus met een ingeschakelde filter worden gewogen niveaus genoemd. Er is op het signaal een frequentie-afhankelijke weging toegepast (Weegcurven; z.j.).

Er zijn vier genormeerde filters voor de weging van geluid beschikbaar die als A-, B-, C- en D-filter worden aangeduid. Niveaus met deze filters gemeten, geeft men aan met dB(A), dB(B), dB(C) en dB(D) (Weegcurven: A-, B-, C- en D-weging van niveaus, 2017). De A-filter wordt het meest gebruikt wanneer het geluidsniveau beperkt is ( $< 100$  dB). Als het geluid erg hard is (100 dB of meer), dan is de ervaring van de "luidheid" constanter over het hoorbare frequentiegebied (het filter is dan vlakker). In dat geval is het gebruik van een B-, C- of D-filter aangewezen (Decibelometers, z.j.).

In een eerder onderzoek, naar onder andere de geluidsproductie van decentrale ventilatie-units in Zwitserland, werd vastgesteld dat vanaf een debiet van ongeveer  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  de (Zwitserse) norm niet meer gehaald werd (Manz et al., 2000). De resultaten van dit onderzoek zijn te zien in figuur 9.



*Figuur 9: Verwacht geluidsniveau in een slaapkamer (Manz et al., 2000)*

#### 2.4.4 Energieverbruik

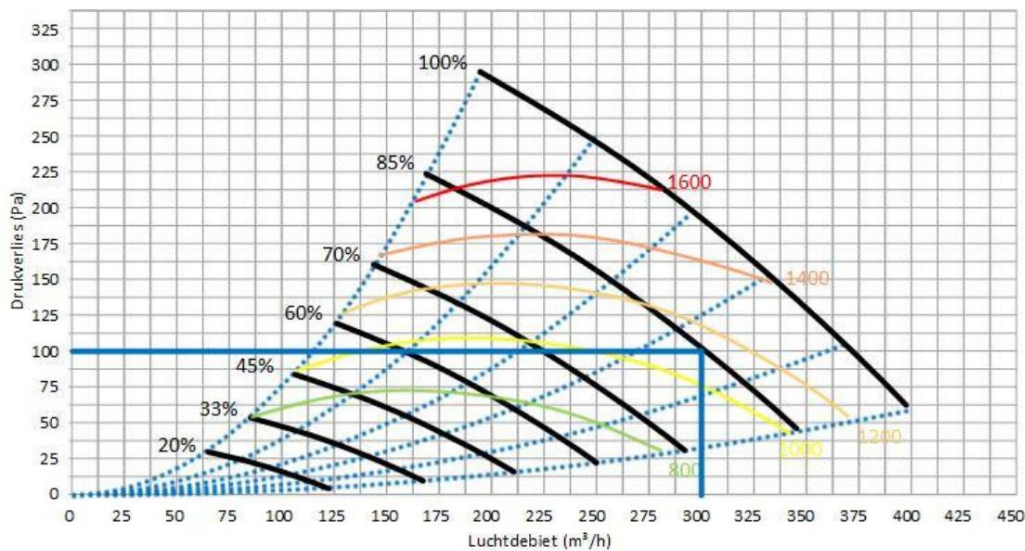
Het energieverbruik van ventilatoren bij mechanische ventilatie (B, C of D) wordt beïnvloed door de volgende factoren: het te leveren debiet, het te overwinnen drukverschil in het kanalenet en het rendement van de combinatie ventilator-motor (Ventilatie, 2010). Het energieverbruik van een decentrale ventilatie-unit zal slechts een fractie zijn van dat van een traditioneel systeem D, omdat het toestel een kleiner debiet levert en geen drukverschil in een kanalenet moet overwinnen. Anderzijds moeten er natuurlijk meerdere decentrale units geplaatst worden om hetzelfde ventilatiedebiet te bereiken als een traditioneel systeem D. Gemiddeld gezien zijn er acht ventilatie-units nodig per woning om aan de norm te voldoen (Provent D-luxe, 2013).

Het verbruik van een centraal ventilatiesysteem D kan heel eenvoudig, maar allesbehalve juist, berekend worden door het vermogen per ventilator te vermenigvuldigen met het aantal uren in een jaar. Een normaal ventilatiesysteem wordt echter nooit een volledig jaar op maximale capaciteit gebruikt. Het juiste verbruik hangt af van verschillende factoren, zoals bijvoorbeeld: het aantal uren dat het systeem op maximale of verminderde capaciteit werkt, de tegendruk veroorzaakt door het kanalenet (grote diameters en weinig bochten t.o.v. kleine diameters en veel bochten) en het specifieke ventilatievermogen. Het specifieke ventilatievermogen, *specific fan power* (SFP), is het vermogen dat nodig is om een hoeveelheid lucht te verplaatsen (zie vergelijking 11). Hoe lager het specifieke ventilatievermogen, hoe energiezuiniger de ventilator is (Camps, 2014).

$$SFP = \frac{P}{q_v} * 3600 \quad (11)$$

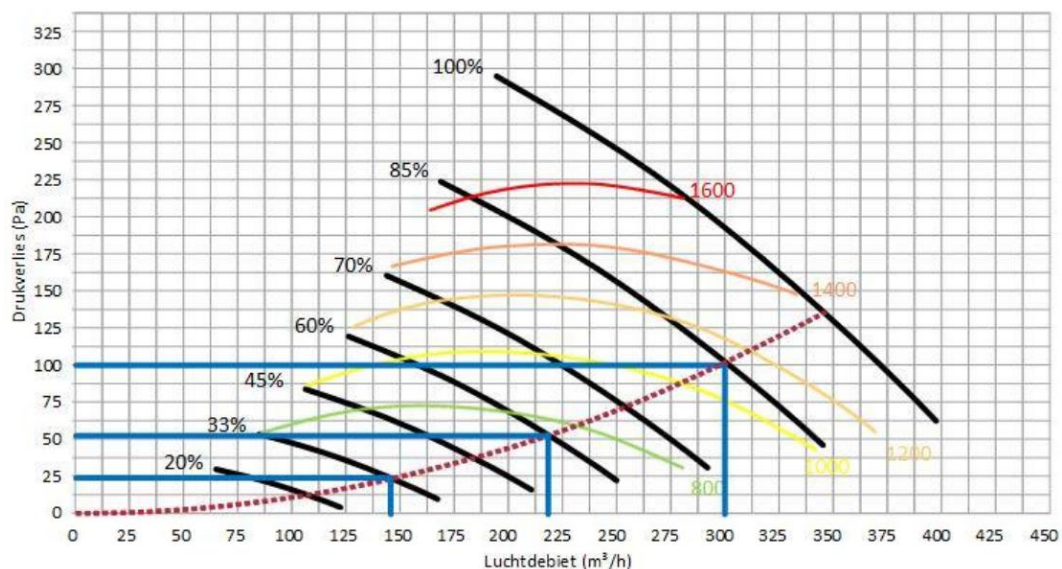
##### 2.4.4.1 Voorbeeldberekening energieverbruik centraal ventilatiesysteem D

Hieronder volgt een voorbeeld om het energieverbruik van een centraal ventilatiesysteem D met lage systeemdruk (100 Pa bij 300 m<sup>3</sup>/h) te berekenen. Op de onderstaande grafiek wordt horizontaal het debiet opgenomen en verticaal de druk die de ventilator kan opbouwen. De zwarte lijnen zijn de ventilatorkarakteristieken en de blauwe stippenlijnen de systeemkarakteristieken. De gekleurde lijnen zijn de specifieke ventilatievermogens (Camps, 2014).



Figuur 10: Specifiek ventilatievermogen bij 300 m³/h en een systeemdruk van 100 Pa (Camps, 2014)

Uit bovenstaande grafiek kan afgeleid worden dat het specifieke ventilatievermogen ongeveer 1100 J/m³ bedraagt wanneer het systeem 300 m³/h moet leveren bij een systeemdruk van 100 Pa. Met deze gegevens kan het werkelijke vermogen van één ventilator bepaald worden, namelijk  $(300 \text{ m}^3/\text{h} \times 1100 \text{ J/m}^3) / 3600 \text{ s/h} = 91 \text{ Watt}$ . Het toestel zal in dit geval op 85% van de maximale capaciteit gebruikt worden. Als datzelfde toestel in dezelfde installatie (m.a.w. de systeemkarakteristiek blijft dezelfde) op 60% en 33% van zijn maximale capaciteit gebruikt zal worden, dan zijn de overeenkomende specifieke ventilatorvermogens ongeveer 750 J/m³ en 550 J/m³. Het resulterende vermogen bij die gevallen is dan ongeveer 45 Watt en ongeveer 22 Watt (de debieten zijn ook anders) (Camps, 2014).



Figuur 11: Specifieke ventilatievermogens bij een capaciteit van 85%, 60% en 33% (Camps, 2014)

Als ervan uitgegaan wordt dat het ventilatiesysteem 100 uren per jaar op een capaciteit van 85% werkt, 1000 uren per jaar op een capaciteit van 60% en 7660 uren per jaar op een capaciteit van 33%, dan zal het energieverbruik 445,2 kWh/jaar bedragen (Camps, 2014). Om de kost aan elektriciteit voor

de ventilatie te berekenen, moet het jaarverbruik (in kWh) vermenigvuldigd worden met de eenheidskostprijs per kWh. In september 2016 bedroeg deze eenheidsprijs voor een gezin van 3 personen met een gemiddeld verbruik €0,27 per kWh (Elektriciteitsprijzen, 2016).

Als er gerekend wordt met deze eenheidsprijs, dan bedraagt de jaarlijkse elektriciteitskost voor dit ventilatiesysteem €120,20.

*Tabel 7: Voorbeeldberekening jaarlijkse elektriciteitskost centraal ventilatiesysteem D*

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 100 uren x 91 W x 2           | 18,2 kWh     |
| 1000 uren x 45 W x 2          | 90 kWh       |
| 7660 uren x 22 W x 2          | 337 kWh      |
| <b>Totaal energieverbruik</b> | 445,2 kWh    |
| <b>Totale energiekost*</b>    | €120,20/jaar |

*\* Eenheidsprijs elektriciteit: €0,27/kWh*

### 3 Probleemstelling

Een groot nadeel van een klassiek, centraal ventilatiesysteem D zijn de ventilatiekanalen die in de woning verwerkt moeten worden en soms veel plaats innemen. Bij een nieuwbouwwoning kan in de ontwerpfase rekening gehouden worden met deze kanalen, maar bij een grondige renovatie is een verlies aan binnenruimte bijna niet uit te sluiten. Als mogelijk alternatief komen steeds meer kleine, lokale, kanaalloze systemen op de markt, dikwijls met ingebouwde warmtewisselaar. Deze systemen worden ook decentrale ventilatie-units genoemd. De prestaties van dergelijke systemen worden meestal beoordeeld op basis van de gemeten effectiviteit van de warmtewisselaar, maar over het luchtstroompatroon dat in de ruimte ontstaat bij gebruik van deze systemen en de daaraan gerelateerde luchtkwaliteit is weinig bekend.

### 4 Doelstelling

In dit onderzoek worden een aantal testopstellingen met decentrale ventilatie-units gebouwd in een klimaatkamer uitgerust met sensoren die de luchttemperatuur en –snelheid in de kamer meten. Aan de hand van deze gegevens kan het thermisch comfort en luchtstroom patroon in kaart gebracht worden.

Daarnaast zal aan de hand van een tracergas test de ventilatie-efficiëntie van de verschillende toestellen bepaald kunnen worden.

Tot slot zal ook de geluidsproductie en het energieverbruik van deze systemen onderzocht worden.

## 5 Methodologie

Tijdens het onderzoek zullen drie verschillende decentrale ventilatie-units onderzocht worden. De toestellen zullen elk afzonderlijk opgesteld worden in de klimaatkamer en getest worden bij temperatuurverschillen (d.i. het verschil tussen binnen- en buitentemperatuur) van 0°C en 20°C. In de klimaatkamer kan ook eenvoudig een tracergas gelost worden om de ventilatie-efficiëntie van de toestellen te onderzoeken.

### 5.1 Onderzochte ventilatie-units

De toestellen die onderzocht werden zijn: Endura Twist van Renson, Provent D-luxe van Profel en Tempero eco 150 ceram van O.ERRE. Alle toestellen zijn uitgerust met een warmtewisselaar, maar de werking van deze warmtewisselaar in de provent D-luxe verschilt van de andere twee toestellen. De Provent D-luxe is uitgerust met een recuperatieve warmtewisselaar terwijl de andere toestellen gebruik maken van een regeneratieve warmtewisselaar. Een ander belangrijk verschil tussen de verschillende toestellen is de plaats waar ze gemonteerd worden. De Endura Twist werd namelijk ontworpen om ingebouwd te worden in het schrijnwerk van ramen, terwijl de Tempero eco 150 ceram werd ontworpen om ingebouwd te worden in de buitenmuren. Bij de Provent D-luxe kan zowel gekozen worden voor een montage in het schrijnwerk, als voor een montage in een buitenmuur.

#### 5.1.1 Endura Twist

De Endura Twist is een decentraal ventilatiesysteem met warmteterugwinning ontwikkeld door Renson. De lucht passeert over een warmte-uitwisselend element (de regenerator). Op geregelde tijdstippen (30 sec.) wordt de richting van de luchtstroom door het warmte-uitwisselend element omgekeerd (zie figuur 12). Als de lucht van binnen naar buiten door het warmte-uitwisselend element stroomt, wordt de warmte uit de binnenlucht deels opgeslagen in het element. Als nadien de luchtstroom omkeert (van buiten naar binnen), wordt deze opgeslagen warmte afgegeven en treedt opwarming van de buitenlucht op.

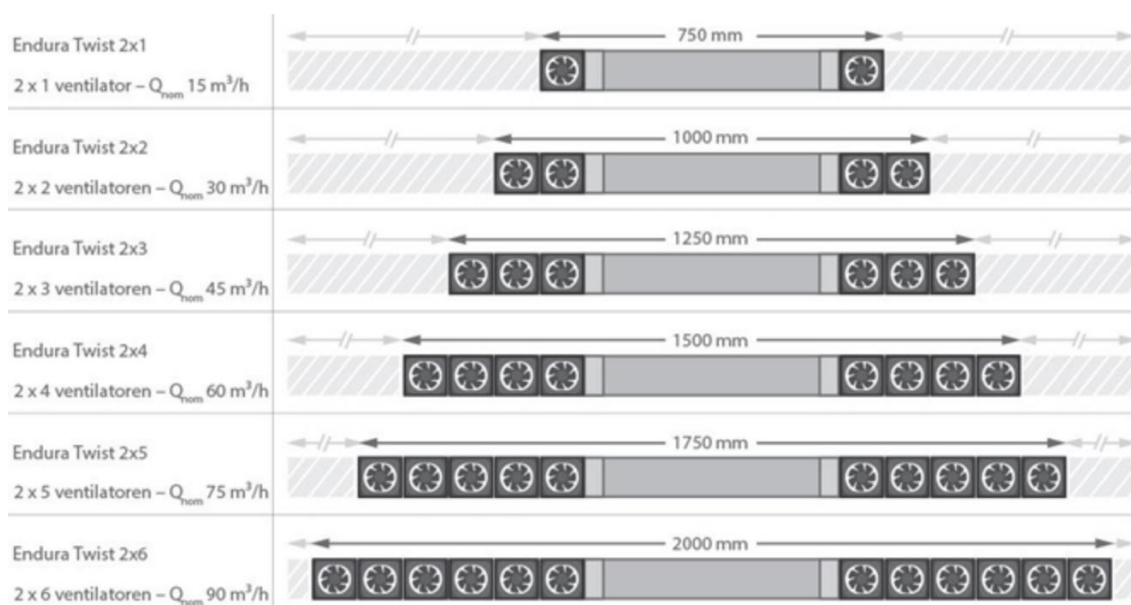


*Figuur 12: Voorstelling alternerende werking Endura Twist (Endura Twist, z.j.)*

Om steeds toe- en afvoer van lucht te hebben, gebeurt de warmteterugwinning via een dubbele module. Elke module kan uit één tot zes ventilatoren bestaan, naar gelang het debiet dat gerealiseerd moet kunnen worden (zie figuur 13). Als geen warmteterugwinning gewenst is, wordt de alternerende werking van het toestel automatisch uitgeschakeld. De Endura Twist kan in de breedte bovenop het raam of in de hoogte naast het raam worden gemonteerd. Desgewenst kunnen filters in het toestel gemonteerd worden (G3 of F7).

Tabel 8: Debieten en afmetingen voor verschillende uitvoeringsvormen

|            | $Q_{\min}$           | $Q_{\text{nom}}$     | $Q_{\max}$            | Tussenafstand | Min. bestelmat |
|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|---------------|----------------|
| <b>2x1</b> | 6 m <sup>3</sup> /h  | 15 m <sup>3</sup> /h | 30 m <sup>3</sup> /h  | 457 mm        | 750 mm         |
| <b>2x2</b> | 12 m <sup>3</sup> /h | 30 m <sup>3</sup> /h | 60 m <sup>3</sup> /h  | 457 mm        | 1.000 mm       |
| <b>2x3</b> | 18 m <sup>3</sup> /h | 45 m <sup>3</sup> /h | 90 m <sup>3</sup> /h  | 457 mm        | 1.250 mm       |
| <b>2x4</b> | 24 m <sup>3</sup> /h | 60 m <sup>3</sup> /h | 120 m <sup>3</sup> /h | 457 mm        | 1.500 mm       |
| <b>2x5</b> | 30 m <sup>3</sup> /h | 75 m <sup>3</sup> /h | 150 m <sup>3</sup> /h | 457 mm        | 1.750 mm       |
| <b>2x6</b> | 36 m <sup>3</sup> /h | 90 m <sup>3</sup> /h | 180 m <sup>3</sup> /h | 457 mm        | 2.000 mm       |



Figuur 13: Modulariteit Endura Twist (Endura Twist, z.j.)

Bij de Endura Twist kan gekozen worden uit acht instellingen, namelijk: auto, auto silent, closed, natural ventilation, constant alternating, constant non alternating, all in en all out. De instelling waarin het toestel zich bevindt, bepaalt de stand van de inwendige stappenmotoren en ventilatoren. In de continu alternerende modus (constant alternating mode) wordt de richting van de luchtstroom over de regeneratoren altijd om de 30 sec. gewisseld, ongeacht de gemeten temperaturen.

Het toestel dat getest zal worden bevat 2x2 modules en kan dus een maximaal debiet leveren van 60 m<sup>3</sup>/h. In de auto mode kan het toestel afslaan als de buitentemperatuur te laag wordt (< 5°C), daarom zal er steeds getest worden in de continu alternerende modus. Het toestel zal getest worden voor ventilatiedebieten van 30 m<sup>3</sup>/h en 60 m<sup>3</sup>/h en bij temperatuurverschillen van 0°C en 20°C.

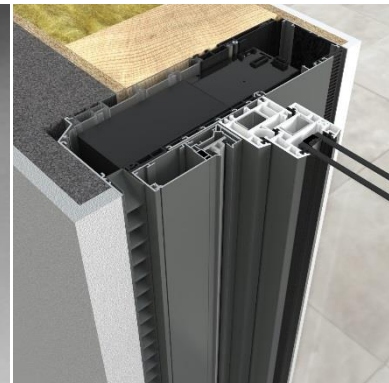
Figuren 14 tot en met 16 tonen de verschillende installatie mogelijkheden van de Endura Twist. Bij toestellen die bovenop het raam gemonteerd worden kan gekozen worden tussen een inblaasrichting verticaal naar boven (figuur 14) of verticaal naar onder (figuur 15). Beide mogelijkheden zullen getest en vergeleken worden. Daarnaast bestaat ook de mogelijkheid om het ventilatietoestel aan de zijkant van het raam te plaatsen, maar deze opstelling zal niet onderzocht worden.



*Figuur 14: Inblaasrichting naar onder (Endura Twist, z.j.)*



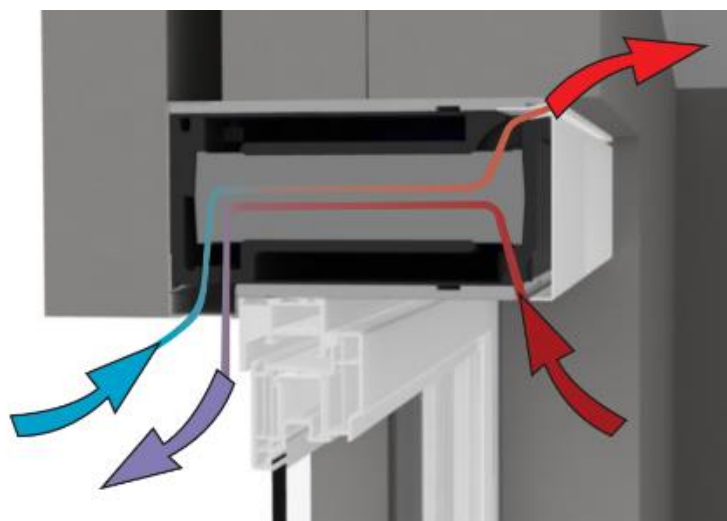
*Figuur 15: Inblaasrichting naar boven (Endura Twist, z.j.)*



*Figuur 16: Inbouw naast het raam (Endura Twist, z.j.)*

### 5.1.2 Provent D-luxe

Profel, een producent van ramen en deuren, heeft samen met Airria, een innovatieve spin-off van de Luikse universiteit, dit decentraal ventilatiesysteem met warmterecuperatie ontwikkeld. De recuperatieve kruisstroom warmtewisselaar blaast verse lucht in, terwijl vervuilde binnenlucht naar buiten wordt gezogen. De verse buitenlucht wordt voorverwarmd, met de warmte van de afgezogen binnenlucht, voordat ze de ruimte wordt ingeblazen. Op onderstaande figuur 17 is te zien dat de binnenlucht langs onder wordt aangezogen, terwijl de opgewarmde buitenlucht tegelijkertijd langs boven horizontaal de ruimte wordt ingeblazen. De provent D-luxe kan in de breedte bovenop het raam gemonteerd worden, maar door gebruik te maken van een andere omkasting is het ook mogelijk dat hetzelfde type toestel ingebouwd wordt in een buitenmuur.



*Figuur 17: Doorsnede Provent D-luxe (raamtoestel) (Airria, 2014)*

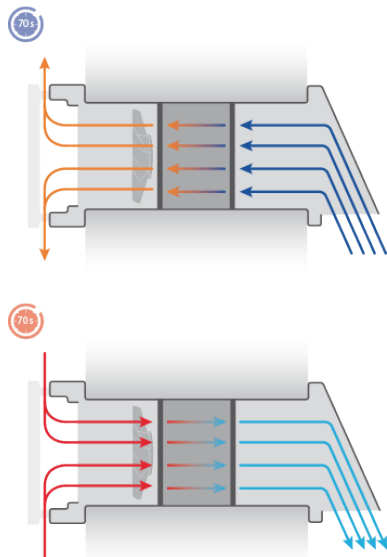
Het toestel heeft vijf verschillende ventilatiestanden met debieten die variëren van 15 m<sup>3</sup>/h t.e.m. 75 m<sup>3</sup>/h (zie tabel 9). Er kan op elk moment gewisseld worden tussen simple flow mode en double flow mode. In simple flow mode wordt er ofwel enkel vervuilde lucht aangezogen (extractie) ofwel verse lucht toegevoerd (pulsie). In double flow mode vindt er tegelijkertijd pulsie en extractie plaats. Voor dit onderzoek werd het toestel enkel gebruikt in double flow mode met ventilatiedebieten van 36 m<sup>3</sup>/h en 50 m<sup>3</sup>/h.

*Tabel 9: Ventilatie-niveaus Provent D-luxe (Airria, 2014)*

| Level    | Flow [m <sup>3</sup> /h] |
|----------|--------------------------|
| <b>1</b> | <b>15</b>                |
| <b>2</b> | <b>25</b>                |
| <b>3</b> | <b>36</b>                |
| <b>4</b> | <b>50</b>                |
| <b>5</b> | <b>75</b>                |

### 5.1.3 Tempero eco 150 ceram

Dit type van decentrale ventilatie met warmteterugwinning werd ontwikkeld door het Italiaanse bedrijf O.ERRE. Het toestel is uitgerust met een keramisch warmte-uitwisselend element (regenerator), waarbij de richting van de luchtstroom elke 70 seconden wisselt over het element. Net als bij de Endura Twist zal de warmte uit de binnenlucht deels opgeslagen worden in het warmte-uitwisselend element als de lucht van binnen naar buiten stroomt. Als de lucht nadien van buiten naar binnen stroomt, zal de buitenlucht opgewarmd worden door het warmte-uitwisselend element. In tegenstelling tot de Endura Twist is de Tempero eco 150 ceram uitgerust met slechts één ventilator, waardoor er niet gelijktijdig pulsie en extractie plaatsvindt (zie figuur 18). Het debiet van dit toestel kan ingesteld worden op 30 m<sup>3</sup>/h, 45 m<sup>3</sup>/h of 60 m<sup>3</sup>/h. Om dit toestel te kunnen vergelijken met de andere toestellen op vlak van thermisch comfort, ventilatie-efficiëntie en akoestisch comfort, zal er enkel getest worden met debieten van 30 m<sup>3</sup>/h en 60 m<sup>3</sup>/h.



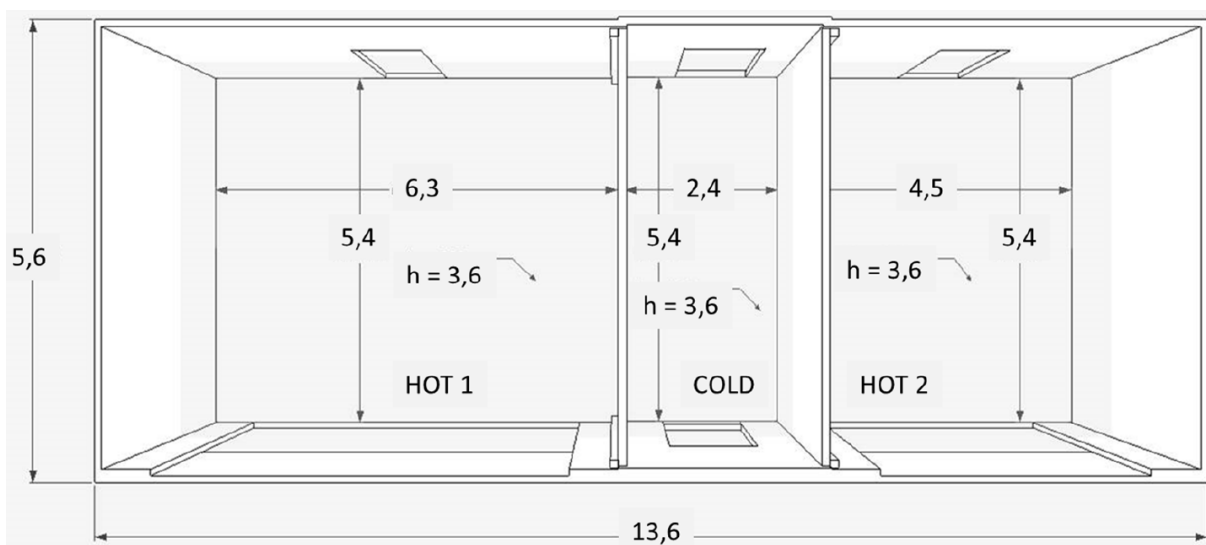
*Figuur 18: Het toestel in pulsie-modus (boven) en in extractie-modus (onder) (Tempero eco 150 ceram, 2016)*



*Figuur 19: Tempero eco 150 ceram (Tempero eco 150 ceram, 2016)*

## 5.2 Thermisch comfort en luchtstroompatroon

Het thermische comfort en het luchtstroompatroon van de verschillende toestellen zal onderzocht worden in de klimaatkamer van Renson. Deze klimaatkamer bestaat uit twee warme kamers en een centrale koude kamer. Figuur 20 toont de plattegrond van de volledige klimaatkamer. De centrale koude kamer zal gebruikt worden om een buitenomgeving te simuleren. In elke wand die grenst aan de koude kamer is een raamopening en een testopening aangebracht waarin bijvoorbeeld ventilatieroosters geplaatst kunnen worden. Voor dit onderzoek zullen de decentrale ventilatie-units in de testopening geplaatst worden. De toestellen zullen zich dan ongeveer 2,40 meter boven de vloer bevinden.

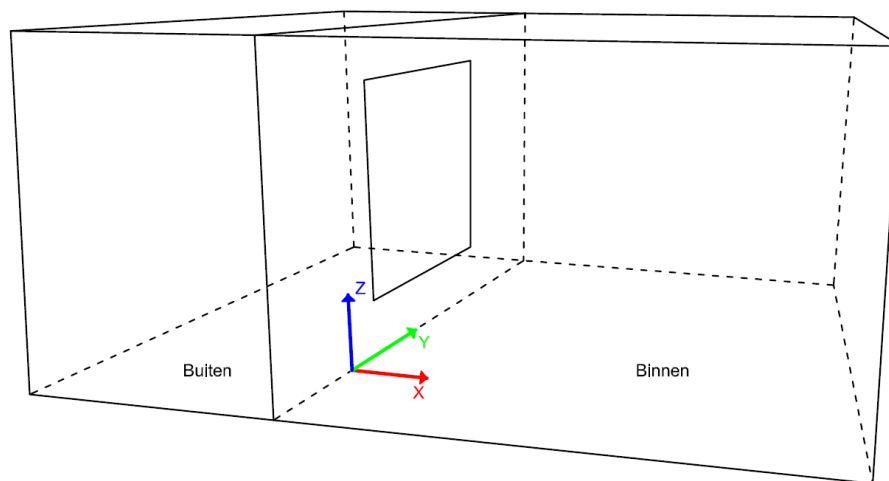


*Figuur 20: Plattegrond van de klimaatkamer (Comfortroosters, 2014)*

De wanden van de koude ruimte zijn uitgevoerd in sandwichpanelen (PUR) met een U-waarde van  $0,223 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , de wanden van de warme kamer zijn IND 80 (PUR,  $U = 0,287 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ), het schrijnwerk heeft een U-waarde van  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$  en het glas  $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . Een ventilator verzorgt de luchttoevoer naar de koude ruimte ter hoogte van de verdamper en de luchtafvoer op representatieve plaatsen uit de warme ruimtes. Omdat de decentrale ventilatie-units zelf voor de afvoer van de binnenlucht zorgen, zal tijdens dit onderzoek geen gebruik gemaakt worden van de luchtkanalen en de ventilator.

Voor dit onderzoek zullen enkel de koude ruimte (aangeduid met COLD op figuur 20) en de rechtse warme ruimte (aangeduid met HOT 2 op figuur 20) gebruikt worden. In de koude kamer kan men de temperatuur laten variëren tussen  $-20^\circ\text{C}$  en  $50^\circ\text{C}$ . In de warme kamer is enkel vloerverwarming aanwezig en kan deze dus niet gekoeld worden. Op basis van de heersende temperatuur in de warme kamer zal de temperatuur in de koude kamer aangepast worden om de beoogde temperatuurverschillen te bekomen.

Aan de hand van een computerprogramma kan de klimaatkamer van buitenaf aangestuurd worden.

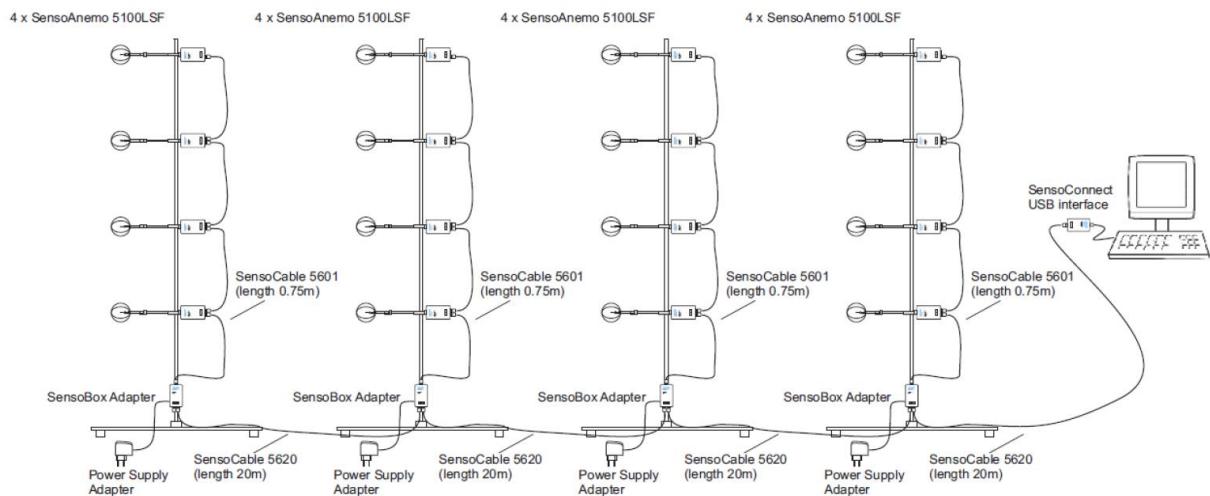


*Figuur 21: 3D-zicht van de warme en de koude ruimte in de klimaatkamer*

### 5.2.1 Tochtsensoren

Op figuur 22 is de 4x4-opstelling van de tochtsensoren, die zich in de warme ruimte van de klimaatkamer bevindt, te zien. Iedere tochtsensor meet drie parameters, namelijk de temperatuur, de luchtsnelheid en de standaardafwijking op de luchtsnelheid. Aan de hand van deze parameters worden de turbulentie-intensiteit ( $Tu$ ) en *draught rate* ( $DR$ ) berekend. Daarnaast kunnen aan de hand van de temperatuur en de luchtsnelheid, de parameters PMV en PPD bepaald worden. De sensoren kunnen in lengterichting (d.i. de x-richting op figuur 21) verplaatst worden in de kamer met behulp van vier stappenmotoren. Elke kolom sensoren wordt aangestuurd door een eigen stappenmotor. Eventueel kan elke kolom sensoren ook apart in de breedterichting verplaatst worden. Op deze manier kunnen de afmetingen van het meetraster aangepast worden.

Tijdens de metingen zal de horizontale afstand tussen de sensoren telkens 0,5 meter bedragen. De onderste rij sensoren zal zich op een hoogte van 0,1 meter bevinden, de tweede rij op 0,6 meter, de derde op 1,1 meter en de laatste rij op 1,7 meter.



*Figuur 22: 4x4-raster van tochtsensoren (AirDisySys 5000, z.j.)*

## 5.2.2 Scenario's

In het programma “LabView”, dat gebruikt wordt om de klimaatkamer aan te sturen, kunnen voorgeprogrammeerde scenario's worden opgeladen. Deze scenario's bevatten waardes die aan de verschillende parameters (temperatuur koude kamer, posities van de sensoren, frequentie waarmee meetresultaten worden opgeslagen, enz.) in de klimaatkamer moeten worden gegeven.

Afhankelijk van de temperatuur in de warme kamer worden er scenario's gemaakt waarbij het temperatuurverschil met de koude kamer 0°C of 20°C bedraagt. De eerste metingen worden uitgevoerd als het 4x4-raster van sensoren zich op 0,5 meter van het toestel bevindt, nadien worden de sensoren telkens 0,5 meter verplaatst in de x-richting (zie figuur 21). De laatste metingen van elk scenario gebeuren als het 4x4-raster van sensoren zich op 4 meter van het toestel bevindt. Op elke positie worden gedurende vijf minuten metingen uitgevoerd, waarbij de waarden van alle 16 sensoren elke twee seconden opgeslagen worden. Tabel 10 toont een voorbeeld van een scenario waarbij het temperatuurverschil 20°C bedraagt.

Tabel 10: Voorbeeld van een scenario met een temperatuurverschil van 20 °C

| 0        | 1       |           | 2    | 3          | 4    | 5       | 6       | 7   |  | 34               | 35               | 36               | 37               |
|----------|---------|-----------|------|------------|------|---------|---------|-----|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| duration | logging | log cycle | T3   | floor heat | T2   | cooling | heating | Fan |  | position motor 1 | position motor 2 | position motor 3 | position motor 4 |
| [min]    | 0/1     | [s]       | [°C] | 0/1        | [°C] | 0/1     | 0/1     | 0/1 |  | 400-4000mm       | 400-4000mm       | 400-4000mm       | 400-4000mm       |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 500              | 500              | 500              | 500              |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 500              | 500              | 500              | 500              |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 1000             | 1000             | 1000             | 1000             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 1000             | 1000             | 1000             | 1000             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 1500             | 1500             | 1500             | 1500             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 1500             | 1500             | 1500             | 1500             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 2000             | 2000             | 2000             | 2000             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 2000             | 2000             | 2000             | 2000             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 2500             | 2500             | 2500             | 2500             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 2500             | 2500             | 2500             | 2500             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 3000             | 3000             | 3000             | 3000             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 3000             | 3000             | 3000             | 3000             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 3500             | 3500             | 3500             | 3500             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 3500             | 3500             | 3500             | 3500             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 4000             | 4000             | 4000             | 4000             |
| 5        | 1       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 4000             | 4000             | 4000             | 4000             |
| 1        | 0       | 2         | 19,5 | 0          | 0,7  | 1       | 0       | 0   |  | 500              | 500              | 500              | 500              |

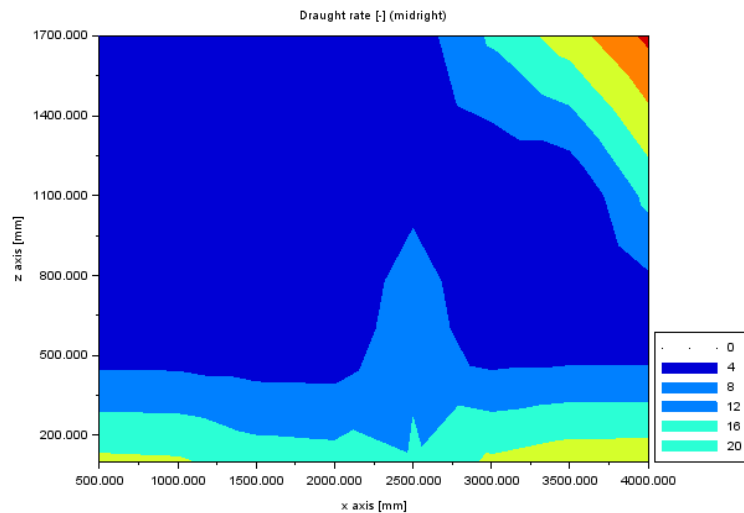
In de eerste kolom van de bovenstaande tabel wordt de tijd per cyclus opgegeven in minuten. Als de sensoren zich moeten verplaatsen, dan duurt dit maximaal een minuut. Op elke 0,5 meter tot het ventilatietoestel worden gedurende vijf minuten metingen uitgevoerd. In de tweede kolom wordt meegegeven of de waarden die de sensoren meten moeten opgeslagen worden. Een waarde van 0 wil zeggen dat de gegevens niet worden opgeslagen, bij een waarde van 1 wel. In de derde kolom wordt bepaald met welk interval de gegevens van de sensoren opgeslagen moeten worden. In de vierde kolom wordt dan weer de gewenste temperatuur van de warme kamer opgegeven. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat de kamer altijd nog even verder zal opwarmen wanneer de verwarming wordt afgezet. Om deze reden wordt in de vierde kolom steeds een iets kleinere waarde opgegeven. In de vijfde kolom wordt bepaald of de vloerverwarming moet worden in geschakeld of niet. In de zesde kolom wordt de gewenste temperatuur van de koude kamer opgegeven. Ook hier zal de kamer altijd nog even verder afkoelen na het uitschakelen van de koeling. Daarom wordt er dus ook een iets grotere waarde dan de gewenste temperatuur opgegeven. In de zevende en de achtste kolom wordt bepaald of de koeling, respectievelijk de verwarming, in de koude kamer moet worden in geschakeld of niet. In de negende kolom wordt meegegeven of de ventilator van de koelgroep moet draaien of niet. Tot slot worden in de laatste vier kolommen de posities van de vier verschillende kolommen met sensoren opgegeven voor elke cyclus.

### 5.2.3 Herhaalbaarheid van de metingen

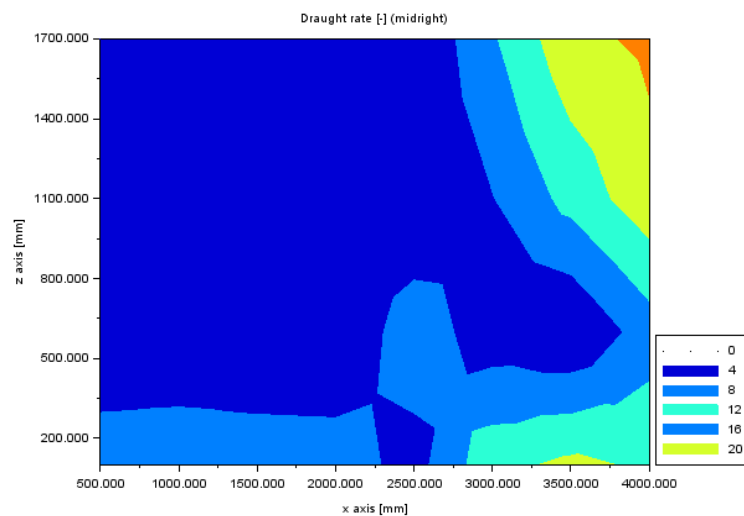
Voorafgaand aan de metingen van het onderzoek werden enkele testmetingen uitgevoerd om de herhaalbaarheid van de metingen te controleren. Hiervoor moest dezelfde meting (d.w.z. met hetzelfde temperatuurverschil, dezelfde debieten en hetzelfde toestel) minstens tweemaal uitgevoerd worden.

Voor deze testmetingen werd gebruik gemaakt van de Provent D-luxe, omdat bij dit toestel de richting van de luchtstroom constant is. De testen werden uitgevoerd met een temperatuurverschil van 20°C en bij een ventilatiedebiet van 50 m³/h. Er werd gebruik gemaakt van dezelfde scenario's die ook gebruikt zullen worden voor de onderzoekmetingen.

Bij de eerste test is in 96% van de meetpunten de DR kleiner dan 20%, bij de tweede test was dat het geval in 99% van de meetpunten. Een afwijking dus van slechts 3%. Op de lichtsnelheden bedraagt de gemiddelde afwijking 0,02 m/s, wat verwaarloosbaar is. Zoals te zien is in figuren 23 en 24, is ook het luchtstroompatroon bij beide testen vergelijkbaar. Er kan aangenomen worden dat de herhaalbaarheid van de metingen goed is.



*Figuur 23: Luchtstroompatroon van de 1e test*



*Figuur 24: Luchtstroompatroon van de 2de test*

#### 5.2.4 Verwerking van de meetgegevens

De verwerking van de meetgegevens zal gebeuren met een rekenblad dat werd ontwikkeld door Renson. Met dit rekenblad kan onder andere de DR en de ADPI berekend worden. Daarnaast worden er ook automatisch grafieken gegenereerd met het computerprogramma SciLab.

Op basis van dit rekenblad en de norm ISO 7730 werd een nieuw rekenblad ontwikkeld door de student om de PMV en de PPD te berekenen. Voor deze twee parameters zullen er geen grafieken gegenereerd worden. Om de berekeningen voor de PMV en de PPD te kunnen laten uitvoeren, moeten de waarden voor  $M$ ,  $W$  en  $I_{cl}$  ingevuld worden.  $M$  is het metabolisme en wordt uitgedrukt in de eenheid met. Voor een staand persoon in rust bedraagt zijn metabolisme 1,2 met. De volgende parameter, arbeid ( $W$ ), wordt ook uitgedrukt in dezelfde eenheid en wordt meestal gelijk genomen aan 0 met. De laatste parameter is een isolatiewaarde voor kleding en wordt uitgedrukt in clo. Voor deze laatste parameter zal een waarde van 1 genomen worden, wat overeenkomt met typische winterkledij (Hoyt et al., 2017).

### 5.3 Ventilatie-efficiëntie

De ventilatie-efficiëntie zal onderzocht worden aan de hand van een tracergas test. De methode die tijdens dit onderzoek gebruikt zal worden, is de concentratieverval methode (*concentration decay method*). Om deze test te kunnen uitvoeren, moet aan het begin van de metingen de concentratie tracergas in de volledige kamer gelijk zijn. Daarom moet het gas voor de metingen intensief gemengd worden met behulp van een ventilator. Bij het begin van de metingen zal de ventilator uitgeschakeld worden. De decentrale ventilatie-units zullen ervoor zorgen dat de concentratie tracergas zal dalen in functie van de tijd. Aan de hand van het concentratieverval (daling in concentratie) kan de ventilatie-efficiëntie (*air change efficiency*) bepaald worden. Als tracergas werd  $\text{CO}_2$  gebruikt.

Omdat er steeds een concentratie  $\text{CO}_2$  in de lucht aanwezig is, zal de warme kamer luchtdicht gemaakt worden door elke opening af te plakken (zie figuur 25). In de deuropening zal een plank geplaatst worden waarvan de randen ook afgeplakt zullen worden (zie figuur 26). Op deze manier wordt de indringing van ongewenste  $\text{CO}_2$  beperkt. Daarnaast zal de deur in de koude kamer open gelaten worden, zodat de afgevoerde concentraties  $\text{CO}_2$  de klimaatkamer kunnen verlaten en de metingen zo weinig mogelijk beïnvloeden. In het geval dat de deur van de koude kamer dicht zou blijven, zal de  $\text{CO}_2$ -concentratie in deze kamer stijgen en zal er opnieuw een grote concentratie de warme kamer ingeblazen worden. Een gevolg hiervan is dat er geen temperatuurverschil zal zijn tussen de warme en de koude kamer en dat er dus geen metingen uitgevoerd kunnen worden met een temperatuurverschil van  $20^\circ\text{C}$ . In de klimaatkamer zijn in totaal 10  $\text{CO}_2$ -sensoren aanwezig die over de volledige kamer verspreid kunnen worden.



*Figuur 25: Provent D-luxe geïnstalleerd in de testopening met afgeplakte spleten*



*Figuur 26: Luchtdicht gemaakte deuropening*

### 5.3.1 Verwerking van de meetgegevens

Elke dertien seconden worden het tijdstip en de concentratiewaarden van de verschillende sensoren weggeschreven in een CSV-bestand (CSV staat voor comma separated values) op een geheugenkaart. Op het einde van de metingen zal het CSV-bestand worden gekopieerd van de geheugenkaart naar een computer. Het CSV-bestand zal nadien omgezet worden naar een Excel bestand, waarin dan de vervalcurves gegenereerd kunnen worden.

Aan de hand van het boek “Ventilation Effectiveness” (Mundt et al, 2004) en de vergelijkingen 8 t.e.m. 10, werd een tabel gemaakt in het Excel bestand waarmee de ventilatie-efficiëntie kan berekend worden. Tabel 11 toont hoe het rekenblad werd opgebouwd.

In de tabel werden de meetgegevens gebruikt met een interval van 598 seconden (bijna 10 minuten) tussen twee metingen. Op deze manier bleef de lengte van de tabel beperkt.

Elke vervalcurve is een exponentiële functie van de vorm  $y = a \cdot e^{bx}$ , waarbij b steeds negatief is. De waarde voor b zal in de berekening van de ventilatie-efficiëntie gebruikt worden als  $\lambda$ .

Tabel 11: Opbouw van de tabel om de ventilatie-efficiëntie te berekenen

|    | A | B               | C                  | D                                       | E                                            | F                                        | G         |
|----|---|-----------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| 1  |   |                 |                    |                                         |                                              |                                          |           |
| 2  |   | Gemeten waarden |                    | Berekende waarden                       |                                              |                                          |           |
| 3  |   | Tijd (sec.)     | Concentratie (ppm) |                                         | Opp. onder de kromme                         | Gewogen gebied onder de kromme           |           |
| 4  |   | 0               | 1978               |                                         |                                              |                                          |           |
| 5  |   | 598             | 1903               |                                         | $=((C4+C5)/2)*(B5-B4)$                       | $=((C4+C5)/2)*(B5-B4)*((B5+B4)/2)$       |           |
| 6  |   | 1196            | 1768               |                                         | $=((C5+C6)/2)*(B6-B5)$                       | $=((C5+C6)/2)*(B6-B5)*((B6+B5)/2)$       |           |
| 7  |   | 1794            | 1681               |                                         | $=((C6+C7)/2)*(B7-B6)$                       | $=((C6+C7)/2)*(B7-B6)*((B7+B6)/2)$       |           |
| 8  |   | 2392            | 1595               |                                         | $=((C7+C8)/2)*(B8-B7)$                       | $=((C7+C8)/2)*(B8-B7)*((B8+B7)/2)$       |           |
| 9  |   | 2990            | 1516               |                                         | $=((C8+C9)/2)*(B9-B8)$                       | $=((C8+C9)/2)*(B9-B8)*((B9+B8)/2)$       |           |
| 10 |   | 3588            | 1455               |                                         | $=((C9+C10)/2)*(B10-B9)$                     | $=((C9+C10)/2)*(B10-B9)*((B10+B9)/2)$    |           |
| 11 |   | 4186            | 1391               |                                         | $=((C10+C11)/2)*(B11-B10)$                   | $=((C10+C11)/2)*(B11-B10)*((B11+B10)/2)$ |           |
| 12 |   | 4784            | 1349               |                                         | $=((C11+C12)/2)*(B12-B11)$                   | $=((C11+C12)/2)*(B12-B11)*((B12+B11)/2)$ |           |
| 13 |   | 5382            | 1294               |                                         | $=((C12+C13)/2)*(B13-B12)$                   | $=((C12+C13)/2)*(B13-B12)*((B13+B12)/2)$ |           |
| 14 |   | 5980            | 1261               |                                         | $=((C13+C14)/2)*(B14-B13)$                   | $=((C13+C14)/2)*(B14-B13)*((B14+B13)/2)$ |           |
| 15 |   | 6578            | 1216               |                                         | $=((C14+C15)/2)*(B15-B14)$                   | $=((C14+C15)/2)*(B15-B14)*((B15+B14)/2)$ |           |
| 16 |   | 7176            | 1186               |                                         | $=((C15+C16)/2)*(B16-B15)$                   | $=((C15+C16)/2)*(B16-B15)*((B16+B15)/2)$ |           |
| 17 |   | 7774            | 1165               |                                         | $=((C16+C17)/2)*(B17-B16)$                   | $=((C16+C17)/2)*(B17-B16)*((B17+B16)/2)$ |           |
| 18 |   | 8372            | 1140               |                                         | $=((C17+C18)/2)*(B18-B17)$                   | $=((C17+C18)/2)*(B18-B17)*((B18+B17)/2)$ |           |
| 19 |   | 8970            | 1110               |                                         | $=((C18+C19)/2)*(B19-B18)$                   | $=((C18+C19)/2)*(B19-B18)*((B19+B18)/2)$ |           |
| 20 |   | 9568            | 1089               |                                         | $=((C19+C20)/2)*(B20-B19)$                   | $=((C19+C20)/2)*(B20-B19)*((B20+B19)/2)$ |           |
| 21 |   | 10166           | 1065               |                                         | $=((C20+C21)/2)*(B21-B20)$                   | $=((C20+C21)/2)*(B21-B20)*((B21+B20)/2)$ |           |
| 22 |   | 10764           | 1059               |                                         | $=((C21+C22)/2)*(B22-B21)$                   | $=((C21+C22)/2)*(B22-B21)*((B22+B21)/2)$ |           |
| 23 |   | 11362           | 1032               |                                         | $=((C22+C23)/2)*(B23-B22)$                   | $=((C22+C23)/2)*(B23-B22)*((B23+B22)/2)$ |           |
| 24 |   | 11960           | 1013               |                                         | $=((C23+C24)/2)*(B24-B23)$                   | $=((C23+C24)/2)*(B24-B23)*((B24+B23)/2)$ |           |
| 25 |   | 12558           | 1005               |                                         | $=((C24+C25)/2)*(B25-B24)$                   | $=((C24+C25)/2)*(B25-B24)*((B25+B24)/2)$ |           |
| 26 |   | 13156           | 973                |                                         | $=((C25+C26)/2)*(B26-B25)$                   | $=((C25+C26)/2)*(B26-B25)*((B26+B25)/2)$ |           |
| 27 |   | 13754           | 961                |                                         | $=((C26+C27)/2)*(B27-B26)$                   | $=((C26+C27)/2)*(B27-B26)*((B27+B26)/2)$ |           |
| 28 |   |                 |                    | Staart                                  | $=C27/ABS(G29)$                              |                                          | $\lambda$ |
| 29 |   |                 |                    | Gewogen staart                          | $=((C27)/ABS(SG529))*((1/(ABS(SG529)))+B27)$ |                                          | -0,00005  |
| 30 |   |                 |                    | Som oppervlakte                         | $=SOM(E5:E29)$                               |                                          |           |
| 31 |   |                 |                    | Som gewogen oppervlakte onder de kromme | $=SOM(F5:F30)$                               |                                          |           |
| 32 |   |                 |                    |                                         |                                              |                                          |           |
| 33 |   |                 |                    | Gemiddelde age of air                   | $=F31/E30$                                   | seconden                                 |           |
| 34 |   |                 |                    | Nominale tijdsconstante                 | $=E30/C4$                                    | seconden                                 |           |
| 35 |   |                 |                    | Air change efficiency                   | $=E34/(2*E33)*100$                           | %                                        |           |

## 5.4 Akoestisch comfort

Voor elk toestel zullen geluidsmetingen uitgevoerd worden bij vergelijkbare ventilatiedebieten. Deze geluidsmetingen zullen uitgevoerd worden op een hoogte van 1,7 m (ademhalingszone van staande personen) en 1,1 m (ademhalingszone zittende personen) op 0,5 meter, 1 meter, 1,5 meter, 2 meter, 2,5 meter, 3 meter, 3,5 meter en 4 meter van de verschillende toestellen. Aan de hand van deze metingen kan voor elk toestel het gemiddelde geluidsniveau berekend worden.

De geluidsmetingen zullen telkens uitgevoerd worden in het weekend, wanneer er geen activiteit in of rond de klimaatkamer is. Daarnaast zal het achtergrondgeluid (zoals bijvoorbeeld geluid dat afkomstig is van een radio) tot het minimum beperkt worden. Voorafgaand aan de metingen zal het achtergrondgeluid gemeten worden, met andere woorden wanneer het ventilatietoestel nog niet ingeschakeld is.

Voor het uitvoeren van de geluidsmetingen werd gebruik gemaakt van een geluidsniveaumeter zoals afgebeeld op de onderstaande figuur 27. Dit toestel heeft een nauwkeurigheid van  $\pm 1,5$  dB en wordt gebruikt om een indicatie te krijgen van het geluidsniveau. Er kan gekozen worden tussen metingen met een A-filter of met een C-filter. Omdat de geluidsproductie van decentrale ventilatie-units beperkt is ( $< 100$  dB), zullen de geluidsniveaumetingen uitgevoerd worden met een A-filter.



*Figuur 27: Geluidsniveaumeter (Products, z.j.)*

## 5.5 Energieverbruik

Door gebruik te maken van een verbruiksmeter (zie figuur 28) kan voor verschillende ventilatieniveaus van elk toestel het energieverbruik gemeten worden. De waarde in kWh die afgelezen wordt van de verbruiksmeter komt overeen met de waarde die zou kunnen afgelezen worden op de elektriciteitsmeter als het toestel daarop zou aangesloten zijn. Voor elk ventilatieniveau van de verschillende toestellen zal het energieverbruik ongeveer één uur lang gemeten worden. Aan de hand van deze metingen kan voor elke ventilatiestand van de verschillende toestel het energieverbruik in kWh per jaar berekend worden. Zoals eerder al opgemerkt werd, zal een ventilatiesysteem bijna nooit een volledig jaar op hetzelfde debiet werken. Het debiet zal namelijk variëren in functie van de bezetting en de activiteiten in de woning/ruimte. Het exacte verbruik is dus moeilijk op voorhand te berekenen en daarom zal slechts een schatting gemaakt worden voor het jaarlijkse energieverbruik per toestel met een variërend debiet.



*Figuur 28: Verbruiksmeter (CLM1000, z.j.)*

## 6 Resultaten

### 6.1 Thermisch comfort

De resultaten van de verschillende toestellen zullen steeds besproken worden door middel van een kort overzicht in tabelvorm. Nadien zal er dieper ingegaan worden op de resultaten per opstelling (de opstellingen verschillen onderling in ventilatiedebiet en/of temperatuurverschil).

Alle grafieken in deze paragraaf tonen een verticale doorsnede in de lengterichting van de kamer op 25 centimeter vanuit het midden van het ventilatietoestel (dit komt namelijk overeen met de positie van de 3<sup>e</sup> kolom met tochtsensoren). Op de verticale as wordt de hoogte weergegeven en op de horizontale as de horizontale afstand tot het toestel. De verticale as begint pas bij 100 mm omdat de onderste rij sensoren op deze hoogte hangt. De horizontale begint pas te tellen vanaf 500 mm, omdat de eerste metingen ook op 500 mm van de toestellen plaats vonden.

#### 6.1.1 Endura Twist met inblaasrichting naar onder

*Tabel 12: Thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar onder)*

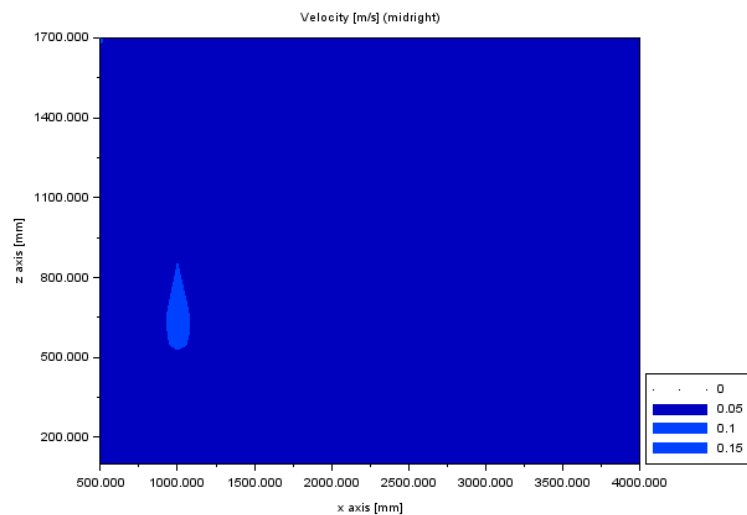
| Opstelling | Debiet<br>[m³/h] | Temperatuurverschil<br>[°C] | Percentage van alle meetpunten waarvoor: |           | ADPI > 0,8 |
|------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-----------|------------|
|            |                  |                             | DR < 20%                                 | PPD < 10% |            |
| 1          | 30               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 2          | 30               | 20                          | 100                                      | 100       | Nee        |
| 3          | 60               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 4          | 60               | 20                          | 99                                       | 100       | Nee        |

Het is opmerkelijk dat geen enkele opstelling voldoet aan de ADPI-voorwaarde, zelfs niet bij de opstelling met het kleinste ventilatiedebiet en temperatuurverschil. De ADPI is een index uit de Amerikaanse norm ASHREA 55, terwijl de DR en PPD parameters zijn uit de Europese norm ISO 7730. Bij het bespreken van de resultaten zal de nadruk dan ook liggen op deze laatste twee parameters.

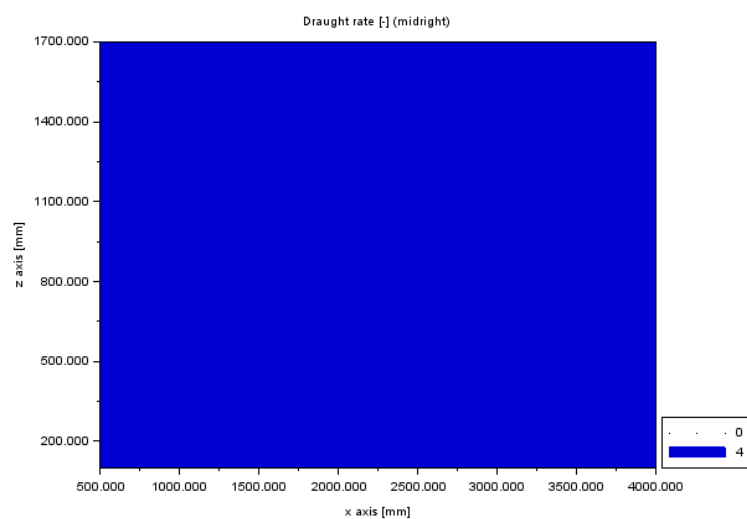
Alle meetgegevens en berekeningen in verband met het thermisch comfort van dit toestel zijn in tabelvorm terug te vinden in bijlage A.

### 6.1.1.1 Debiet: 30 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 0°C

Deze eerste opstelling, met een ventilatiedebiet van 30 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil van 0°C, voldoet in alle meetpunten aan de comfortvoorwaarden voor categorie B volgens ISO 7730 (DR < 20% en PPD < 10%). Op de onderstaande grafieken wordt een voorstelling gemaakt van de luchtsnelheid en de DR in de ruimte.



*Figuur 29: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)*

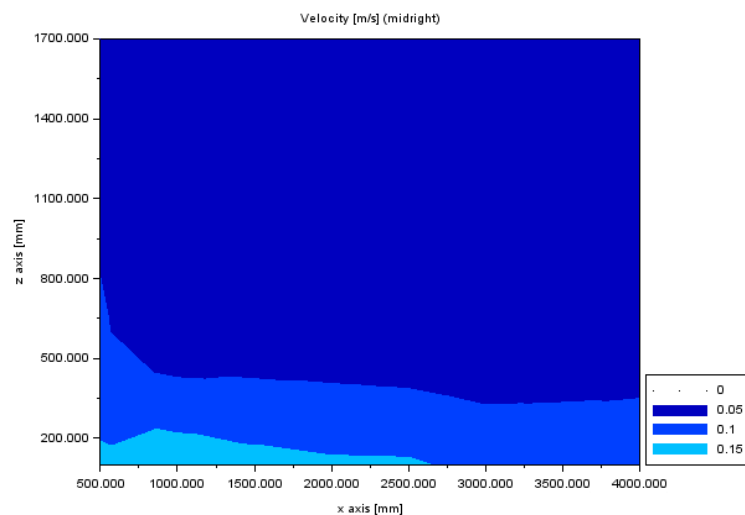


*Figuur 30: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)*

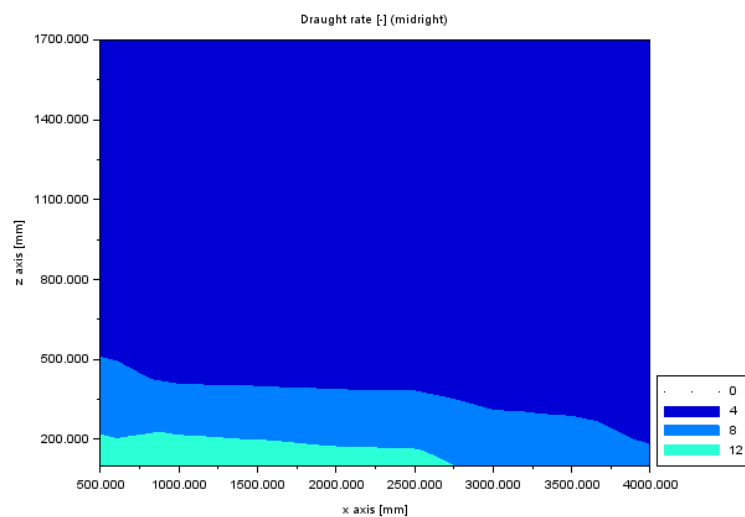
Voor elk van de 128 meetpunten (16 sensoren op acht verschillende afstanden tot het toestel) bedraagt de PPD 5%. De gemiddelde PMV van alle meetpunten is -0,06.

### 6.1.1.2 Debiet: 30 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C

Dezelfde opstelling als hierboven, maar nu met een temperatuurverschil van 20 °C, levert de onderstaande grafieken op. Tot een hoogte van 500 mm is de luchtsnelheid groter in vergelijking met de vorige opstelling. Een gevolg daarvan is dat ook de DR in deze zone ook hoger is, maar nog altijd kleiner dan de limietwaarde van 20%.



*Figuur 31: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)*

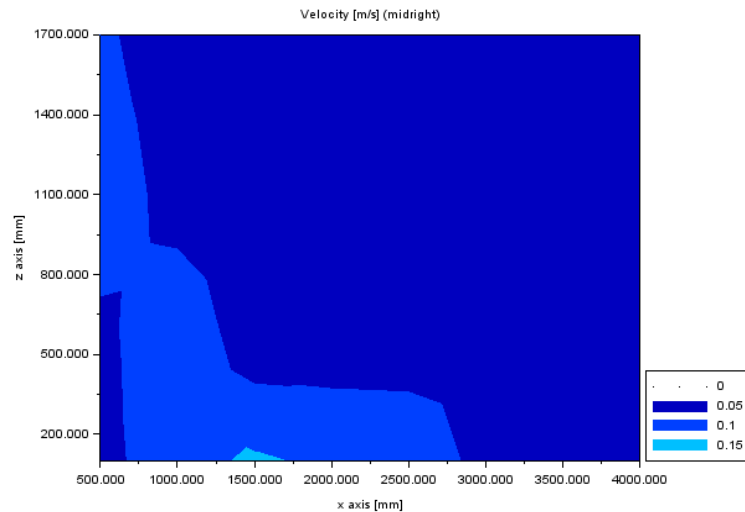


*Figuur 32: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)*

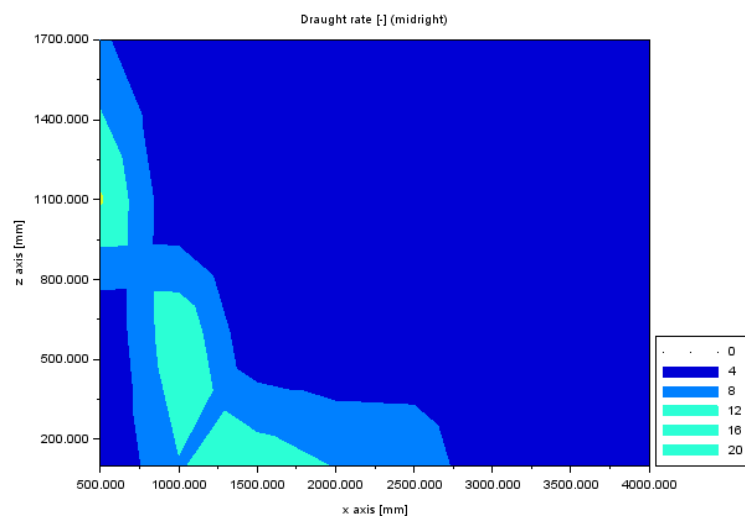
De gemiddelde PMV van alle meetpunten bedraagt -0,05. Deze waarde komt overeen met een PPD van 5%.

### 6.1.1.3 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 0°C

In vergelijking met de eerste opstelling wordt het ventilatiedebiet nu opgetrokken naar 60 m<sup>3</sup>/h, maar blijft een temperatuurverschil van 0°C behouden.



Figuur 33: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)



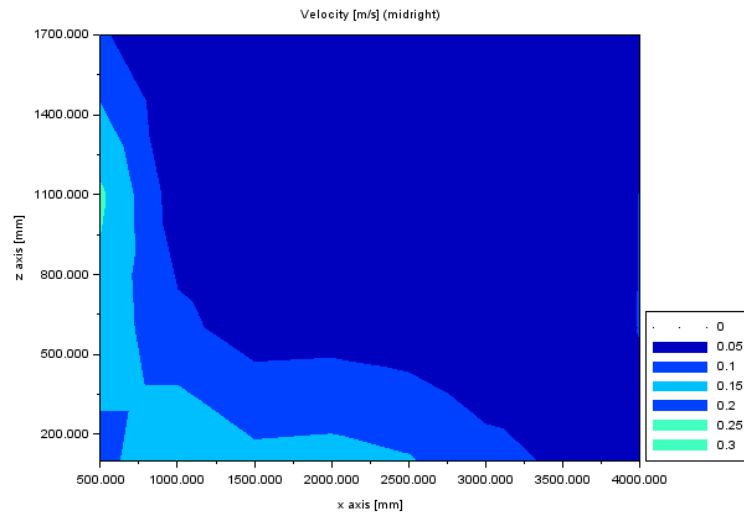
Figuur 34: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)

Op deze grafieken is duidelijk te zien hoe de lucht in de ruimte verplaatst wordt. Een hoger ventilatiedebiet zorgt ervoor dat de lucht met een hogere snelheid de ruimte wordt ingeblazen en zich dus sneller verplaatst, waardoor er hogere luchtsnelheden optreden. Aangezien de DR afhankelijk is van de luchtsnelheid, zal ook deze parameter stijgen.

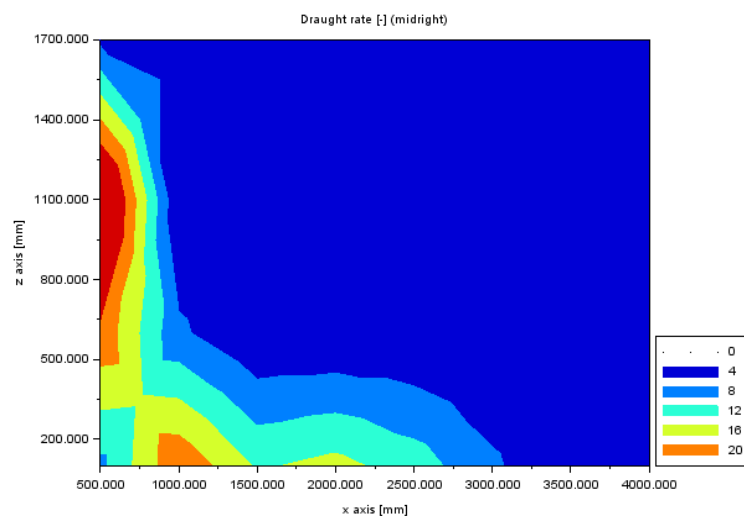
De gemiddelde PMV van alle meetpunten in deze opstelling bedraagt 0,20. Deze waarde komt overeen met een PPD van 6%.

#### 6.1.1.4 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C

Voor deze laatste opstelling van dit toestel bedraagt het ventilatiedebiet 60 m<sup>3</sup>/h en het temperatuurverschil 20°C.



Figuur 35: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)



Figuur 36: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar onder)

Het temperatuurverschil bedraagt 20°C, dit betekent dat er koude lucht de ruimte wordt ingeblazen door de ventilatie-unit. Deze lage temperatuur in combinatie met de relatief hoge lichtsnelheid waarmee de lucht de kamer binnenkomt, zorgt ervoor dat de DR groter is dan 20% onder het toestel. De grafieken tonen duidelijk dat de lucht langs de onderkant van het toestel de ruimte wordt ingeblazen en zich nadien over de vloer verspreidt.

De gemiddelde PMV van alle meetpunten bedraagt voor deze opstelling -0,05. Deze waarde komt overeen met een PPD van 5%. Zelfs bij het grootste ventilatiedebiet en temperatuurverschil is de PPD in alle meetpunten kleiner dan 10%.

## 6.1.2 Endura Twist met inblaasrichting naar boven

Tabel 13: Thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar boven)

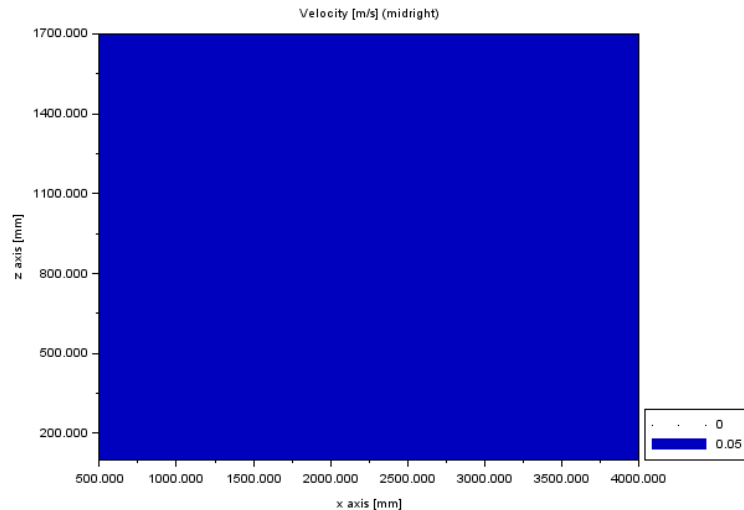
| Opstelling | Debiet<br>[m³/h] | Temperatuurverschil<br>[°C] | Percentage van alle meetpunten waarvoor: |           | ADPI > 0,8 |
|------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-----------|------------|
|            |                  |                             | DR < 20%                                 | PPD < 10% |            |
| 1          | 30               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 2          | 30               | 20                          | 100                                      | 96        | Nee        |
| 3          | 60               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 4          | 60               | 20                          | 100                                      | 44        | Nee        |

Net als bij de Endura Twist met een inblaasrichting naar onder, voldoet geen enkele opstelling aan de ADPI-voorwaarde. Daarnaast valt op dat bij een maximaal debiet en een temperatuurverschil van 20°C, slechts 44% van de meetpunten voldoet aan de PPD-voorwaarde. Er moet wel opgemerkt worden dat de PPD-parameter gebruikt wordt om het globaal thermisch comfort uit te drukken en dat er dus beter naar het gemiddelde voor de hele kamer wordt gekeken.

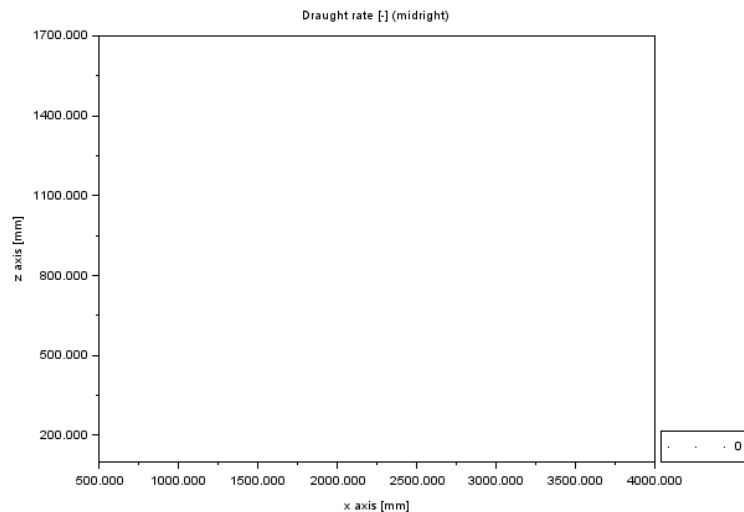
Alle meetgegevens en berekeningen in verband met het thermisch comfort van dit toestel zijn in tabelvorm terug te vinden in bijlage B.

### 6.1.2.1 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 0°C

Voor deze eerste opstelling met een inblaasrichting naar boven, bedraagt de maximaal gemeten luchtsnelheid 0,04 m/s. Het gevolg is dat in alle meetpunten de DR 0% bedraagt, waardoor de grafiek met de DR leeg is.



*Figuur 37: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*



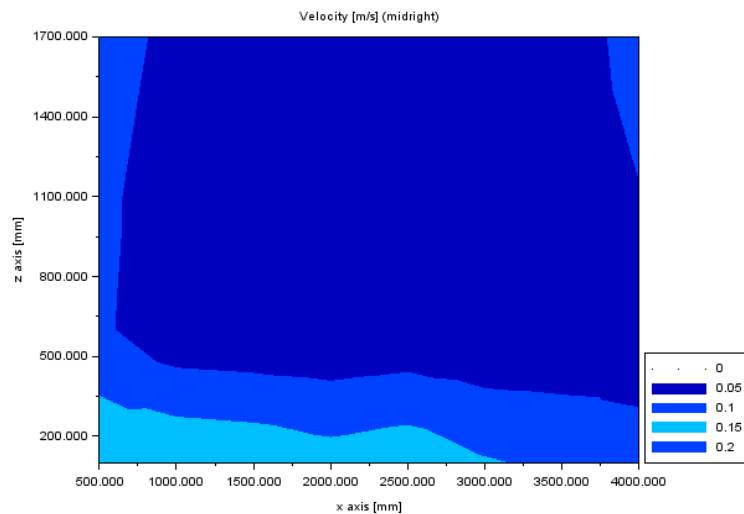
*Figuur 38: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

De gemiddelde PMV voor deze opstelling bedraagt -0,36 en dat is zes keer groter dan de gemiddelde PMV voor dezelfde opstelling met een inblaasrichting naar onder. De berekening van deze parameter is onder andere afhankelijk van de relatieve vochtigheid en de gemiddelde omgevingstemperatuur in de kamer. Deze factoren kunnen onmogelijk voor alle metingen constant gehouden worden, vandaar dat de resultaten van de berekeningen kunnen verschillen. De PPD die overeenkomt met een gemiddelde PMV van -0,36 bedraagt 8%. De limietwaarde voor PPD van 10% wordt in geen enkel punt overschreden.

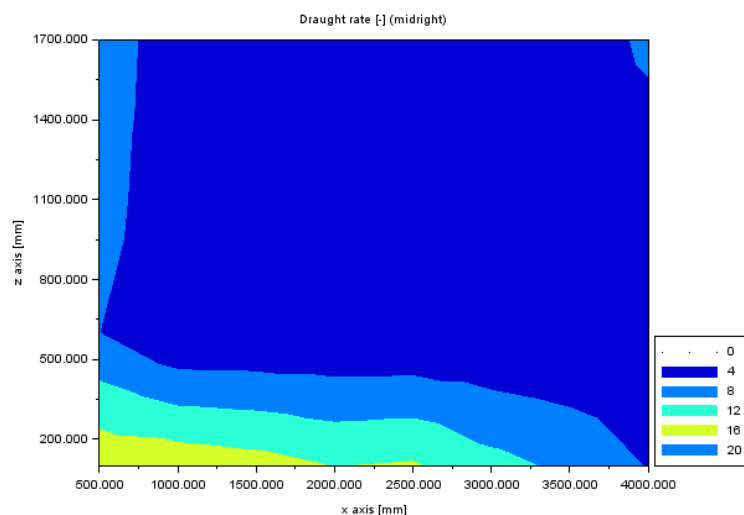
#### **6.1.2.2 Debiet: 30 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C**

Hoewel de inblaasrichting naar boven gericht is, worden de grootste luchtsnelheden in deze opstelling gemeten op een hoogte van 100 mm. Bijgevolg is de DR op deze hoogte ook hoger in vergelijking met

de vorige opstelling in 6.1.2.1. De limietwaarde van 20% voor de DR wordt echter in geen enkel meetpunt overschreden.



*Figuur 39: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

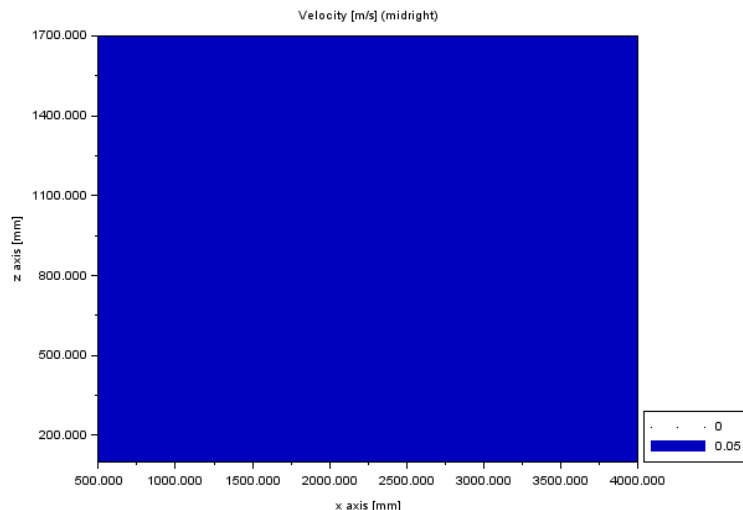


*Figuur 40: Grafiek met DR voor opstelling 2 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

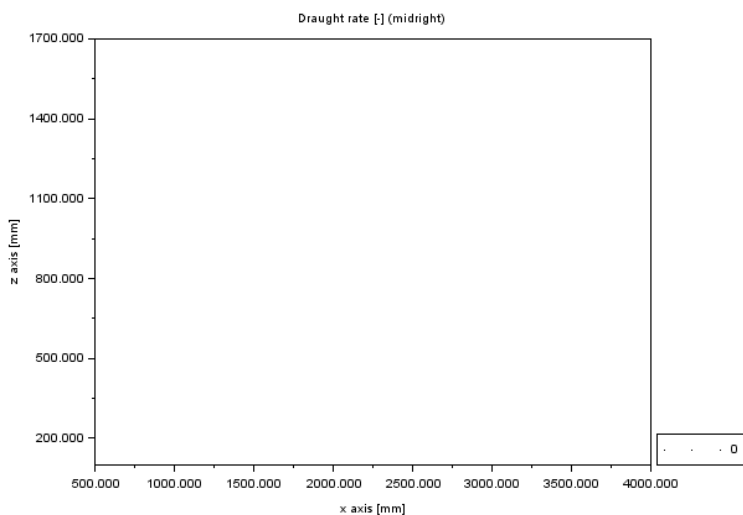
Voor deze opstelling bedraagt de gemiddelde PMV -0,30, wat overeenkomt met een gemiddelde PPD van 7% en dus voldoet aan de eisen. In 96% van de meetpunten is de PPD kleiner dan 10%. De meetpunten waar deze parameter groter is dan de limietwaarde bevinden zich allemaal op een hoogte van 100 mm.

### 6.1.2.3 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 0°C

De hoogst gemeten luchtsnelheid bedraagt voor deze opstelling 0,03 m/s en in meer dan de helft van de meetpunten zelfs 0,00 m/s. Net als bij de opstelling met een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h (zie 6.1.2.1) is de DR in alle meetpunten gelijk aan 0%. Het gevolg is dat er op de grafiek van de DR niets te zien is.



*Figuur 41: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

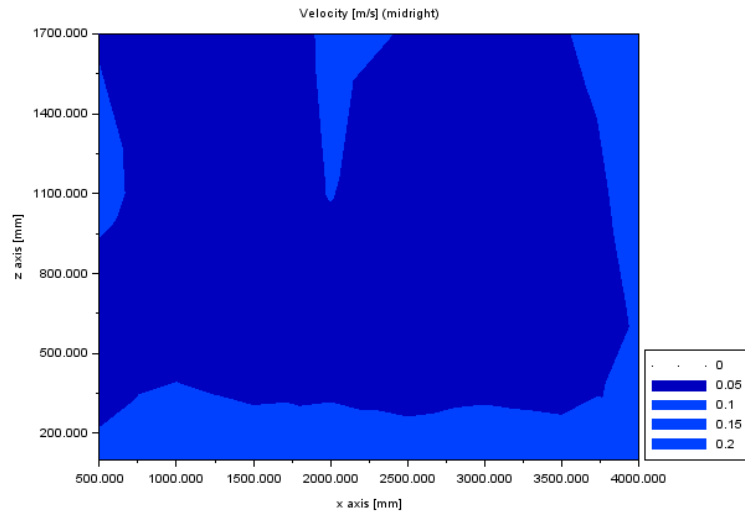


*Figuur 42: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

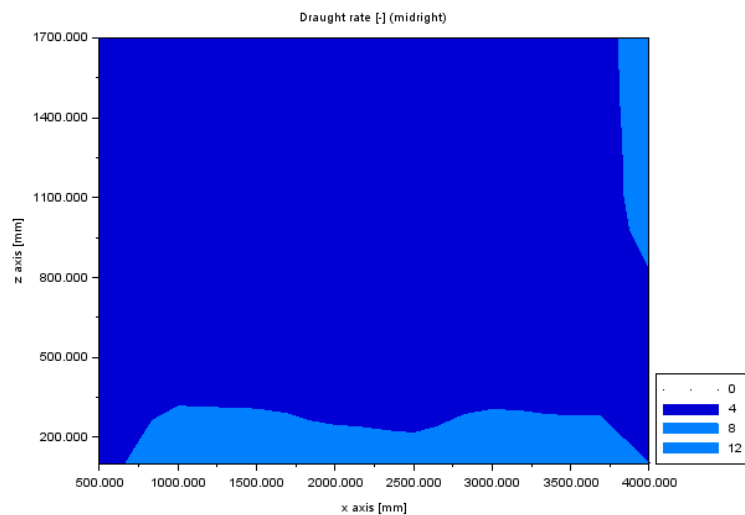
De gemiddelde PMV is -0,39 en dat komt overeen met een gemiddelde PPD van 8%. In geen enkel meetpunt wordt de limietwaarde voor de PPD overschreden. Deze resultaten zijn bijna identiek aan de resultaten van de opstelling in 6.1.2.1 met een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h.

#### **6.1.2.4 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C**

Vergeleken met dezelfde opstelling, maar een inblaasrichting naar onder (zie 6.1.1.4), zijn de gemeten luchtsnelheden lager en is er minder tocht voelbaar. De hoogste waarden voor de DR vindt men op een hoogte van 100 mm, maar deze zijn nooit hoger dan de limietwaarde. Het luchtstroompatroon is ook minder duidelijk bij deze opstelling in vergelijking met de opstelling met een inblaasrichting naar onder.



*Figuur 43: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*



*Figuur 44: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van Endura Twist (inblaasrichting naar boven)*

In slechts 44% van de meetpunten is de PPD-waarde kleiner dan de limiet van 10%, maar omdat de PPD een waarde is voor het algemeen thermisch comfort is het interessant om te kijken naar het gemiddelde van alle meetpunten. Deze gemiddelde PPD-waarde bedraagt 10% en dat komt overeen met een gemiddelde PMV van -0,50. Aan de voorwaarde voor algemeen thermisch comfort volgens ISO 7730 is in dit geval net niet voldaan.

### 6.1.3 Provent D-luxe

Tabel 14: Thermisch comfort Provent D-luxe

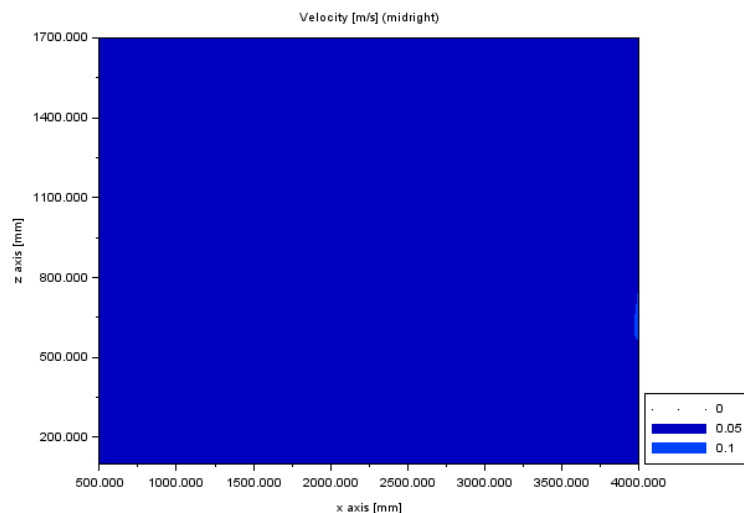
| Opstelling | Debiet<br>[m³/h] | Temperatuurverschil<br>[°C] | Percentage van alle meetpunten waarvoor: |           | ADPI > 0,8 |
|------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-----------|------------|
|            |                  |                             | DR < 20%                                 | PPD < 10% |            |
| 1          | 36               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 2          | 36               | 20                          | 100                                      | 100       | Nee        |
| 3          | 50               | 0                           | 100                                      | 99        | Nee        |
| 4          | 50               | 20                          | 99                                       | 77        | Nee        |

Net als bij de Endura Twist is in geen enkele opstelling voldaan aan de ADPI-voorwaarde. Bij een debiet van 50 m³/h en een temperatuurverschil van 20°C is in 33% van de meetpunten de PPD groter dan of gelijk aan 10%. Zoals eerder vermeld werd, is de PPD een waarde voor het algemeen thermisch comfort en is het dus interessant om naar het gemiddelde van alle meetpunten te kijken.

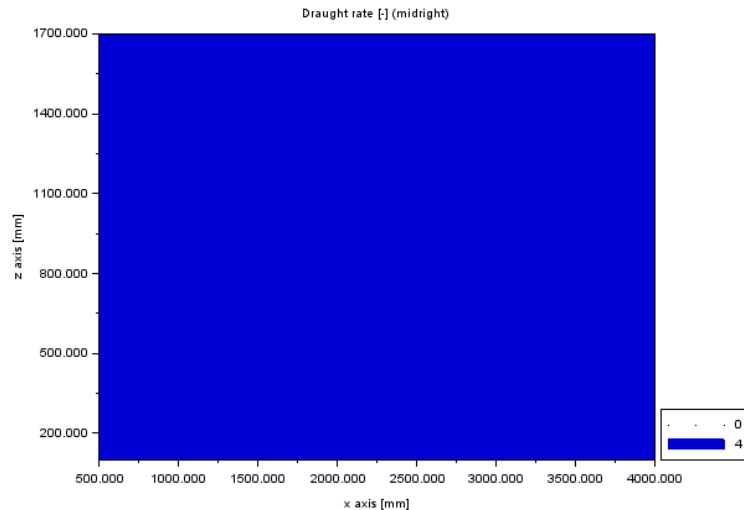
Alle meetgegevens en berekeningen in verband met het thermisch comfort van dit toestel zijn in tabelvorm terug te vinden in bijlage C.

#### 6.1.3.1 Debiet: 36 m³/h en temperatuurverschil: 0°C

De resultaten van de metingen bij deze opstelling zijn nagenoeg dezelfde als de resultaten van de voorgaande opstellingen met een vergelijkbaar debiet en temperatuurverschil (zie 6.1.1.1 en 6.1.2.1). De gemeten lichtsnelheden zijn beperkt, waardoor ook de DR beperkt is.



Figuur 45: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 1 van de Provent D-luxe



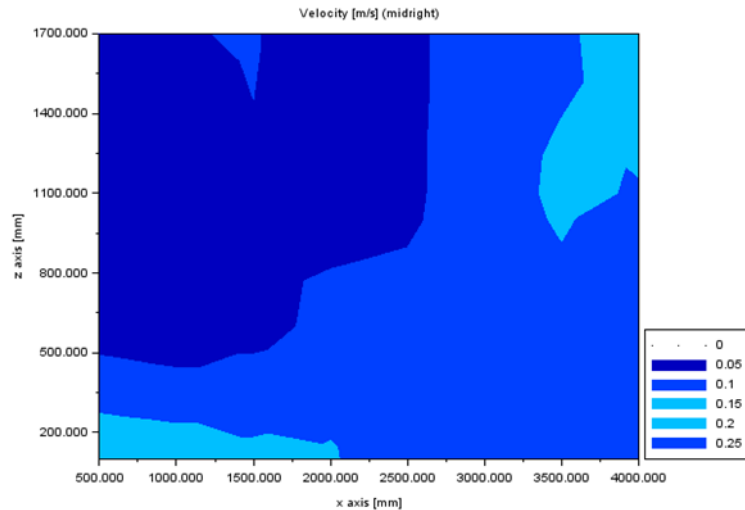
*Figuur 46: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van de Provent D-luxe*

Voor deze opstelling is de gemiddelde waarde voor de PMV 0,08 en dat heeft als gevolg dat de gemiddelde PPD 5% bedraagt.

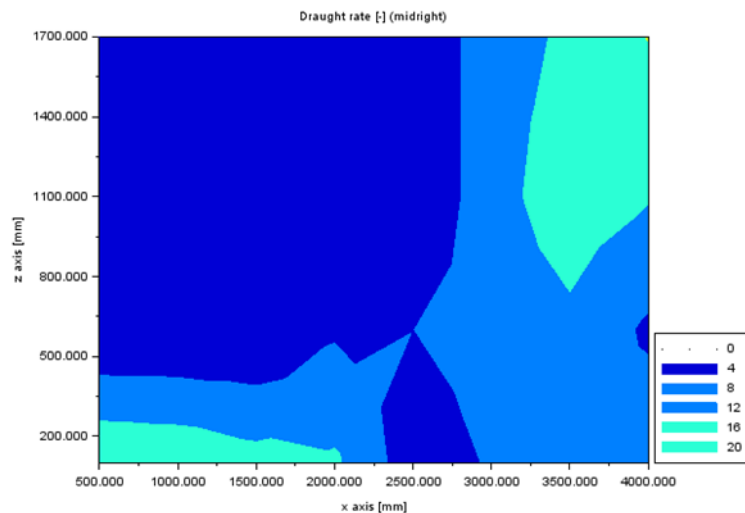
#### **6.1.3.2 Debiet: 36 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C**

De hoogste rij tochtsensoren bevindt zich op een hoogte van 1,70 meter, met als gevolg dat de luchtsnelheden op een grotere hoogte niet meetbaar zijn. Aan de hand van de resultaten van deze opstelling, met een debiet van 36 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil van 20°C, is te zien dat de lucht achteraan in de ruimte daalt. De lucht wordt namelijk op een hoogte van ongeveer 2,40 meter horizontaal de ruimte ingeblazen. De lucht verplaatst zich dus met de grootste snelheid bovenaan in de ruimte en zal nadien langs de wand achteraan in de kamer dalen. De luchtsnelheden zijn duidelijk hoger bij een temperatuurverschil van 20°C i.p.v. bij een temperatuurverschil van 0°C, maar de DR is in geen enkel meetpunt groter dan 20%.

Voor deze opstelling bedraagt de gemiddelde PMV 0,06. Deze waarde komt overeen met een gemiddelde van 5% PPD.



*Figuur 47: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 2 van de Provent D-luxe*

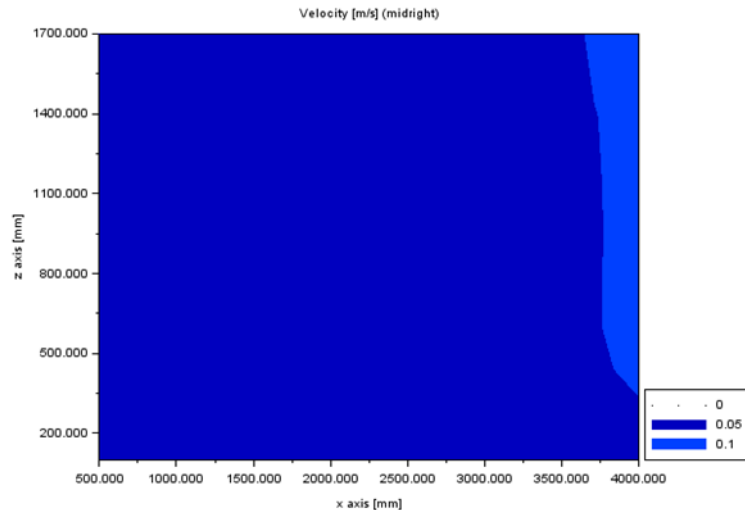


*Figuur 48: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van de Provent D-luxe*

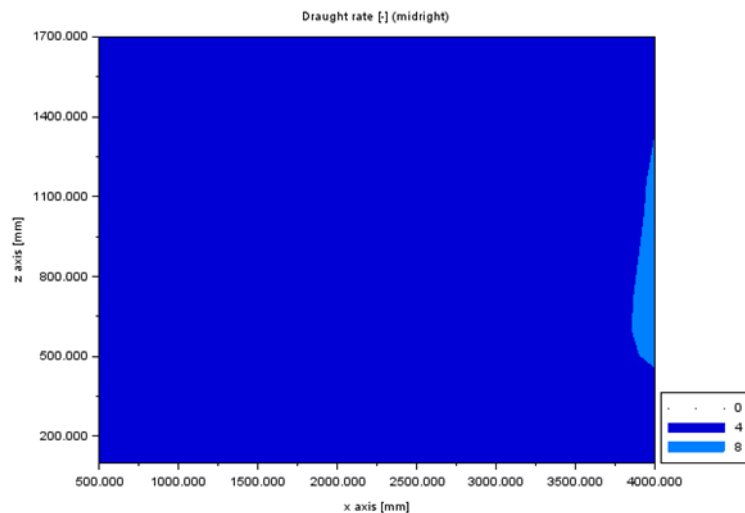
### 6.1.3.3 Debiet: 50 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 0°C

Het ventilatiedebiet van 50 m<sup>3</sup>/h in deze opstelling resulteert in iets grotere lichtsnelheden achteraan in de ruimte in vergelijking met de opstelling in 6.1.3.1. De DR blijft in elk meetpunt, ook achteraan in de kamer, kleiner dan 20%.

In 99% van de meetpunten bedraagt de PPD minder dan 10%. De gemiddelde PMV is 0,43, dat betekent dat de gemiddelde PPD 9% bedraagt. Omdat de gemiddelde PPD kleiner is dan 10% en de PMV zich tussen -0,50 en 0,50 bevindt, heerst er globaal thermisch comfort.



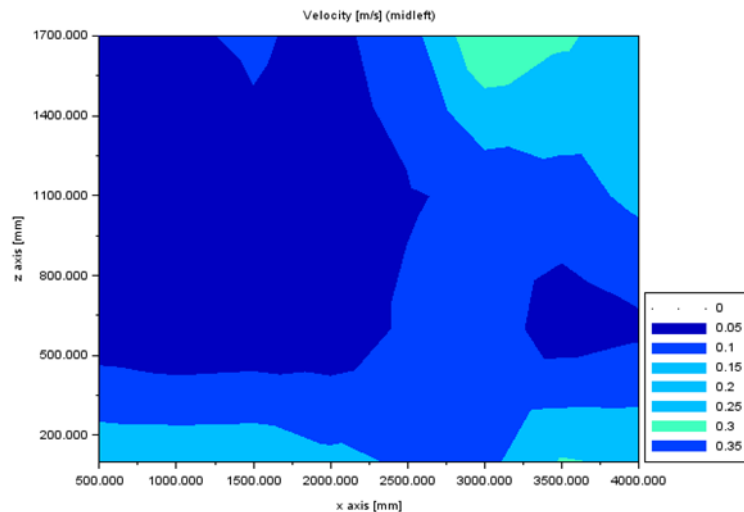
*Figuur 49: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 3 van de Provent D-luxe*



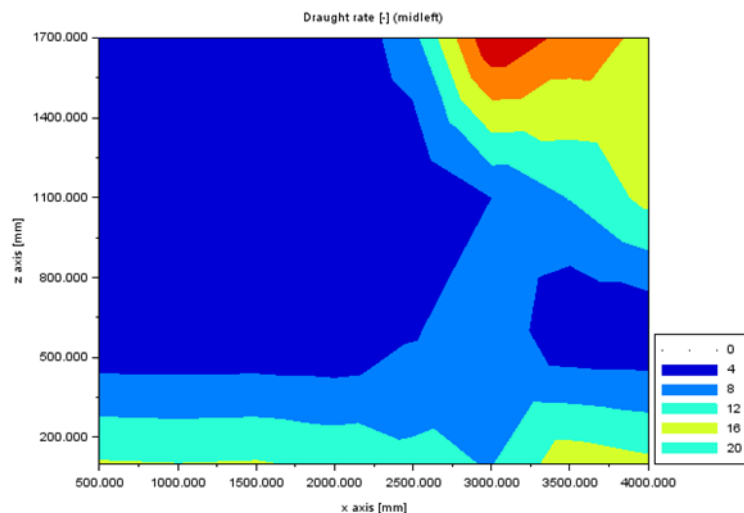
*Figuur 50: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van de Provent D-luxe*

#### 6.1.3.4 Debiet: 50 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C

In vergelijking met de resultaten in 6.1.3.2, tonen de onderstaande resultaten nog beter dat de koude lucht achteraan in de kamer daalt. Op een afstand van ongeveer 3 meter tot het toestel en op een hoogte van 1,7 meter (halshoogte) is de DR groter dan 20%. Op deze locatie treedt er dus lokaal thermisch discomfort op. Daarnaast worden er grote lichtsnelheden gemeten op een hoogte van 100 mm en achteraan in de kamer, maar op deze locaties wordt de limietwaarde voor de DR niet overschreden.



*Figuur 51: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 4 van de Provent D-luxe*



*Figuur 52: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van de Provent D-luxe*

In 77% van de meetpunten is de PPD kleiner dan 10%. De meetpunten waar de PPD groter is dan de limietwaarde bevinden zich vooral op een hoogte van 100 mm en achteraan in de ruimte. De gemiddelde PMV is -0,47 en dat komt overeen met een PPD van 10%. Houdt er rekening mee dat de PPD afgerond wordt tot op een geheel getal en dat er dus zowel naar de PMV als naar de PPD moet gekeken worden om het globaal thermisch comfort in de ruimte te kunnen beoordelen. In dit geval is de gemiddelde PPD gelijk aan de limietwaarde, maar heeft de gemiddelde PMV een waarde die tussen -0,50 en 0,50 ligt. Hierdoor is voldaan aan de voorwaarde voor globaal thermisch comfort.

### 6.1.4 Tempero eco 150 ceram

Tabel 15: Thermisch comfort Tempero eco 150 ceram

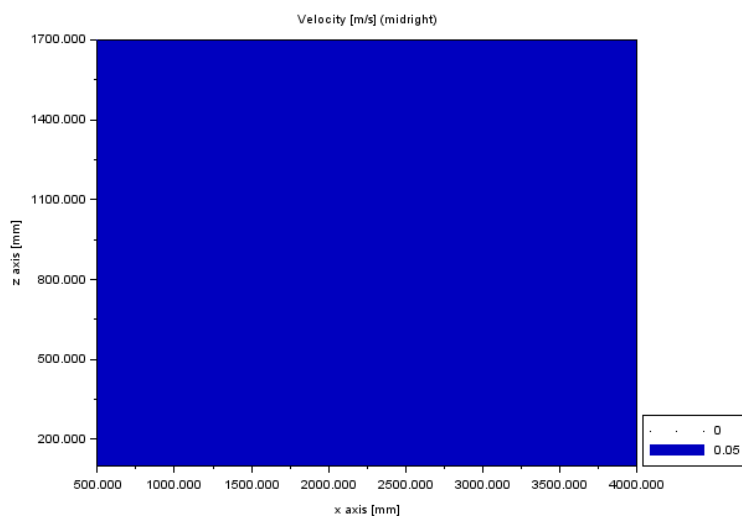
| Opstelling | Debiet<br>[m³/h] | Temperatuurverschil<br>[°C] | Percentage van alle meetpunten waarvoor: |           | ADPI > 0,8 |
|------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------------|-----------|------------|
|            |                  |                             | DR < 20%                                 | PPD < 10% |            |
| 1          | 30               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 2          | 30               | 20                          | 100                                      | 100       | Nee        |
| 3          | 60               | 0                           | 100                                      | 100       | Nee        |
| 4          | 60               | 20                          | 95                                       | 93        | Nee        |

Net als bij alle andere geteste toestellen is aan de ADPI-voorwaarde in geen enkele opstelling voldaan. De opstelling met het maximale debiet en een temperatuurverschil van 20°C voldoet niet volledig aan de eisen voor thermisch comfort volgens de norm ISO 7730. Alle andere opstelling voldoen wel aan deze norm.

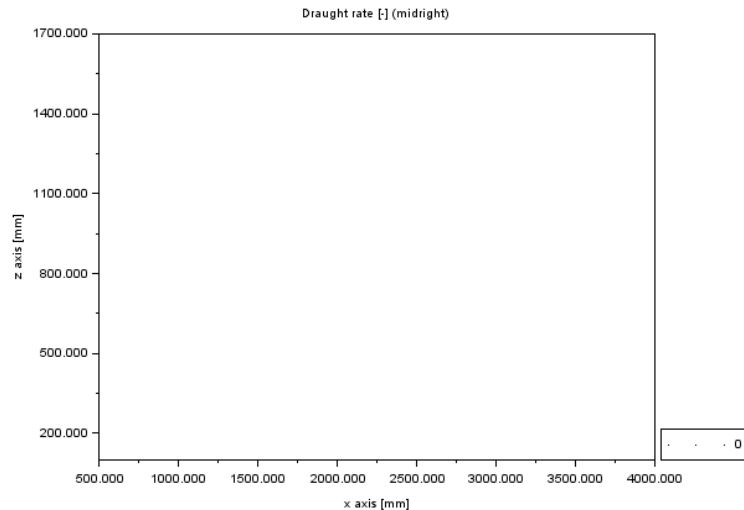
Alle meetgegevens en berekeningen in verband met het thermisch comfort van dit toestel zijn in tabelvorm terug te vinden in bijlage D.

#### 6.1.4.1 Debiet: 30 m³/h en temperatuurverschil: 0°C

Bij deze opstelling, met een ventilatiedebiet van 30 m³/h en een temperatuurverschil van 0°C, bedraagt de hoogst gemeten luchtsnelheid 0,04 m/s. In alle 128 meetpunten bedraagt de DR 0%. Het gevolg is dat er op de onderstaande grafieken weinig te zien is.



Figuur 53: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 1 van de Tempero eco 150 ceram

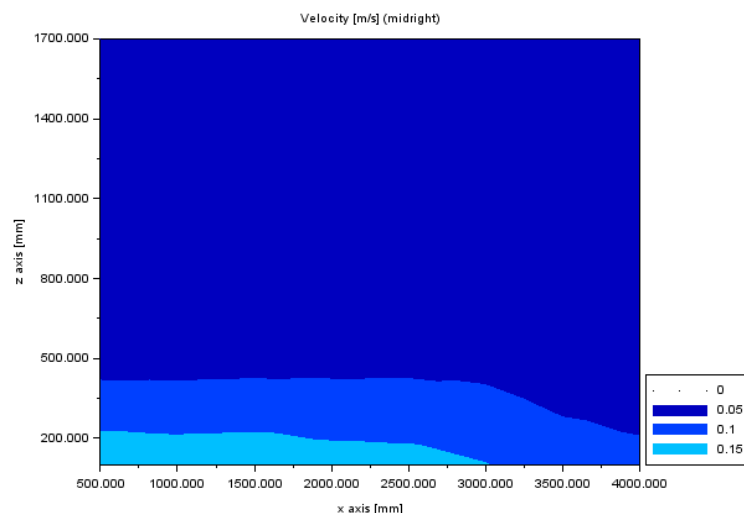


Figuur 54: Grafiek met de DR voor opstelling 1 van de Tempero eco 150 ceram

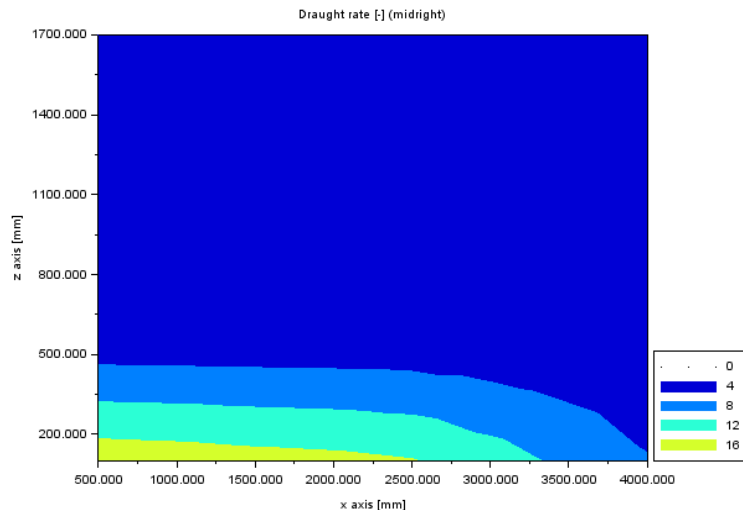
Voor alle 128 meetpunten bedraagt de PPD 5%. De gemiddelde PMV die hiermee overeenkomt bedraagt -0,09.

#### 6.1.4.2 Debiet: 30 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C

Als het ventilatie-debiet hetzelfde blijft, maar het temperatuurverschil stijgt tot 20°C, dan levert dit de volgende grafieken op. Op enkelhoogte (100 mm) komen luchtsnelheden voor van iets minder dan 0,15 m/s, terwijl de luchtsnelheid in de rest van de ruimte beperkt blijft. Het gevolg hiervan is dat de grootste waarden voor de DR zich ook op een hoogte van ongeveer 100 mm bevinden, maar de limietwaarde van 20% wordt op geen enkel punt overschreden.



Figuur 55: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 2 van de Tempero eco 150 ceram

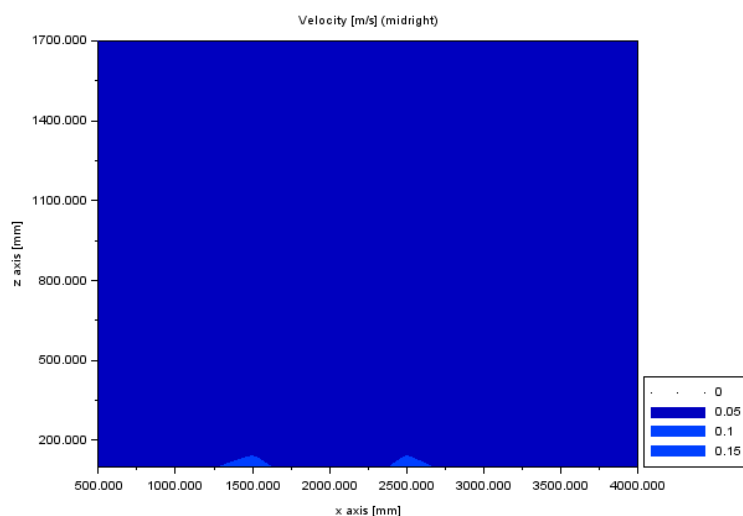


*Figuur 56: Grafiek met de DR voor opstelling 2 van de Tempero eco 150 ceram*

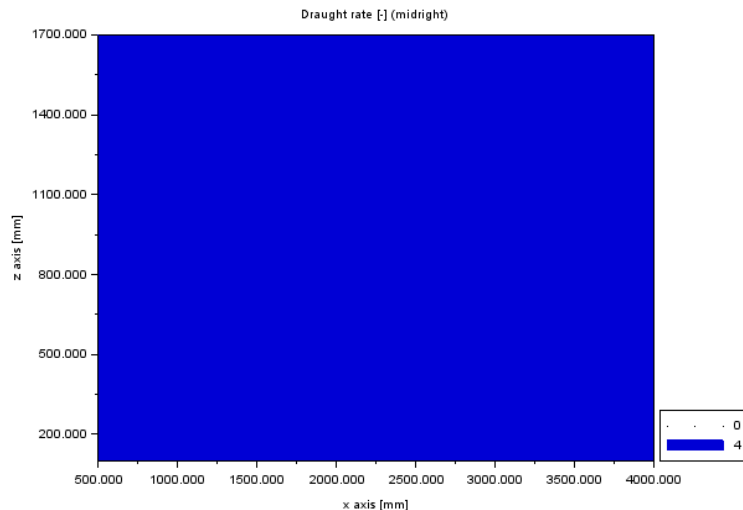
De grootste waarden voor PPD komen, net als bij de DR, voor op een hoogte van 100 mm, maar ook voor deze parameter wordt de limietwaarde op geen enkel punt overschreden. De gemiddelde waarde voor PMV bedraagt -0,30 en dat komt overeen met een gemiddelde van 7% voor de PPD.

#### 6.1.4.3 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 0°C

De opstelling met een maximaal ventilatiedebiet van 60 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil van 0°C levert de onderstaande grafieken op voor de luchtsnelheid en de DR. De maximaal gemeten luchtsnelheid voor deze opstelling is 0,06 m/s. In bijna alle meetpunten bedraagt de DR 0%. Deze resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten van de eerste opstelling van dit toestel, met een ventilatiedebiet van 30 m<sup>3</sup>/h maar zonder een temperatuurverschil (zie 6.1.4.1).



*Figuur 57: Grafiek met de luchtsnelheid voor opstelling 3 van de Tempero eco 150 ceram*

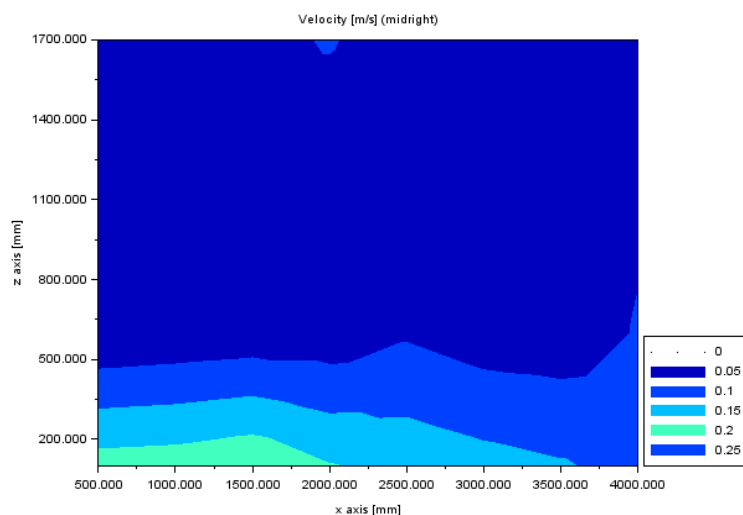


*Figuur 58: Grafiek met de DR voor opstelling 3 van de Tempero eco 150 ceram*

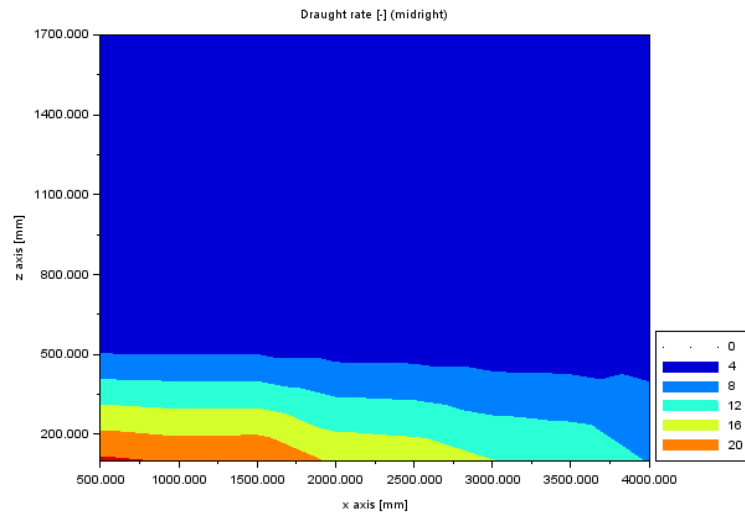
Ook de resultaten voor de PMV en PPD zijn vergelijkbaar met deze van de eerste opstelling van dit toestel. De gemiddelde PMV in de ruimte bedraagt -0,15 en dat komt overeen met een PPD van 5%.

#### **6.1.4.4 Debiet: 60 m<sup>3</sup>/h en temperatuurverschil: 20°C**

De metingen van de laatste opstelling voor dit toestel, met een maximaal debiet van 60 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil van 20°C, leveren resultaten op waarbij de limietwaarde voor de DR overschreden wordt op een hoogte van 100 mm. De onderstaande grafieken stellen de resultaten grafisch voor.



*Figuur 59: Grafiek met de lichtsnelheid voor opstelling 4 van de Tempero eco 150 ceram*



*Figuur 60: Grafiek met de DR voor opstelling 4 van de Tempero eco 150 ceram*

De gemiddelde PMV bedraagt -0,26 en dat komt overeen met een PPD van 7%. Als de horizontale afstand tot het toestel kleiner of gelijk is aan 1500 mm en de hoogte 100 mm bedraagt, dan zijn er enkele meetpunten waar de limietwaarde voor de PPD van 10% overschreden wordt. Hier uit blijkt, net als uit de grafiek van de DR, dat deze zone als thermisch oncomfortabel beschouwd zal worden.

## 6.2 Ventilatie-efficiëntie

### 6.2.1 Endura Twist met inblaasrichting naar onder

De posities van de 10 CO<sub>2</sub>-sensoren in de ruimte voor deze opstelling zijn te zien in de onderstaande tabel 16.

Tabel 16: Verdeling CO<sub>2</sub>-sensoren in de ruimte voor metingen met de Endura Twist

| Sensoren         | Positie                                                             | Sensoren         | Positie                                                             |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Sensor 16</b> | Aan de in-/uitlaat van het toestel                                  | <b>Sensor 1B</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 4,5 meter<br>Hoogte: 0,6 meter |
| <b>Sensor 17</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 1,7 meter   | <b>Sensor 1C</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 1,1 meter   |
| <b>Sensor 18</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 0,6 meter   | <b>Sensor 1D</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 2 meter<br>Hoogte: 1,1 meter   |
| <b>Sensor 19</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 4,5 meter<br>Hoogte: 1,7 meter | <b>Sensor 1E</b> | T.h.v. de deur                                                      |
| <b>Sensor 1A</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 2 meter<br>Hoogte: 1,7 meter   | <b>Sensor 1F</b> | Aan de in-/uitlaat van het toestel                                  |

#### 6.2.1.1 Ventilatie-debiet: 30 m<sup>3</sup>/h

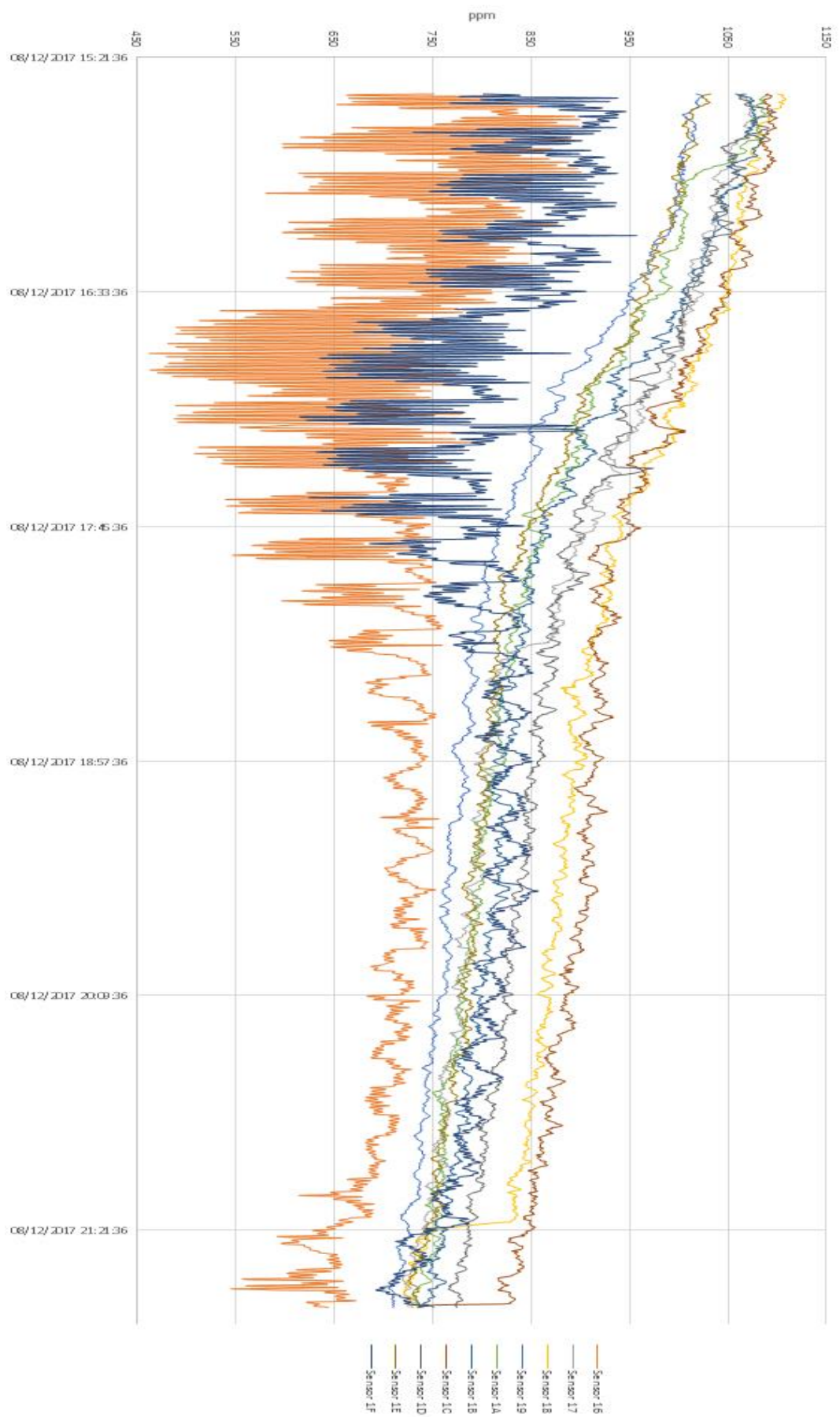
Voordat de metingen begonnen, bedroeg de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie in de ruimte 739 ppm. Dit was het gemiddelde van alle sensoren in de kamer, met uitzondering van de sensoren aan de in- en uitlaten. Om de test te kunnen uitvoeren werd CO<sub>2</sub> in de kamer gelost en gemengd tot op het moment dat de gemiddelde concentratie 1066 ppm bedroeg. Vanaf dat moment werd het mengen van de lucht in de kamer gestopt en werden de metingen gestart. De metingen werden beëindigd als de gemiddelde concentratie terug gezakt was tot 738 ppm.

De onderstaande figuur 61 toont de vervalcurves voor de tien verschillende sensoren. Op de verticale as staat de concentratie aan CO<sub>2</sub> en op de horizontale as de tijd. Op de grafiek is duidelijk te zien dat sensoren 16 en 1F (respectievelijk de oranje en de donkerblauwe curve) zich in de buurt van de alternerende in-/uitlaten bevinden, omdat het verloop van deze curves heel onregelmatig is. Het heeft weinig zin om voor deze twee sensoren de ventilatie-efficiëntie te berekenen omdat de luchtstroom, en dus ook de concentratie CO<sub>2</sub>, op die locaties continu verandert. De overige vervalcurves vertonen een veel eenvoudiger verloop, waardoor hierbij wel een ventilatie-efficiëntie berekend kon worden.

*Tabel 17: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 30 m³/h*

| Sensoren         | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren         | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Sensor 17</b> | 51                         | <b>Sensor 1B</b> | 58                         |
| <b>Sensor 18</b> | 52                         | <b>Sensor 1C</b> | 56                         |
| <b>Sensor 19</b> | 52                         | <b>Sensor 1D</b> | 54                         |
| <b>Sensor 1A</b> | 50                         | <b>Sensor 1E</b> | 58                         |

Voor alle sensoren in de ruimte bedraagt de ventilatie-efficiëntie 50% of meer. Dit betekent dat de ruimte voldoende geventileerd wordt en dat er geen kortsluitstromen optreden.



Figuur 61: Vervolkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 30 m³/h

### 6.2.1.2 Ventilatie-debiet: 60 m<sup>3</sup>/h

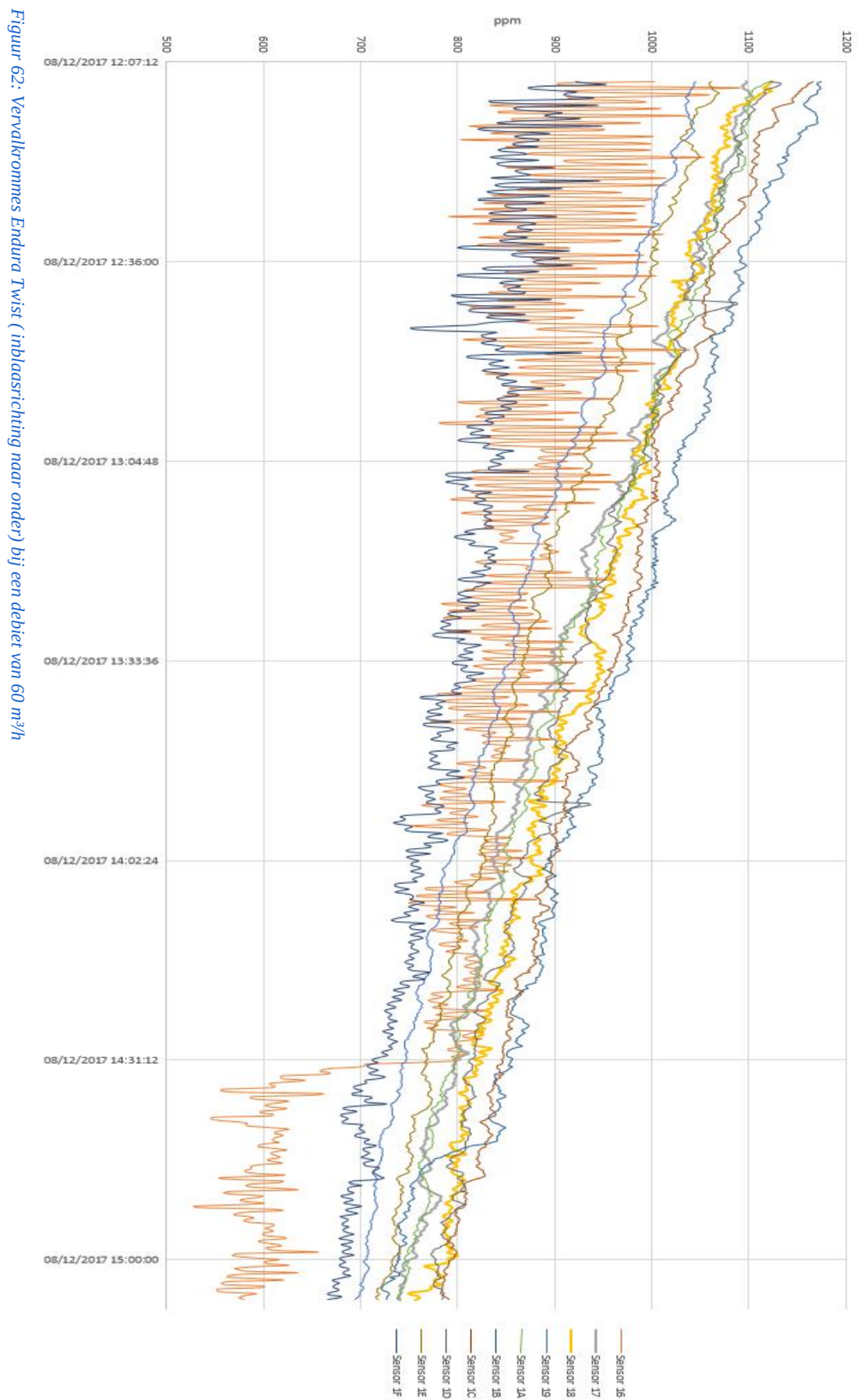
Bij deze opstelling bedroeg de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie voor de metingen 535 ppm. Deze gemiddelde concentratie werd opgetrokken tot 1114 ppm om de test te kunnen uitvoeren. De metingen werden afgesloten als de gemiddelde concentratie opnieuw gezakt was tot 744 ppm.

De onderstaande tabel toont de ventilatie-efficiëntie voor de acht sensoren die zich verspreid in de ruimte bevinden. Daarnaast worden op figuur 62 de vervalkrommes voor deze acht sensoren en de twee sensoren aan de in- en uitlaten (sensoren 16 en 1F) weergegeven. Net als bij een ventilatie-debiet van 30 m<sup>3</sup>/h is het verloop van de vervalkrommes voor deze sensoren aan de in- en uitlaten heel onregelmatig.

*Tabel 18: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 60 m<sup>3</sup>/h*

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 17 | 51                         | Sensor 1B | 45                         |
| Sensor 18 | 51                         | Sensor 1C | 50                         |
| Sensor 19 | 50                         | Sensor 1D | 48                         |
| Sensor 1A | 50                         | Sensor 1E | 48                         |

Sensor 1B bevindt zich achteraan in de kamer op een hoogte van 0,6 m en heeft met 45% de laagste ventilatie-efficiëntie van deze meting. De andere sensoren behalen een ventilatie-efficiëntie die de perfectie van 50% benaderen.



Figuur 62: Vervalkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar onder) bij een debiet van 60 m³/h

## 6.2.2 Endura Twist met inblaasrichting naar boven

De verdeling van de tien sensoren in de ruimte is dezelfde als bij de Endura Twist met een inblaasrichting naar onder.

### 6.2.2.1 Ventilatie-debiet: 30 m<sup>3</sup>/h

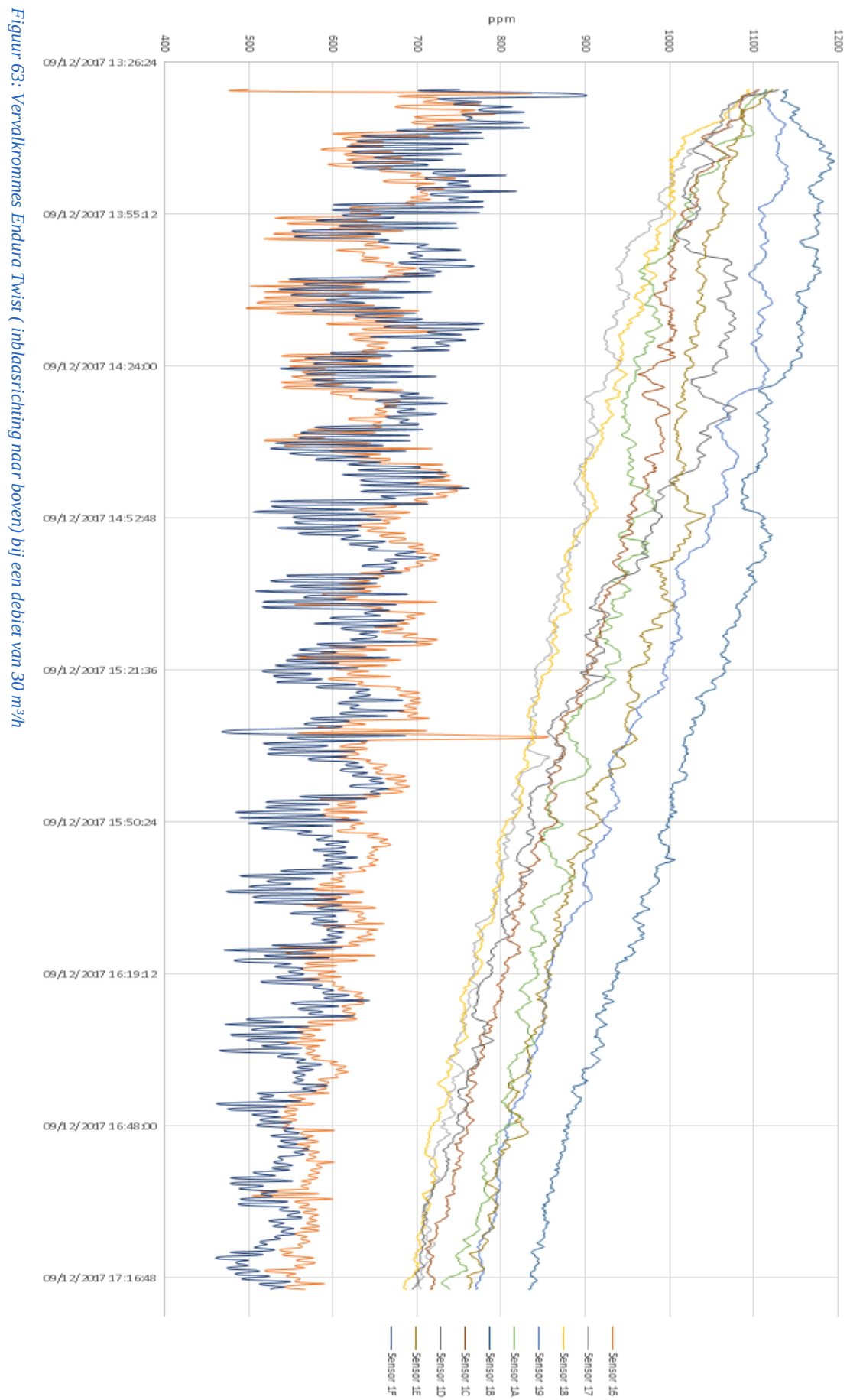
De gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie in de ruimte bedroeg 700 ppm voordat de metingen begonnen. Om de concentratieverval test te kunnen uitvoeren werd de gemiddelde concentratie opgetrokken tot 1117 ppm. Vanaf dat moment werd het mengen van de lucht in de kamer gestopt en werden de metingen gestart. De metingen werden beëindigd als de gemiddelde concentratie terug gezakt was tot 738 ppm.

Figuur 63 toont de vervalcurves van alle sensoren. Omdat de luchtstroom continu wisselt over de in- en uitlaten zijn de vervalcurves van de sensoren op deze locaties heel onregelmatig. Daarom zal voor deze sensoren ook geen ventilatie-efficiëntie berekend worden. In de onderstaande tabel is de ventilatie-efficiëntie voor elke andere sensor in de ruimte te zien.

*Tabel 19: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h*

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 17 | 47                         | Sensor 1B | 55                         |
| Sensor 18 | 48                         | Sensor 1C | 49                         |
| Sensor 19 | 57                         | Sensor 1D | 52                         |
| Sensor 1A | 50                         | Sensor 1E | 56                         |

Sensoren 18, 1A, 1C en 1D benaderen de perfectie van 50% voor de ventilatie-efficiëntie. Sensoren 19, 1B en 1E behalen een positieve ventilatie-efficiëntie van meer dan 50%. Sensor 17 behaalt een ventilatie-efficiënt van minder dan 50%, maar de afwijking is niet onaanvaardbaar. Sensor 17 bevindt zich op een afstand van 1 meter tot het toestel op een hoogte van 1,7 meter.



Figuur 63: Vervolkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h

### 6.2.2.2 Ventilatie-debiet: 60 m³/h

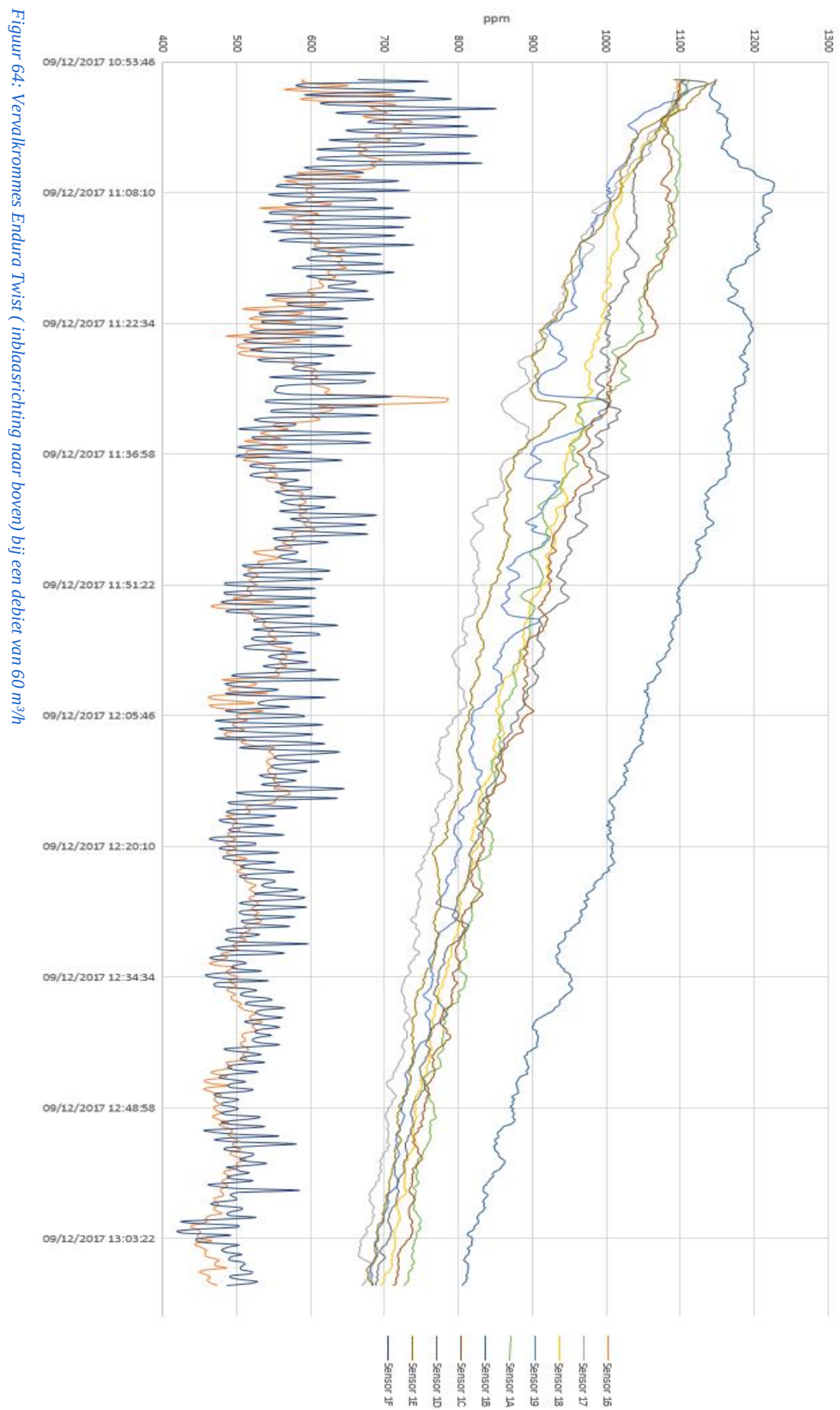
Voordat men begon met het uitvoeren van de metingen, bedroeg de gemiddelde concentratie in de kamer 412 ppm. Deze gemiddelde concentratie werd opgetrokken tot 1114 ppm om de metingen te kunnen uitvoeren. De metingen werden gestopt als de gemiddelde concentratie gedaald was tot 708 ppm.

Figuur 64 toont terug de vervalcurves van alle sensoren en tabel 20 de ventilatie-efficiëntie per sensor, met uitzondering van de sensoren aan de in- en uitlaten.

*Tabel 20: Ventilatie-efficiëntie Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 60 m³/h*

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 17 | 44                         | Sensor 1B | 58                         |
| Sensor 18 | 47                         | Sensor 1C | 50                         |
| Sensor 19 | 45                         | Sensor 1D | 50                         |
| Sensor 1A | 47                         | Sensor 1E | 43                         |

Sensoren 17, 18, 19, 1A en 1E behalen een ventilatie-efficiëntie van minder dan 50%. Dit betekent dat er op deze locaties kortsluitstromen optreden en dat er onvoldoende geventileerd wordt. Sensoren 1C en 1D benaderen de perfectie. Sensor 1B behaalt een ventilatie-efficiëntie van meer dan 50%, wat ook aanvaard wordt. Sensor 1B bevindt zich helemaal achteraan in de kamer, op 4,5 meter van het ventilatietoestel.



Figuur 64: Vervolkrommes Endura Twist (inblaasrichting naar boven) bij een debiet van 60 m<sup>3</sup>/h

### 6.2.3 Provent D-luxe

De opstelling van de verschillende CO<sub>2</sub>-sensoren is te zien in de onderstaande tabel 21.

*Tabel 21: Verdeling van de CO<sub>2</sub>-sensoren in de ruimte voor metingen met de Provent D-luxe*

| Sensoren         | Positie                                                             | Sensoren         | Positie                                                             |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Sensor 16</b> | Aan de inlaat (onderkant van het toestel)                           | <b>Sensor 1B</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 4,5 meter<br>Hoogte: 0,6 meter |
| <b>Sensor 17</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 1,7 meter   | <b>Sensor 1C</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 1,1 meter   |
| <b>Sensor 18</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 1 meter<br>Hoogte: 1,1 meter   | <b>Sensor 1D</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 2,5 meter<br>Hoogte: 1,1 meter |
| <b>Sensor 19</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 4,5 meter<br>Hoogte: 1,7 meter | <b>Sensor 1E</b> | T.h.v. de deur                                                      |
| <b>Sensor 1A</b> | Horizontale afstand tot het toestel: 2 meter<br>Hoogte: 1,7 meter   | <b>Sensor 1F</b> | Aan de uitlaat (bovenkant van het toestel)                          |

Bij het verwerken van de resultaten van de metingen bleek dat de sensoren 1B en 1D geen betrouwbare resultaten gaven, zowel bij een ventilatiedebiet van 36 m<sup>3</sup>/h als bij een ventilatiedebiet van 50 m<sup>3</sup>/h. De ventilatie-efficiëntie op de locaties van deze sensoren werd dus ook niet berekend.

Omdat de Provent D-luxe, in tegenstelling tot de andere onderzochte toestellen, continu werkt en de luchtstroom niet wordt omgewisseld, kan voor de sensoren 16 en 1F (respectievelijk aan de in- en uitlaat) de ventilatie-efficiëntie wel berekend worden.

#### 6.2.3.1 Ventilatiedebiet: 36 m<sup>3</sup>/h

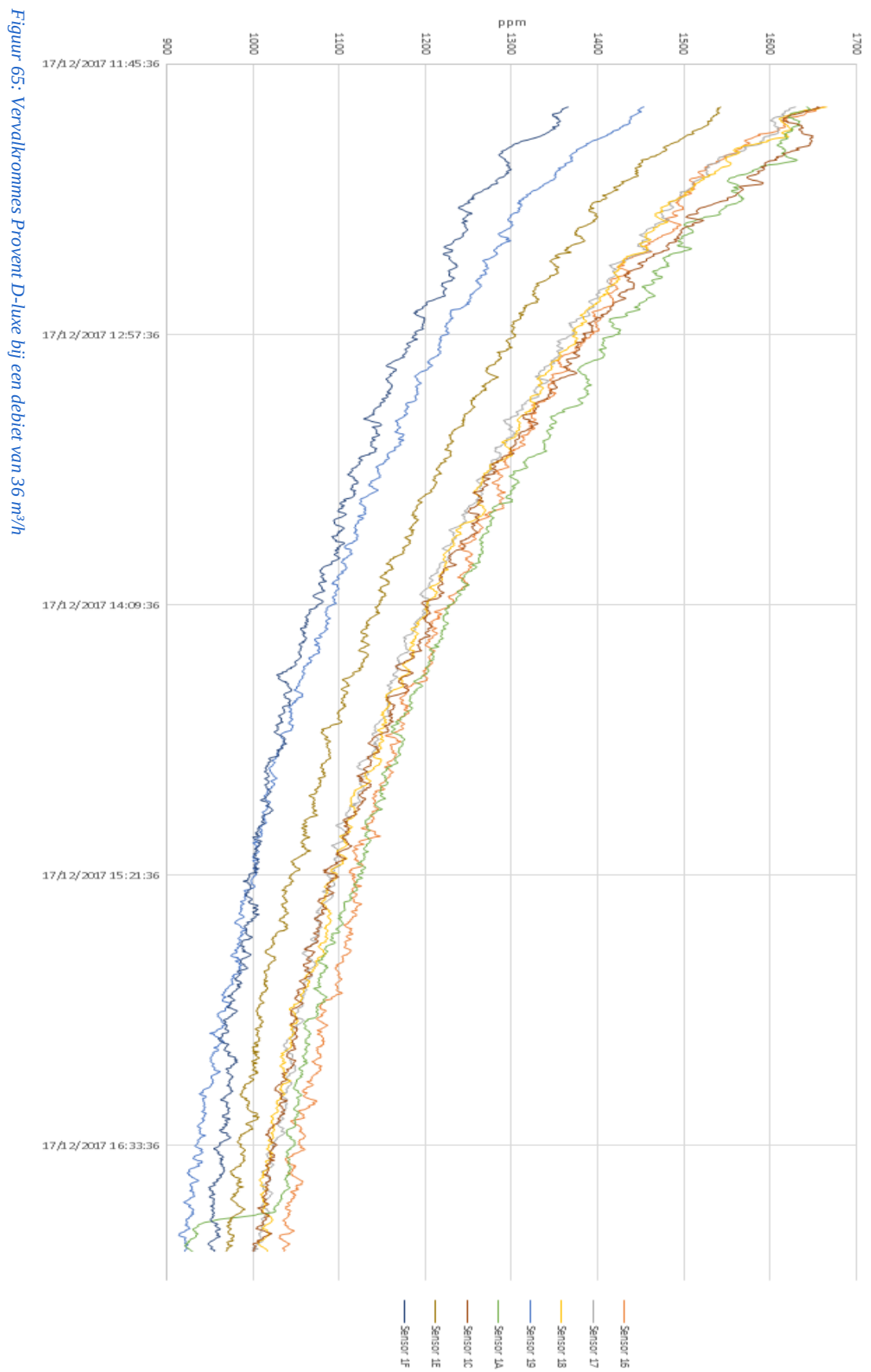
Voordat de metingen gestart werden, bedroeg de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie in de ruimte 636 ppm. Deze gemiddelde concentratie werd opgetrokken naar 1578 ppm aan het begin van de metingen. De metingen werden gestopt wanneer de gemiddelde concentratie opnieuw gedaald was tot 979 ppm.

Figuur 65 toont de verval-krommes van de bruikbare sensoren. Voor deze sensoren werd ook een overzicht gemaakt van de ventilatie-efficiëntie per sensor in tabel 22.

*Tabel 22: Ventilatie-efficiëntie Provent D-luxe bij een debiet van 36 m³/h*

| Sensoren         | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren         | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|
| <b>Sensor 16</b> | 50                         | <b>Sensor 1A</b> | 50                         |
| <b>Sensor 17</b> | 50                         | <b>Sensor 1C</b> | 49                         |
| <b>Sensor 18</b> | 49                         | <b>Sensor 1E</b> | 50                         |
| <b>Sensor 19</b> | 50                         | <b>Sensor 1F</b> | 48                         |

In deze opstelling behalen alle sensoren een ventilatie-efficiëntie die de perfectie van 50% benadert.



Figuur 65: Vervolkrømmes Provent D-luxe bij een debiet van 36 m³/h

### 6.2.3.2 Ventilatie-debiet: 50 m<sup>3</sup>/h

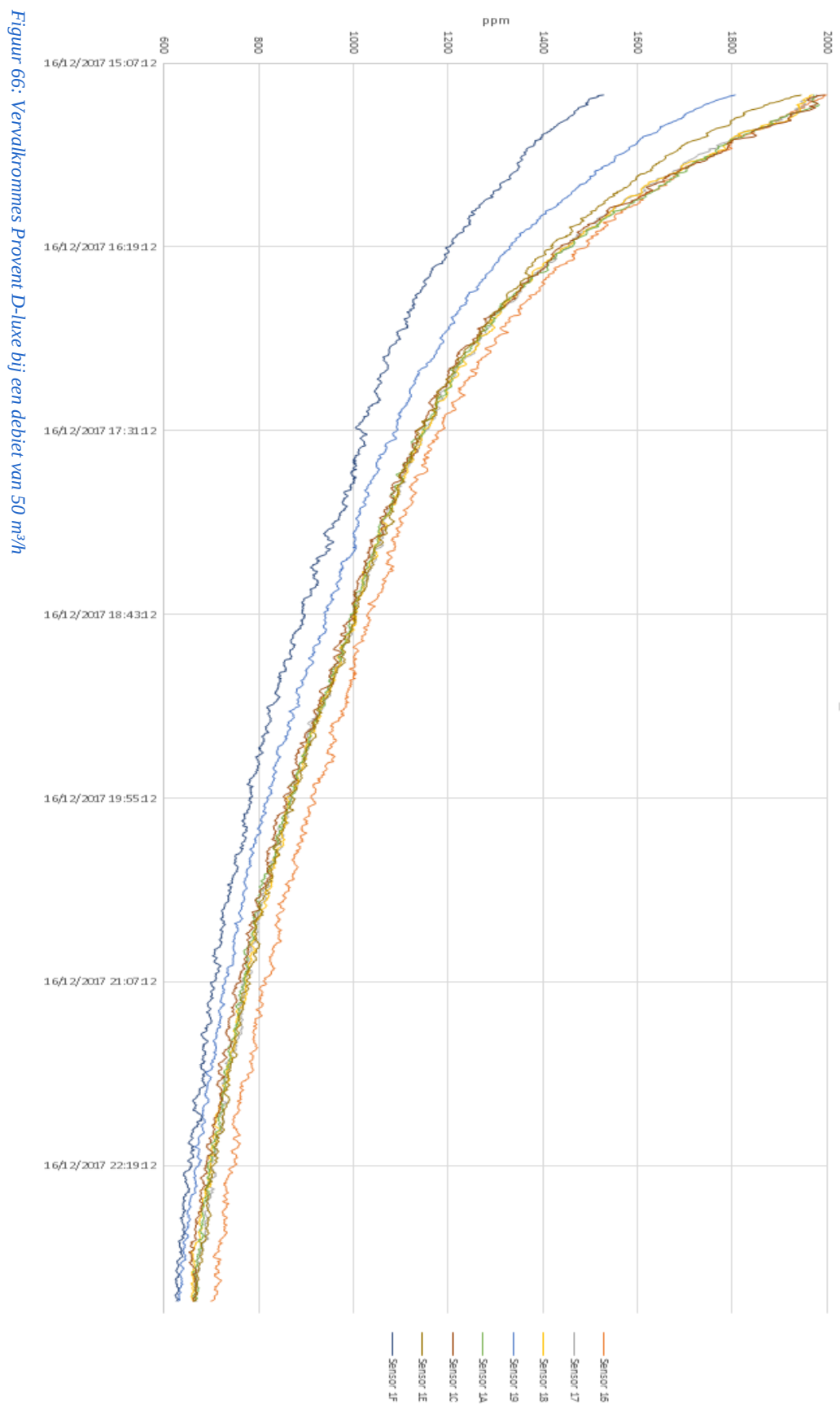
Om de metingen tot een goed einde te kunnen brengen werd de gemiddelde beginconcentratie van 1003 ppm opgetrokken naar 1900 ppm aan het begin van de metingen. De metingen werden gestopt als de gemiddelde concentratie gedaald was 671 ppm.

Figuur 66 toont voor deze opstelling de vervalcurve van de verschillende sensoren, met uitzondering van de sensoren 1B en 1D omdat deze geen betrouwbare resultaten gaven. In tabel 23 wordt opnieuw een overzicht gemaakt van de ventilatie-efficiëntie per sensor.

*Tabel 23: Ventilatie-efficiëntie Provent D-luxe bij een debiet van 50 m<sup>3</sup>/h*

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 16 | 40                         | Sensor 1A | 43                         |
| Sensor 17 | 43                         | Sensor 1C | 43                         |
| Sensor 18 | 43                         | Sensor 1E | 43                         |
| Sensor 19 | 44                         | Sensor 1F | 44                         |

De ventilatie-efficiëntie in de buurt van alle sensoren is kleiner dan 50% en is dus niet aanvaardbaar.



## 6.2.4 Tempero eco 150 ceram

De verdeling van de tien sensoren in de ruimte is dezelfde als bij de metingen met de Endura Twist. Sensoren 16 en 1F werden dus opnieuw aan de in-/uitlaat geplaatst. Net als bij de Endura Twist wordt de luchtstroom continu gewisseld. Het verschil is dat dit toestel slechts één ventilator heeft en dat er dus niet gelijktijdig pulsie en extractie optreedt.

### 6.2.4.1 Ventilatie-debiet: 30 m<sup>3</sup>/h

De gemiddelde beginconcentratie, voor de metingen, bedroeg 720 ppm. Deze gemiddelde concentratie werd verhoogd naar 1102 ppm aan het begin van de metingen. De metingen werden pas gestopt als de gemiddelde concentratie opnieuw gedaald was tot 760 ppm.

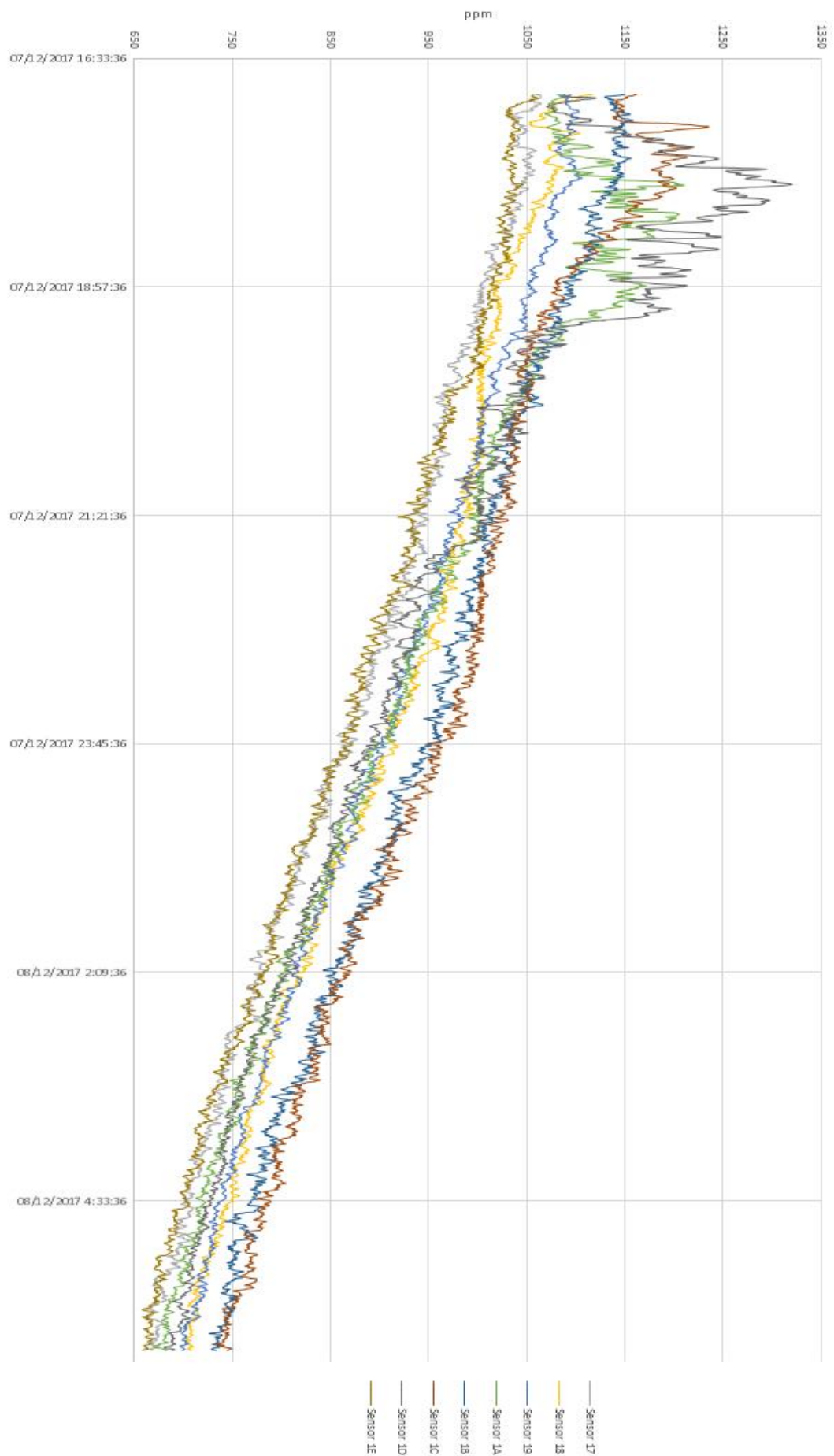
Ook voor deze opstelling worden voor de verschillende sensoren de vervalkrommes gegenereerd. Omdat de sensoren 16 en 1F zich aan de in-/uitlaat bevinden, is het verloop van deze krommes heel onregelmatig (zie figuur 67). Net zoals bij de Endura Twist zal voor deze sensoren de ventilatie-efficiëntie niet bepaald worden. De onderstaande tabel 24 toont de ventilatie-efficiëntie per sensor voor de overige sensoren.

Tabel 24: Ventilatie-efficiëntie Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 17 | 51                         | Sensor 1B | 50                         |
| Sensor 18 | 49                         | Sensor 1C | 50                         |
| Sensor 19 | 52                         | Sensor 1D | 52                         |
| Sensor 1A | 53                         | Sensor 1E | 51                         |

Bijna alle sensoren benaderen de perfecte ventilatie-efficiëntie van 50%. Enkel sensor 1A heeft een iets hoger efficiëntie, maar dat is aanvaardbaar.

Het verloop van de vervalkrommes is, in vergelijking met de andere toestellen, onregelmatig. De verklaring hiervoor is dat er bij dit toestel geen continue afvoer is van de binnenlucht. Dit toestel is namelijk uitgerust met slechts één ventilator en wisselt elke 70 seconden tussen pulsie en extractie. Om de ruimte voldoende te kunnen ventileren zouden er twee toestellen van dit type moeten geïnstalleerd worden. Die toestellen moeten dan op elkaar afgestemd worden, zodat op elk moment één van de twee toestellen vervuilde lucht afvoert.



Figuur 67: Vervolkrummes Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h

#### 6.2.4.2 Ventilatie-debiet: 60 m³/h

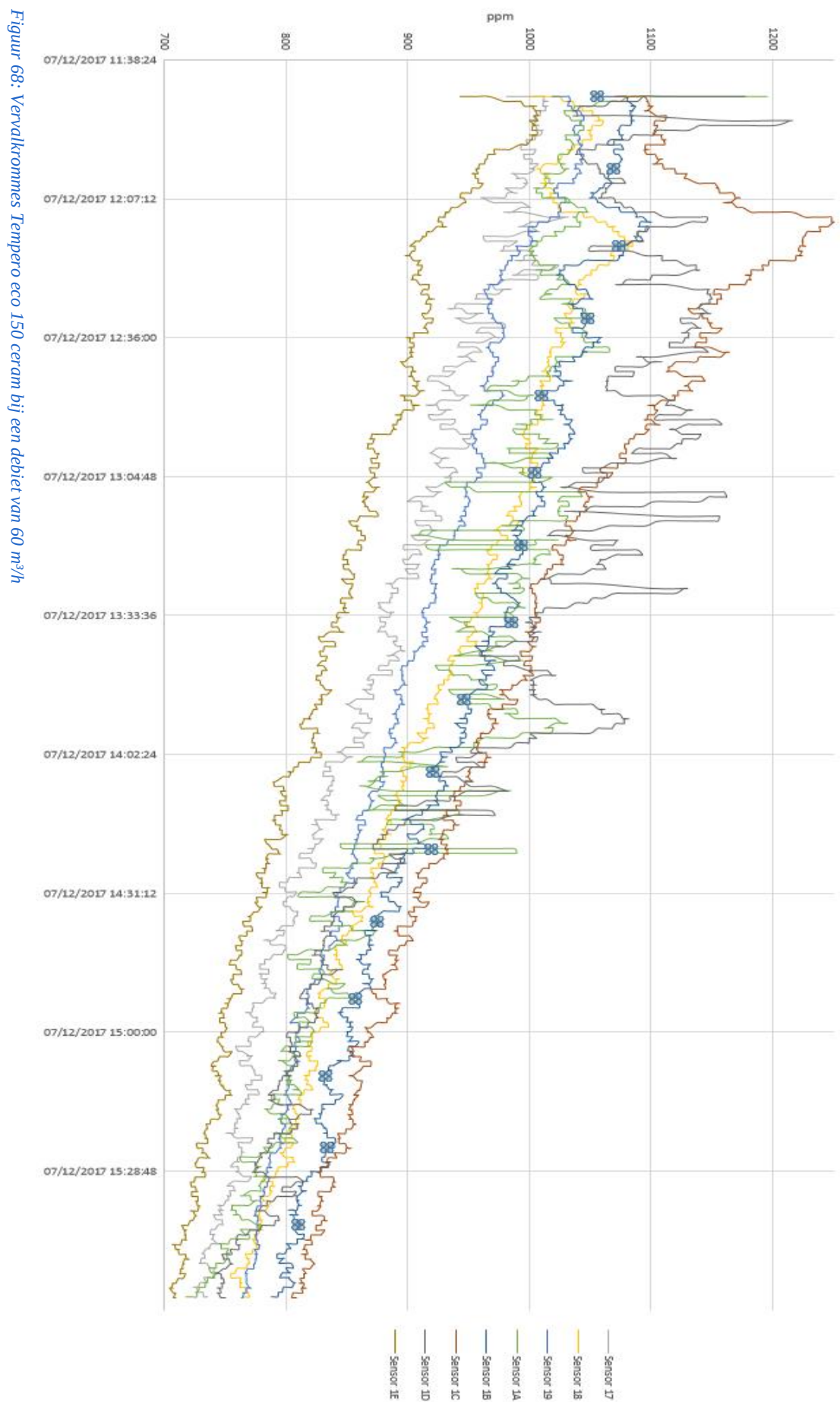
Voor deze laatste opstelling bedroeg de gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie voor de metingen 436 ppm. Deze concentratie werd verhoogd naar 1056 ppm aan het begin van de metingen. Aan het einde van de metingen was de gemiddelde concentratie in de ruimte gedaald tot 760 ppm.

In figuur 68 worden de vervalkrommes voor de verschillende sensoren weergegeven. Wat opvalt is dat het verloop van deze krommes onregelmatiger is in vergelijking met de metingen op de andere toestellen. Ook hier is de oorzaak dat er geen continue extractie plaatsvindt. De ventilatie-efficiëntie per sensor wordt weergegeven in de onderstaande tabel 25.

*Tabel 25: Ventilatie-efficiëntie Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 60 m³/h*

| Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] | Sensoren  | Ventilatie-efficiëntie [%] |
|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|
| Sensor 17 | 56                         | Sensor 1B | 52                         |
| Sensor 18 | 58                         | Sensor 1C | 58                         |
| Sensor 19 | 51                         | Sensor 1D | 59                         |
| Sensor 1A | 37                         | Sensor 1E | 51                         |

In figuur 68 is duidelijk te zien dat de vervalkrommes heel onregelmatig zijn. Dit verklaart waarom de ventilatie-efficiënt voor sensor 1A en bijvoorbeeld sensor 1D zo veel verschillen. Zoals eerder al vermeld werd, zijn er twee toestellen van dit type nodig om een kamer voldoende te ventileren.



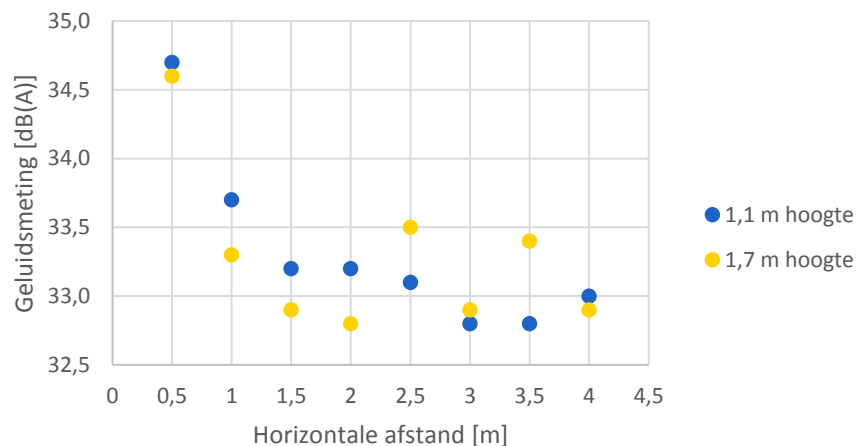
Figuur 68: Vervolkrommes Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 60 m³/h

### 6.3 Akoestisch comfort

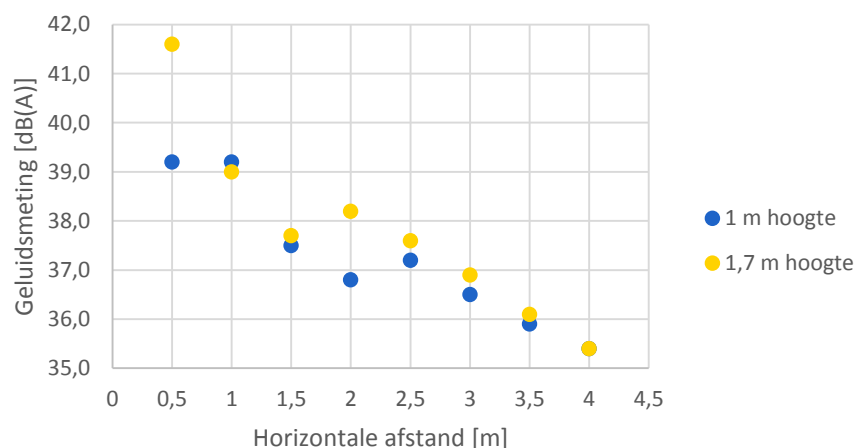
Voordat er geluidsmetingen werden uitgevoerd op de verschillende toestellen, werd eerst het achtergrondlawaai gemeten in de warme ruimte van de klimaatkamer. Deze meting gebeurde op een zaterdag wanneer er geen activiteiten aan de gang waren in de productiehal waar de klimaatkamer staat en de radio uitstond. Deze geluidsmeting bedroeg 32,7 dB(A), wat betekent dat aan de norm voor verhoogd akoestisch comfort niet voldaan is. Met als gevolg dat de geluidsmeting op de verschillende toestellen ook niet zullen voldoen aan deze eisen voor verhoogd akoestisch comfort.

#### 6.3.1 Endura Twist

Omdat de inblaasrichting geen invloed heeft op de geluidsproductie, werden er bij de Endura Twist enkel geluidsmetingen uitgevoerd met een inblaasrichting naar onder. Er werden metingen uitgevoerd bij ventilatiedebieten van 30 m<sup>3</sup>/h en 60 m<sup>3</sup>/h. De resultaten van deze metingen zijn terug te vinden in de onderstaande grafieken.



Figuur 69: Geluidsmeting Endura Twist bij een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h



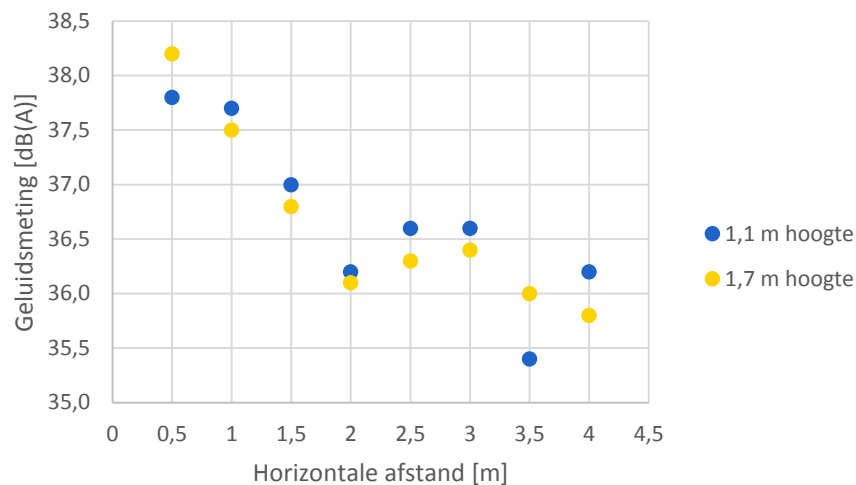
Figuur 70: Geluidsmeting Endura Twist bij een debiet van 60 m<sup>3</sup>/h

Bij een (nominaal) debiet van 30 m<sup>3</sup>/h bedraagt de gemiddelde geluidsproductie in de ruimte 33,3 dB(A). Bij het maximale debiet van 60 m<sup>3</sup>/h stijgt deze waarde naar 37,5 dB(A).

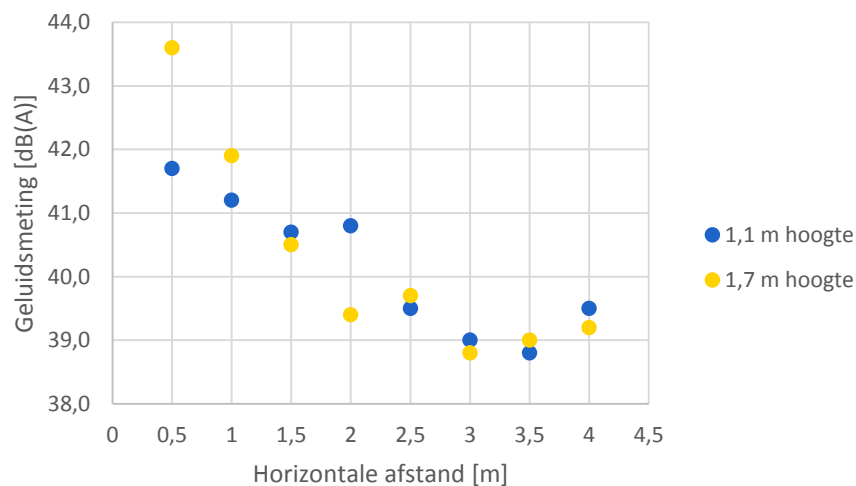
Omdat bij een ventilatiedebiet van 30 m<sup>3</sup>/h de geluidsproductie in de volledige ruimte kleiner is dan 35 dB(A), zal er volgens de Belgische norm bij gebruik van dit toestel normaal akoestisch comfort heersen in een keuken, badkamer of WC. Bij een maximaal debiet wordt de norm niet gehaald.

### 6.3.2 Provent D-luxe

Om de Provent D-luxe zo goed mogelijk te vergelijken met de andere modellen, werden er voor dit toestel geluidsniveaumetingen uitgevoerd bij ventilatiedebieten van 36 m<sup>3</sup>/h en 50 m<sup>3</sup>/h.



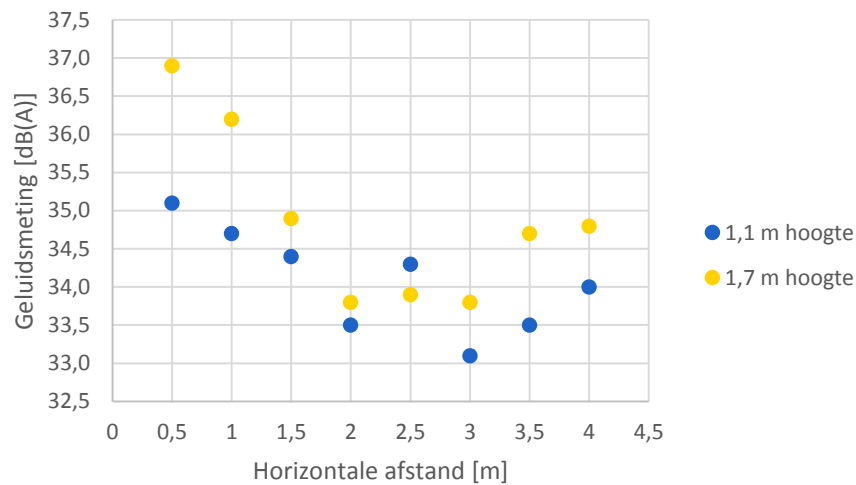
Figuur 71: Geluidsmeting Provent D-luxe bij een debiet van 36 m<sup>3</sup>/h



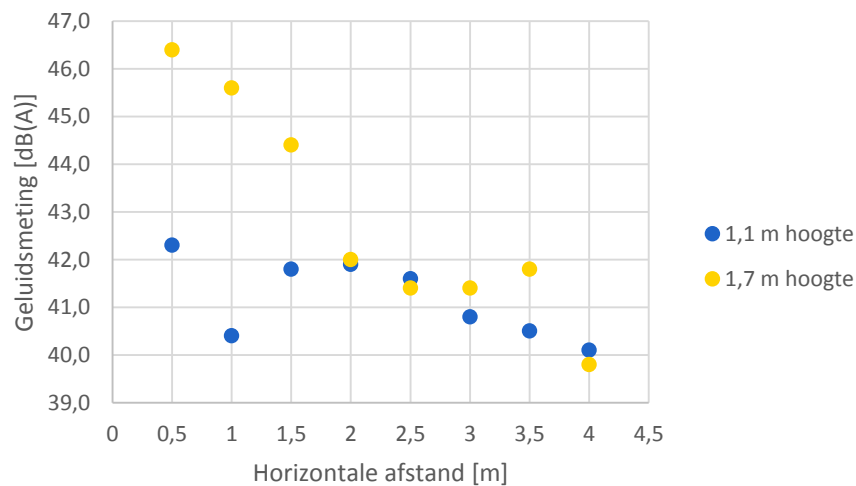
Figuur 72: Geluidsmeting Provent D-luxe bij een debiet van 50 m<sup>3</sup>/h

Het gemiddelde gemeten geluidsniveau bedraagt 36,7 dB(A) bij een ventilatiedebiet van 36 m<sup>3</sup>/h. Bij een ventilatiedebiet van 50 m<sup>3</sup>/h stijgt deze waarde naar gemiddeld 40,2 dB(A). In beide ventilatiestanden wordt geen normaal akoestisch comfort bereikt.

### 6.3.3 Tempero eco 150 ceram



Figuur 73: Geluidsmeting Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 30 m³/h



Figuur 74: Geluidsmeting Tempero eco 150 ceram bij een debiet van 60 m³/h

Voor dit toestel bedraagt het gemiddelde geluidsniveau 34,5 dB(A) bij een ventilatiedebiet van 30 m³/h. Als het ventilatiedebiet stijgt naar zijn maximale waarde van 60 m³/h, bedraagt het gemiddelde geluidsniveau 42 dB(A).

De norm voor normaal akoestisch comfort in een keuken, badkamer of WC wordt gehaald bij een ventilatiedebiet van 30 m³/h als de horizontale afstand tot het toestel groter is dan één meter. Bij een maximaal debiet van 60 m³/h wordt, net als bij de Endura Twist, de norm niet gehaald.

## 6.4 Energieverbruik

In de onderstaande tabellen is voor elk ventilatiedebiet van de verschillende toestellen het verbruik en de jaarlijkse elektriciteitskost te zien. Aan de hand van deze gegevens kan een schatting gemaakt worden voor het werkelijke, jaarlijkse verbruik per toestel.

Tabel 26: Elektriciteitsverbruik van Endura Twist

| Endura Twist               |                |                                                |
|----------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| Debiet [m <sup>3</sup> /h] | Verbruik [kWh] | Jaarlijkse elektriciteitskost per toestel* [€] |
| 30                         | 0,0054         | €12,77                                         |
| 60                         | 0,0085         | €20,10                                         |

\*Eenheidsprijs elektriciteit: €0,27/kWh

Tabel 27: Elektriciteitsverbruik van Provent D-luxe

| Provent D-luxe             |                |                                                |
|----------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| Debiet [m <sup>3</sup> /h] | Verbruik [kWh] | Jaarlijkse elektriciteitskost per toestel* [€] |
| 15                         | 0,0070         | €16,49                                         |
| 25                         | 0,0084         | €19,87                                         |
| 36                         | 0,0112         | €26,49                                         |
| 50                         | 0,0172         | €40,68                                         |
| 75                         | 0,0348         | €82,31                                         |

\*Eenheidsprijs elektriciteit: €0,27/kWh

Tabel 28: Elektriciteitsverbruik van Tempero eco 150 ceram

| Tempero eco 150 ceram      |                |                                                |
|----------------------------|----------------|------------------------------------------------|
| Debiet [m <sup>3</sup> /h] | Verbruik [kWh] | Jaarlijkse elektriciteitskost per toestel* [€] |
| 30                         | 0,0031         | €7,33                                          |
| 45                         | 0,0042         | €9,93                                          |
| 60                         | 0,0054         | €12,77                                         |

\*Eenheidsprijs elektriciteit: €0,27/kWh

Stel dat de Tempero eco 150 ceram 7660 uren per jaar werkt op een debiet van 30 m<sup>3</sup>/h, 1000 uren per jaar op een debiet van 45 m<sup>3</sup>/h en 100 uren per jaar op een maximaal debiet van 60 m<sup>3</sup>/h, dan zal de jaarlijkse elektriciteitskost €7,69 per toestel bedragen. Er moet wel rekening mee gehouden worden dat, in vergelijking met de andere toestellen, er dubbel zoveel units van dit type moeten geïnstalleerd worden om de ruimte voldoende te ventileren (zie 6.2.4).

Een vergelijkbare berekening voor de Provent D-luxe (7660 uren per jaar op 25 m<sup>3</sup>/h, 1000 uren per jaar op 36 m<sup>3</sup>/h en 100 uren per jaar op 50 m<sup>3</sup>/h) levert een jaarlijkse elektriciteitskost op van €20,86 per toestel.

Omdat de Endura Twist enkel getest kon worden op een ventilatiedebiet van 30 m<sup>3</sup>/h of 60 m<sup>3</sup>/h, zal de schatting op een andere manier gebeuren. Voor dit toestel wordt ervan uitgegaan dat het 1/5<sup>e</sup> van de tijd op zijn maximale debiet van 60 m<sup>3</sup>/h werkt en de rest van de tijd op zijn nominale debiet van 30 m<sup>3</sup>/h. Deze schatting levert een jaarlijkse elektriciteitskost op van €14,24 per toestel.

Om in een woning een vergelijkbaar debiet te leveren als een normaal systeem D, moeten er ongeveer acht decentrale ventilatie-units geïnstalleerd worden. Dit betekent ook dat er van de Tempero eco 150 ceram zelfs zestien units geïnstalleerd moeten worden. Een overzicht van de geschatte energiekost per jaar voor een woning dat uitgerust wordt met acht decentrale ventilatie-units (Endura Twist en Provent D-luxe) of zestien units (Tempero eco 150 ceram) is te zien in de onderstaande tabel.

*Tabel 29: Geschatte jaarlijkse elektriciteitskost*

| Geschatte jaarlijkse elektriciteitskost |                                          |                                     |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| Toestel                                 | Elektriciteitsverbruik installatie [kWh] | Kost voor een volledige installatie |
| Endura Twist                            | 421,9                                    | €113,91                             |
| Provent D-luxe                          | 618,1                                    | €166,88                             |
| Tempero eco 150 ceram                   | 455,8                                    | €123,06                             |

Het verbruik van een installatie met acht units van de Endura Twist is vergelijkbaar met dat van een installatie met dubbel zoveel units van de Tempero eco 150 ceram. Dit komt omdat elk Tempero eco 150 ceram toestel over slechts één ventilator beschikt, terwijl de Endura Twist over twee ventilatiemodules beschikt. In vergelijking met de geschatte jaarlijkse elektriciteitskost van een centraal systeem D in 2.4.4.1, zullen deze installaties ongeveer evenveel kosten aan elektriciteit. Het verbruik van de Provent D-luxe is hoger dan bij de andere twee toestellen. Dit resulteert dan ook in een hogere geschatte jaarlijkse elektriciteitskost. Een installatie van acht Provent D-luxe toestellen zal op een jaar tijd bijna de helft meer kosten aan elektriciteit dan een vergelijkbare installatie met evenveel Endura Twist toestellen.

## 7 Conclusie

Bij het bestuderen van de draught rate (DR) valt op dat bij een hoog ventilatiedebiet, gecombineerd met een temperatuurverschil van 20°C tussen de binnen- en de buitentemperatuur, de limietwaarde van 20% bij elk toestel overschreden wordt. Enkel wanneer de inblaasrichting naar boven gericht is bij de Endura Twist treedt er geen tocht op. De plaatsen in de ruimte waar wel tocht optreedt, verschillen sterk per toestel. Dit komt omdat het luchtstrooppatroon dat in de ruimte ontstaat anders is voor elk toestel. Met een inblaasrichting naar onder gericht bij de Endura Twist treedt er tocht op juist onder het toestel, maar niet in de rest van de ruimte. Bij de Provent D-luxe daarentegen ontstaat er tocht op een hoogte van 1,70 meter op een afstand van 3 meter tot het toestel. Bij gebruik van de Tempero eco 150 ceram treedt er dan weer te veel tocht op in de zone t.e.m. 1,5 meter van het toestel op een hoogte van 0,10 meter. Wanneer enkel gekeken wordt naar de DR, dan presteert de Endura Twist, met een inblaasrichting naar boven, het best.

Voor het algemeen thermisch comfort wordt er gekeken naar de gemiddelde waarden voor de PMV en de PPD. Volgens comfortcategorie B uit de norm NBN EN ISO 7730 moet de PMV tussen -0,50 en 0,50 liggen, wat overeenkomt met een PPD van minder dan 10%. Bij een ventilatiedebiet van ongeveer 30 m<sup>3</sup>/h voldoet elk toestel aan deze voorwaarden, ongeacht het temperatuurverschil. De enige opstelling die net niet voldoet aan de voorwaarden is de Endura Twist met een inblaasrichting naar boven, bij een ventilatiedebiet van 60 m<sup>3</sup>/h en een temperatuurverschil van 20°C. Voor deze opstelling bedragen de PMV en de PPD respectievelijk -0,50 en 10%, welke dus net niet binnen de limietwaarden vallen.

De ADPI is voor elke opstelling kleiner dan 0,8 en dat betekent volgens de Amerikaanse norm dat er geen thermisch comfort heerst in de ruimte. Zelfs bij een ventilatiedebiet van 30 m<sup>3</sup>/h en zonder temperatuurverschil tussen de binnen- en buitentemperatuur, wordt aan de ADPI-voorwaarde niet voldaan. De Europese parameters, DR, PMV en PPD, geven een veel beter idee van het thermisch comfort. De ADPI is dus geen goede parameter om het thermisch comfort te beoordelen in dit onderzoek.

Bij een ventilatiedebiet van ongeveer 30 m<sup>3</sup>/h benadert elk toestel de perfecte ventilatie-efficiëntie. Omdat bij de Tempero eco 150 ceram de richting van de luchtstroom continu wisselt en er dus niet altijd extractie plaatsvindt, ontstaat er een heel onregelmatige vervalcurve. Hierdoor is, vooral bij een groter debiet, de berekening van de ventilatie-efficiëntie moeilijk. Daarnaast valt nog op dat bij de provent D-luxe op een debiet van 50 m<sup>3</sup>/h, de ventilatie-efficiëntie in elk meetpunt kleiner is dan 50% en dus te laag is. Ook voor de Endura Twist met een inblaasrichting naar boven is de ventilatie-efficiëntie te laag in verschillende meetpunten als het ventilatiedebiet 60 m<sup>3</sup>/h bedraagt.

Zowel de Endura Twist als de Tempero eco 150 ceram voldoen aan de Belgische norm voor normaal akoestisch comfort in de keuken, WC en badkamer, op voorwaarde dat ze werken met een

ventilatie-debiet van 30 m<sup>3</sup>/h. Bij een hoger ventilatie-debiet behaalt geen enkel toestel deze norm. Er dient hierbij te worden opgemerkt dat het gemeten achtergrondlawaai hoger was dan de limietwaarden voor verhoogd akoestisch comfort, en zelfs hoger dan de limietwaarden voor normaal akoestisch comfort in de woon- en slaapkamer.

Om de jaarlijkse elektriciteitskost van decentrale ventilatie te vergelijken met deze van een centraal systeem D, moet er rekening mee gehouden worden dat er gemiddeld acht decentrale ventilatie-units nodig zijn om een woning voldoende te ventileren. Daarnaast moet er ook rekening gehouden worden met het feit dat er dubbel zoveel Tempero eco 150 ceram toestellen nodig zijn om, in vergelijking met de andere toestellen, een ruimte voldoende te ventileren. Daarom zal ervan uitgegaan worden van een installatie met zestien toestellen van dit type. Als hiermee rekening gehouden wordt, dan is de geschatte jaarlijkse elektriciteitskost van een installatie met zestien Tempero eco 150 ceram toestellen en van een installatie met acht Endura Twist toestellen vergelijkbaar. Bovendien is het geschatte jaarlijkse verbruik van deze twee installaties ongeveer even groot als dat van een centraal ventilatiesysteem D. Tot slot zal een installatie van acht Provent D-luxe toestellen op een jaar tijd bijna de helft meer kosten aan elektriciteit dan een vergelijkbare installatie met evenveel Endura Twist toestellen.

## Referenties

- AirDistSys 5000. (z.j.). Air Distribution Measuring System AirDistSys 5000. (z.j.). Gliwice: Sensor Electronic.
- Airria. (2014). Airria Aérateur fenêtre. (2014). Geraadpleegd op 23 oktober 2017 via [http://www.airria.be/photo/product/10/20140109fr\\_airria\\_fenetre.pdf](http://www.airria.be/photo/product/10/20140109fr_airria_fenetre.pdf)
- Binnenmilieu en Gezondheid in Planvorming* [themablad]. (2013). Den Haag: GGD Haaglanden.
- Camps, A. (2014). Energie voor ventilatie. Geraadpleegd op 26 oktober 2017 via <http://www.habitos.be/nl/bouwen/energie-voor-ventilatie-9708/>
- Chao, C. & Wan, M. (2004). Airflow and air temperature distribution in the occupied region. *Building and Environment*, 39, nr. 7, pp. 749-762.
- CLM1000. (z.j.). [https://www.christ-electronic-shop.de/index.php?route=product/product&path=33232\\_33233&product\\_id=136004](https://www.christ-electronic-shop.de/index.php?route=product/product&path=33232_33233&product_id=136004). Geraadpleegd op 28 oktober 2017.
- Comfortroosters. (2014). Onderzoek en ontwikkeling comfortroosters: thermische en akoestisch comfortabele natuurlijke luchttoevoer in leefruimtes. (2014). Waregem: Renson.
- Cui, S., Cohen, M., Stabat, P. & Marchio, D. (2015). CO2 tracer gas concentration decay method for measuring air change rate. *Building and Environment*, 84, pp. 162-169.
- Decibelometers. (z.j.). <https://www.conrad.be/ce/nl/content/decibelometers/decibelometers>. Geraadpleegd op 21 december 2017.
- Elektriciteitsprijzen. (2016). Evolutie van de totale elektriciteits-en aardgasprijzen (incl. btw) voor huishoudelijke afnemers. (2016). Geraadpleegd op 26 oktober 2017 via [http://www.vreg.be/sites/default/files/evolutie\\_prijzen\\_hh\\_september\\_2016.pdf](http://www.vreg.be/sites/default/files/evolutie_prijzen_hh_september_2016.pdf)
- Endura Twist. (z.j.). Endura Twist, dezentrale fensterlüftung mit wärmerückgewinnung. (z.j.). Geraadpleegd op 5 november 2017 via <http://www.renson.de/luftung-fassadenverkleidung-und-sonnenschutz-deutschland-endura-twist-dezentrale-fensterluftung-mit-w-rmeruckgewinnung.html>
- Fanger, P., Melikov, A., Hanzawa, H. & Ring, J. (1988). Air Turbulence and Sensation of Draught. *Energy and Buildings*, 12, nr.1, pp. 21-39.
- Hoyt, T., Schiavon, S., Piccioli, A., Cheung, T., Moon, D. & Steinfeld, K. (2017). CBE Thermal Comfort Tool. Geraadpleegd op 6 december 2017 via <http://comfort.cbe.berkeley.edu/>
- ISO/DIS 12569. (2016). *Thermal performance of buildings and materials - Determination of specific airflow rate in buildings - Tracer gas dilution method*. Geneva: ISO copyright office.

- LT-50. (z.j.). New LT-50 ventilation system with heat recovery. (z.j.). Geraadpleegd op 23 oktober 2017 via <https://www.stiebel.com.au/ventilation-with-heat-recovery>
- Manz, H., Huber, H., Schölin, A., Weber, A., Ferrazzini, M. & Studer, M. (2000). Performance of single room ventilation units with recuperative or regenerative heat recovery. *Energy and Buildings*, 31, nr.1, pp. 37-47.
- Mundt, E., Mathisen, H. M., Nielsen, P. V. & Moser, A. (2004). *Ventilation Effectiveness*. Brussel: Rehva.
- NBN D 50-001. (1991). *Ventilatievoorzieningen in woongebouwen*. Brussel: Bureau voor Normalisatie.
- NBN EN 13141-1. (2004). *Luchtverversing van gebouwen - Prestatiebeproeving van onderdelen/producten voor luchtverversing in woningen - Deel 1: Binnen en buiten gemonteerde luchtroosters*. Brussel: Bureau voor Normalisatie.
- NBN EN ISO 7726. (2001). *Ergonomie van de thermische omgeving - Instrumenten voor het meten van fysische grootheden*. Brussel: Bureau voor Normalisatie.
- NBN EN ISO 7730. (2006). *Ergonomie van de thermische omgeving - Analytische bepaling en interpretatie van thermische behaaglijkheid door berekening van de PMV- en PPD-waarden en door criteria voor de plaatselijke thermische behaaglijkheid*. Brussel: Bureau voor Normalisatie.
- NBN S 01-400-1. (2008). *Akoestische criteria voor woongebouwen*. Brussel: Bureau voor Normalisatie.
- NEN 1087. (2001). *Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw*. Delft: Normcommissie.
- Novoselac, A. & Srebric, J. (2003). Comparison of Air Exchange Efficiency and Contaminant Removal Effectiveness as IAQ Indices. *ASHRAE Transactions*, 109, nr. 2, pp. 339-349.
- Pollefliet, L. (2013, zesde - herwerkte druk). *Schrijven: van verslag tot eindwerk - do's & don'ts*. Gent: Academia Press.
- Products. (z.j.). [Http://www.centertek.com/products\\_con.aspx?cid=C\\_00000019&cpid=C\\_00000004&pid=P\\_00000048&pn=](http://www.centertek.com/products_con.aspx?cid=C_00000019&cpid=C_00000004&pid=P_00000048&pn=). Geraadpleegd op 28 oktober 2017.
- Provent D-luxe. (2013). Overpelt: NewsSpot.
- Roijen, E. (2009). Nieuw onderzoek naar natuurlijke laag temperatuur verwarming. *ISSO ThemaTech*.
- Systeem C+. (z.j.). Natuurlijke vraaggestuurde ventilatie Systeem C+ evo. (z.j.). Geraadpleegd op 6 november 2017 via <http://www.renson-ventilation.be/nl/product/systeem-c-evo>

- Tempero eco 150 ceram. (2016). Geraadpleegd op 28 november 2017 via <https://www.oerre.eu/temperoeco150ceram>
- Thermal comfort. (1997). Ballerup: Innova AirTech Instruments.
- Valk, H. (2007). Praktijkgids Bouwbesluit Ventilatie. Delft: Cees Zwinkels.
- Van den Bossche, P. (2011). Verse lucht in oude woningen. Geraadpleegd op 30 december 2017 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact30&art=461>
- Ventilatie. (2010). Ventilatie van gebouwen – Mogelijkheden voor het verlagen van het E-peil. (2010). Geraadpleegd op 3 november 2017 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=infofiches&pag=42&art=3&lang=nl>
- Ventilatie document: residentieel. (2016). Brussel: Vlaams Energieagentschap
- Ventilatiesysteem. (2013). Geraadpleegd op 19 oktober 2017 via <http://www.demabo.be/specialiteiten/ventilatiesysteem>
- Ventilatiesystemen. (z.j.). Ventilatiesystemen – Meer voordelen dan je denkt! (z.j.). Geraadpleegd op 5 november 2017 via <https://www.ventilatiesysteemabcd.be/#soorten>
- Ventilatievoorzieningen. (2014). Ventilatievoorzieningen voor woongebouwen. (2014). Brussel: Vlaams Energieagentschap
- Warmtewisselaars. (z.j.). Twee hoofdtypes warmtewisselaars. (z.j.). Geraadpleegd op 13 december 2017 via <http://www.recair.nl/nl/algemeen/recuperator-versus-regenerator/>
- Weegcurven. (z.j.). Weegcurven: A-, B-, C- en D-weging van niveaus. (z.j.). Geraadpleegd op 17 december 2017 via <https://www.sonus.nl/dutch/begrippen/toelichtingen/abcdweging.html>
- Werkingsprincipe. (z.j.). Geraadpleegd op 23 oktober 2017 via <https://www.climarad.nl/informatie/werkingsprincipe/>
- Wuyts, D. (2010). Geluidshinder door ventilatiesystemen. Geraadpleegd op 2 november 2017 via <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact28&art=436>

## Bijlagen

### Bijlage A: Meetgegevens en berekeningen thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar onder)

Endura Twist (onder) – 30 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

| draught rate [%] |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|                  |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16         | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15         | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14         | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13         | 0    | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12         | 500  | 1700 | 2,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11         | 500  | 1100 | 0,0 | 3,3  | 3,0  | 2,3  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10         | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09         | 500  | 100  | 0,0 | 0,0  | 1,2  | 2,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08         | 1000 | 1700 | 0,7 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07         | 1000 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06         | 1000 | 600  | 0,0 | 2,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05         | 1000 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04         | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03         | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02         | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01         | 1500 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

| velocity [m/s] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|                |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16       | 0    | 1700 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,01 |
| sensor15       | 0    | 1100 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,01 |
| sensor14       | 0    | 600  | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 |
| sensor13       | 0    | 100  | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor12       | 500  | 1700 | 0,05 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor11       | 500  | 1100 | 0,02 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| sensor10       | 500  | 600  | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor09       | 500  | 100  | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,02 |
| sensor08       | 1000 | 1700 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor07       | 1000 | 1100 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| sensor06       | 1000 | 600  | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor05       | 1000 | 100  | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor04       | 1500 | 1700 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 |
| sensor03       | 1500 | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| sensor02       | 1500 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| sensor01       | 1500 | 100  | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

| turbulence intensity [%] |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|                          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16                 | 0    | 1700 | 50  | 122  | 96   | 71   | 46   | 65   | 88   | 166  |
| sensor15                 | 0    | 1100 | 75  | 88   | 91   | 62   | 48   | 38   | 82   | 159  |
| sensor14                 | 0    | 600  | 419 | 190  | 79   | 62   | 63   | 145  | 0    | 235  |
| sensor13                 | 0    | 100  | 203 | 63   | 37   | 45   | 37   | 1043 | 509  | 183  |
| sensor12                 | 500  | 1700 | 103 | 103  | 54   | 69   | 90   | 174  | 133  | 89   |
| sensor11                 | 500  | 1100 | 103 | 55   | 48   | 47   | 99   | 677  | 40   | 101  |
| sensor10                 | 500  | 600  | 123 | 108  | 50   | 47   | 126  | 694  | 0    | 156  |
| sensor09                 | 500  | 100  | 115 | 52   | 28   | 31   | 279  | 70   | 61   | 122  |
| sensor08                 | 1000 | 1700 | 86  | 124  | 161  | 90   | 292  | 282  | 208  | 169  |
| sensor07                 | 1000 | 1100 | 103 | 72   | 95   | 71   | 120  | 385  | 141  | 113  |
| sensor06                 | 1000 | 600  | 96  | 102  | 204  | 224  | 171  | 977  | 527  | 140  |
| sensor05                 | 1000 | 100  | 56  | 116  | 78   | 195  | 111  | 316  | 110  | 169  |
| sensor04                 | 1500 | 1700 | 244 | 354  | 566  | 400  | 202  | 137  | 60   | 113  |
| sensor03                 | 1500 | 1100 | 338 | 327  | 33   | 551  | 232  | 149  | 35   | 81   |
| sensor02                 | 1500 | 600  | 295 | 309  | 345  | 195  | 222  | 448  | 39   | 128  |
| sensor01                 | 1500 | 100  | 83  | 52   | 120  | 127  | 116  | 77   | 108  | 119  |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 |
| sensor14 | 0    | 600  | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,8 | 20,8 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,2 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,3 | 21,5 | 21,5 | 21,4 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 |
| sensor10 | 500  | 600  | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,4 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,2 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,3 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 21,4 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,6 | 21,6 | 21,5 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,2 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 21,4 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,4 | 21,5 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 21,3 | 21,4 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,3 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,3 |

effective draft temperature

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,0 | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,3  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 1,2  | 1,3  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,7 | 0,6  | 0,5  | 0,3  | 0,3  | 0,6  | 0,8  | 0,8  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,1 | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 1,5  | 1,5  | 1,4  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,6 | 0,9  | 0,8  | 0,8  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 0,9  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,1 | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 1,2  | 1,4  | 1,2  | 1,2  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,1 | 1,0  | 0,8  | 0,8  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,9 | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 1,1  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,8 | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,9 | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,3 | 0,9  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,5  | 1,5  | 1,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,7 | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,1  | 1,2  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,1  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,7 | 0,6  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 1,0  | 1,1  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,06 | -0,05 | -0,04 | -0,05 | -0,06 | -0,06 | -0,06 | -0,05 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,06 | -0,05 | -0,04 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,13 | -0,13 | -0,14 | -0,14 | -0,14 | -0,14 | -0,12 | -0,12 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,07 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,06 | -0,03 | -0,04 | -0,04 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,06 | -0,06 | -0,06 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,04 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,03 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,04 | -0,04 | -0,05 | -0,04 | -0,03 | -0,02 | -0,02 | -0,03 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,06 | -0,04 | -0,05 | -0,06 | -0,06 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,06 | -0,05 | -0,04 | -0,05 | -0,04 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,09 | -0,09 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,08 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,04 | -0,05 | -0,03 | -0,03 | -0,04 | -0,02 | -0,02 | -0,03 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,10 | -0,10 | -0,09 | -0,09 | -0,10 | -0,09 | -0,09 | -0,08 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,05 | -0,04 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,04 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,06 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,07 | -0,05 | -0,05 | -0,06 | -0,06 | -0,05 | -0,05 | -0,06 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,07 |

Gemiddelde PMV: -0,06

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Endura Twist (onder) – 30 m<sup>3</sup>/h – ΔT = 20°C:

draught rate [%]

|          | y    | z    | x    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,7  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,7  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,4  |
| sensor13 | 0    | 100  | 8,4  | 9,0  | 8,2  | 8,6  | 7,5  | 6,7  | 4,8  | 3,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 9,8  | 11,5 | 9,9  | 10,2 | 7,5  | 3,6  | 4,8  | 4,6  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 2,7  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 9,6  | 10,4 | 9,9  | 9,3  | 9,2  | 6,9  | 6,4  | 4,8  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 10,6 | 12,2 | 11,8 | 10,4 | 9,4  | 8,5  | 6,9  | 5,2  |

velocity [m/s]

|          | y    | z    | x    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,09 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,07 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,05 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,06 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,06 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,03 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,07 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,11 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,07 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,12 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,07 |

turbulence intensity [%]

|          | y    | z    | x   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 108 | 84   | 105  | 324  | 141  | 105  | 75   | 29   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 145 | 140  | 205  | 143  | 112  | 67   | 62   | 31   |
| sensor14 | 0    | 600  | 443 | 236  | 288  | 680  | 580  | 173  | 62   | 55   |
| sensor13 | 0    | 100  | 24  | 20   | 29   | 26   | 31   | 32   | 30   | 44   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 114 | 578  | 205  | 137  | 137  | 98   | 71   | 57   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 94  | 305  | 159  | 90   | 350  | 208  | 93   | 33   |
| sensor10 | 500  | 600  | 93  | 236  | 242  | 2984 | 110  | 87   | 251  | 67   |
| sensor09 | 500  | 100  | 31  | 23   | 22   | 25   | 30   | 56   | 32   | 27   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 155 | 0    | 135  | 286  | 277  | 140  | 260  | 94   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 143 | 218  | 106  | 144  | 248  | 422  | 328  | 50   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 107 | 174  | 108  | 155  | 167  | 268  | 157  | 58   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 27  | 15   | 25   | 29   | 29   | 29   | 26   | 36   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 190 | 245  | 213  | 64   | 404  | 93   | 450  | 159  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 172 | 136  | 139  | 166  | 219  | 303  | 323  | 98   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 142 | 138  | 124  | 106  | 234  | 160  | 230  | 72   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 23  | 22   | 25   | 25   | 31   | 29   | 45   | 41   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,7 | 21,5 | 21,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 |
| sensor14 | 0    | 600  | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 20,9 | 20,8 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 21,4 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,5 | 21,4 | 21,3 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 21,6 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,6 |
| sensor10 | 500  | 600  | 21,5 | 21,8 | 21,8 | 21,9 | 21,8 | 21,7 | 21,7 | 21,5 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,5 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 21,3 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,4 | 21,3 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 21,6 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,9 | 21,9 | 21,8 | 21,8 | 21,6 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,4 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,5 | 21,5 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,2 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,4  | 1,3  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 0,9  | 0,5  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,3  | 1,1  | 1,1  | 0,6  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,8  | 0,3  | 0,2  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,2  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,6  | 0,7  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,6  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,6  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,7  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,1  | 0,7  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,8  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,3  | 1,1  | 1,4  | 0,9  |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,1 | -0,2 | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,6  | 0,4  | 0,4  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,3  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,7  | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,0  | 0,7  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,9  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 1,2  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,2 | -0,3 | -0,1 | 0,0  | 0,0  | 0,1  | 0,1  | 0,3  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,3  | 1,4  | 1,2  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 0,9  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 0,9  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,2 | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,3  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,04 | -0,06 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,01 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | -0,01 | -0,02 | -0,03 | -0,05 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,11 | -0,13 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,11 | -0,13 | -0,10 | -0,11 | -0,08 | -0,06 | -0,05 | -0,05 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,06 | -0,04 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,04 | -0,05 | -0,06 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,04 | -0,01 | 0,00  | 0,00  | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,03 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,03 | 0,00  | 0,01  | 0,02  | 0,00  | -0,01 | 0,01  | -0,02 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,16 | -0,25 | -0,21 | -0,19 | -0,08 | -0,05 | -0,06 | -0,06 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,04 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,07 | -0,05 | -0,04 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,07 | -0,08 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,02 | -0,01 | -0,01 | -0,01 | 0,00  | -0,01 | -0,01 | -0,02 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,15 | -0,18 | -0,15 | -0,10 | -0,18 | -0,10 | -0,10 | -0,09 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,01 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | -0,01 | -0,01 | -0,02 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,03 | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,04 | -0,05 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,05 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,17 | -0,21 | -0,19 | -0,16 | -0,13 | -0,12 | -0,09 | -0,08 |

Gemiddelde PMV: -0,05

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 6    | 5    | 5    | 6    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Endura Twist (onder) – 60 m<sup>3</sup>/h –  $\Delta T = 0^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,0  | 3,4  | 9,5  | 8,7  | 8,2  | 2,3  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 12,8 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0  | 6,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0  | 9,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,6  | 6,0  | 13,2 | 10,0 | 10,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 4,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 12,4 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0  | 11,4 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,0  | 7,7  | 10,7 | 7,8  | 7,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,0  | 0,0  | 4,2  | 7,7  | 3,5  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

velocity [m/s]

|          |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,02 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,00 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,04 | 0,06 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,06 | 0,01 | 0,00 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,11 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,03 | 0,09 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,00 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,05 | 0,08 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,04 | 0,01 | 0,00 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,10 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,03 | 0,10 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,03 | 0,09 | 0,11 | 0,09 | 0,09 | 0,03 | 0,00 | 0,00 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |

turbulence intensity [%]

|          |      |      | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 169 | 127  | 87   | 69   | 93   | 113  | 99   | 54   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 149 | 230  | 81   | 115  | 105  | 86   | 108  | 116  |
| sensor14 | 0    | 600  | 112 | 145  | 533  | 284  | 238  | 90   | 113  | 1203 |
| sensor13 | 0    | 100  | 76  | 54   | 43   | 36   | 39   | 65   | 174  | 0    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 83  | 516  | 80   | 75   | 158  | 228  | 195  | 167  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 118 | 93   | 232  | 220  | 332  | 161  | 216  | 221  |
| sensor10 | 500  | 600  | 99  | 96   | 280  | 244  | 278  | 104  | 127  | 385  |
| sensor09 | 500  | 100  | 78  | 55   | 49   | 25   | 67   | 132  | 228  | 0    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 108 | 859  | 326  | 208  | 173  | 212  | 288  | 285  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 102 | 309  | 145  | 140  | 114  | 123  | 113  | 270  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 117 | 99   | 840  | 134  | 154  | 72   | 90   | 221  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 107 | 66   | 57   | 50   | 46   | 142  | 0    | 0    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 198 | 149  | 112  | 174  | 187  | 97   | 176  | 97   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 183 | 256  | 54   | 292  | 94   | 181  | 114  | 263  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 159 | 98   | 151  | 81   | 59   | 109  | 153  | 160  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 143 | 113  | 83   | 60   | 65   | 407  | 1871 | 0    |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,5 |
| sensor14 | 0    | 600  | 21,8 | 21,8 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,8 | 21,8 | 21,8 |
| sensor13 | 0    | 100  | 22,5 | 22,7 | 22,5 | 22,4 | 22,3 | 22,3 | 22,4 | 22,4 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 22,3 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,5 | 22,4 | 22,4 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 22,5 | 22,5 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,6 |
| sensor10 | 500  | 600  | 22,4 | 22,4 | 22,5 | 22,6 | 22,7 | 22,5 | 22,5 | 22,5 |
| sensor09 | 500  | 100  | 22,5 | 22,5 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,4 | 22,4 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 22,4 | 22,5 | 22,6 | 22,5 | 22,6 | 22,5 | 22,5 | 22,5 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 22,2 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 22,6 | 22,5 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,5 | 22,6 | 22,6 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 22,2 | 22,3 | 22,2 | 22,2 | 22,1 | 22,2 | 22,2 | 22,2 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 22,5 | 22,5 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,6 | 22,5 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 22,4 | 22,5 | 22,5 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,3 | 22,3 | 22,4 | 22,4 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 22,3 | 22,4 | 22,3 | 22,2 | 22,2 | 22,3 | 22,3 | 22,3 |

effective draft temperature

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,3 | 1,3  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,3 | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,5 | 0,4  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,4  | 0,5  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,0 | 1,1  | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,8  | 1,2  | 1,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,2 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,1  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,9 | 0,6  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,0 | 0,4  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,0  | 1,1  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,8 | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,8  | 1,1  | 1,1  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,7 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,2 | 1,0  | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 1,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,1 | 0,5  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,0  | 1,2  | 1,3  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,7 | 0,4  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,7  | 1,0  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,0  | 1,2  | 1,1  | 1,2  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,1 | 1,1  | 1,1  | 0,8  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,1  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,9 | 0,9  | 0,5  | 0,3  | 0,5  | 1,0  | 1,1  | 1,1  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,21 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,12 | 0,12 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,13 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,21 | 0,24 | 0,16 | 0,15 | 0,16 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,06 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,21 | 0,21 | 0,21 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,21 | 0,21 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,22 | 0,19 | 0,23 | 0,24 | 0,25 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,21 | 0,21 | 0,03 | 0,04 | 0,15 | 0,19 | 0,20 | 0,20 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,29 | 0,22 | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,10 | 0,18 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,22 | 0,16 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,23 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,26 | 0,20 | 0,17 | 0,18 | 0,18 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,22 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,23 | 0,22 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,21 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,20 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,20 | 0,20 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,18 | 0,20 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,19 | 0,19 |

Gemiddelde PMV: 0,20

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 6   | 6    | 6    | 5    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor10 | 500  | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor09 | 500  | 100  | 6   | 6    | 5    | 5    | 5    | 6    | 6    | 6    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |

Gemiddelde PPD: 6

Endura Twist (onder) – 60 m³/h –  $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 7,8  | 15,6 | 12,9 | 12,0 | 9,3  | 6,1  | 6,9  | 1,4  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 10,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 6,2  | 5,7  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,4  |
| sensor09 | 500  | 100  | 7,9  | 15,2 | 14,7 | 14,5 | 13,7 | 5,6  | 3,6  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 3,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 29,1 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,3  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 19,0 | 4,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,6  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 6,9  | 19,4 | 11,5 | 13,2 | 10,0 | 4,7  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 6,6  | 10,5 | 12,2 | 9,6  | 6,9  | 4,5  | 6,2  | 0,6  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,03 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,04 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,09 | 0,15 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | 0,08 | 0,05 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,03 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,08 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,07 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,07 | 0,07 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,06 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,09 | 0,16 | 0,14 | 0,13 | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,05 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,16 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,05 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,13 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,08 | 0,15 | 0,11 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,04 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,10 | 0,08 | 0,07 | 0,08 | 0,05 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 131 | 207  | 218  | 115  | 119  | 121  | 48   | 130  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 131 | 50   | 52   | 29   | 38   | 54   | 178  | 53   |
| sensor14 | 0    | 600  | 107 | 117  | 321  | 138  | 158  | 200  | 112  | 47   |
| sensor13 | 0    | 100  | 59  | 36   | 42   | 44   | 44   | 60   | 40   | 51   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 112 | 129  | 119  | 85   | 310  | 275  | 58   | 75   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 112 | 94   | 62   | 108  | 45   | 99   | 72   | 34   |
| sensor10 | 500  | 600  | 85  | 107  | 149  | 76   | 90   | 104  | 81   | 42   |
| sensor09 | 500  | 100  | 42  | 29   | 37   | 43   | 37   | 77   | 65   | 67   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 111 | 927  | 397  | 379  | 349  | 115  | 73   | 95   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 100 | 463  | 119  | 137  | 75   | 98   | 74   | 48   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 88  | 128  | 89   | 80   | 83   | 190  | 98   | 38   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 51  | 57   | 42   | 53   | 41   | 73   | 85   | 92   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 92  | 307  | 293  | 0    | 0    | 79   | 141  | 173  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 83  | 48   | 19   | 23   | 30   | 86   | 209  | 219  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 167 | 54   | 53   | 19   | 76   | 106  | 194  | 57   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 29  | 42   | 46   | 41   | 54   | 59   | 49   | 39   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 22,1 | 22,0 | 21,9 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 22,0 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,4 | 21,4 | 21,3 |
| sensor14 | 0    | 600  | 21,2 | 21,1 | 21,1 | 21,0 | 20,9 | 20,8 | 20,8 | 20,7 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,8 | 21,5 | 21,3 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,1 | 21,1 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 21,4 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,6 | 21,5 | 21,3 | 21,2 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 21,6 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,5 | 21,3 |
| sensor10 | 500  | 600  | 21,6 | 21,5 | 21,6 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,4 | 21,2 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,7 | 21,3 | 21,2 | 21,2 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,2 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 21,4 | 21,7 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,3 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 21,2 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,3 | 21,3 | 21,1 | 21,0 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,4 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 21,5 | 21,2 | 21,1 | 21,1 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 22,1 | 22,0 | 22,0 | 21,9 | 21,8 | 21,7 | 21,6 | 21,5 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 21,9 | 21,8 | 21,6 | 21,5 | 21,4 | 21,4 | 21,3 | 21,2 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 21,9 | 21,7 | 21,6 | 21,5 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,3 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 21,8 | 21,5 | 21,3 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,1 | 21,1 |

effective draft temperature

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,9  | 1,8  | 1,7  | 1,6  | 1,4  | 1,3  | 1,0  | 1,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,7  | 1,3  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 0,8  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,7  | 0,6  | 0,9  | 0,7  | 0,6  | 0,6  | 0,5  | 0,3  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,9  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,4  | 0,3  | 0,5  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,8  | 1,3  | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 0,8  | 0,7  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,7  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,0  | 1,1  | 1,0  | 0,5  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,8  | 0,7  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 0,9  | 0,5  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,7  | -0,2 | -0,2 | -0,2 | -0,2 | 0,4  | 0,4  | 0,6  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,8  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,1  | 0,9  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,3 | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 0,9  | 0,9  | 0,7  | 0,4  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,4  | 1,0  | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 0,8  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,6  | -0,2 | 0,0  | -0,1 | 0,0  | 0,3  | 0,5  | 0,5  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,6  | 1,7  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,3  | 1,2  | 1,1  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,4  | 1,1  | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 0,8  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,5  | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 0,6  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,7  | 0,3  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,1  | 0,3  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,05  | 0,04  | 0,02  | 0,01  | 0,00  | -0,01 | -0,03 | -0,05 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,03  | 0,01  | 0,00  | -0,02 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,05 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,07 | -0,08 | -0,08 | -0,09 | -0,11 | -0,11 | -0,12 | -0,13 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,00  | -0,17 | -0,14 | -0,13 | -0,09 | -0,07 | -0,08 | -0,08 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,06 | -0,02 | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,03 | -0,06 | -0,07 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,03 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | -0,02 | -0,03 | -0,03 | -0,06 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00  | -0,02 | 0,00  | -0,02 | -0,02 | -0,02 | -0,03 | -0,05 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,05 | -0,21 | -0,23 | -0,23 | -0,30 | -0,07 | -0,07 | -0,06 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,03 | -0,01 | 0,00  | 0,01  | 0,00  | -0,01 | -0,03 | -0,05 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,47 | -0,04 | -0,03 | -0,04 | -0,06 | -0,07 | -0,08 | -0,09 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,26 | 0,00  | 0,00  | -0,01 | -0,01 | -0,02 | -0,02 | -0,04 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,02 | -0,18 | -0,05 | -0,10 | -0,03 | -0,09 | -0,09 | -0,09 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,06  | 0,04  | 0,03  | 0,02  | 0,01  | 0,00  | -0,01 | -0,02 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,02  | 0,00  | -0,01 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,05 | -0,06 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,02  | 0,00  | -0,01 | -0,03 | -0,04 | -0,04 | -0,05 | -0,06 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,00  | -0,08 | -0,12 | -0,10 | -0,07 | -0,07 | -0,08 | -0,08 |

Gemiddelde PMV: -0,05

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 5   | 6    | 6    | 6    | 7    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 10  | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 6   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PMV: 5

## Bijlage B: Meetgegevens en berekeningen thermisch comfort Endura Twist (inblaasrichting naar boven)

Endura Twist (boven) – 30 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,03 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 96  | 255  | 222  | 79   | 3808 | 426  | 28   | 67   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 103 | 671  | 808  | 0    | 0    | 0    | 0    | 162  |
| sensor14 | 0    | 600  | 414 | 0    | 0    | 485  | 0    | 0    | 131  | 0    |
| sensor13 | 0    | 100  | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 141 | 847  | 592  | 0    | 0    | 171  | 51   | 258  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 207 | 5816 | 0    | 0    | 0    | 97   | 0    | 81   |
| sensor10 | 500  | 600  | 497 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor09 | 500  | 100  | 497 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 93  | 55   | 109  | 412  | 226  | 0    | 1597 | 0    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 106 | 104  | 150  | 74   | 220  | 0    | 0    | 0    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 137 | 301  | 154  | 2720 | 0    | 0    | 0    | 70   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 161 | 108  | 53   | 272  | 73   | 356  | 267  | 70   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 98  | 83   | 93   | 272  | 123  | 207  | 388  | 46   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 160 | 259  | 795  | 204  | 505  | 0    | 0    | 127  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 283 | 0    | 707  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 19,9 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 19,9 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,2 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,0 | 20,0 | 20,1 | 20,0 | 20,1 | 20,1 | 20,0 | 20,0 |
| sensor10 | 500  | 600  | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 19,9 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,6 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 20,0 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 19,9 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,1  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,2 | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,3  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,6 | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,0  | 1,1  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | 1,1 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,2  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,1 | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,4  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,9 | 0,9  | 1,0  | 0,9  | 1,0  | 1,2  | 1,2  | 1,1  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 1,0 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,2 | 1,3  | 0,9  | 1,2  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,2  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,0 | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,1  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 1,0 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,36 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,34 | -0,35 | -0,35 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,36 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,35 | -0,35 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,45 | -0,44 | -0,44 | -0,44 | -0,43 | -0,43 | -0,44 | -0,43 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,37 | -0,36 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,35 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,33 | -0,34 | -0,34 | -0,35 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,35 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,35 | -0,35 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,37 | -0,37 | -0,37 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,34 | -0,33 | -0,33 | -0,33 | -0,33 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,40 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 | -0,39 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,35 | -0,35 | -0,36 | -0,35 | -0,35 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,36 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,35 | -0,36 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,39 | -0,38 | -0,38 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,38 |

Gemiddelde PMV: -0,36

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 7    | 7    | 8    | 8    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 8   | 8    | 8    | 7    | 8    | 7    | 8    | 8    |
| sensor14 | 0    | 600  | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor13 | 0    | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 8   | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor10 | 500  | 600  | 8   | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor09 | 500  | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 7    | 7    | 7    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 7   | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 7   | 7    | 8    | 8    | 8    | 7    | 7    | 7    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |

Gemiddelde PPD: 8

Endura Twist (boven) – 30 m³/h – ΔT = 20°C:

draught rate [%]

|          |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 14,7 | 16,6 | 15,6 | 13,8 | 11,5 | 11,0 | 10,3 | 8,6  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 6,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,7  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 4,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,9  |
| sensor10 | 500  | 600  | 6,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 14,9 | 16,7 | 14,0 | 11,8 | 10,4 | 6,1  | 4,9  | 4,6  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 7,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,2  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 6,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 4,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 15,0 | 14,5 | 13,6 | 11,9 | 12,4 | 9,3  | 7,1  | 3,8  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 4,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,9  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 16,3 | 16,8 | 16,3 | 14,2 | 11,2 | 10,1 | 8,4  | 5,3  |

velocity [m/s]

|          |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,07 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,06 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,15 | 0,17 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,07 | 0,07 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,09 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,07 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,06 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,14 | 0,15 | 0,14 | 0,12 | 0,14 | 0,10 | 0,09 | 0,06 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,05 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,04 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,16 | 0,18 | 0,17 | 0,16 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,07 |

turbulence intensity [%]

|          |      | X    |     |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 90  | 110  | 170  | 289  | 229  | 193  | 78   | 62   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 143 | 115  | 185  | 149  | 119  | 121  | 103  | 69   |
| sensor14 | 0    | 600  | 150 | 181  | 303  | 169  | 529  | 0    | 297  | 64   |
| sensor13 | 0    | 100  | 19  | 22   | 28   | 22   | 20   | 18   | 29   | 28   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 63  | 99   | 132  | 158  | 142  | 88   | 46   | 44   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 55  | 187  | 107  | 416  | 200  | 101  | 130  | 51   |
| sensor10 | 500  | 600  | 70  | 343  | 147  | 186  | 240  | 145  | 124  | 50   |
| sensor09 | 500  | 100  | 22  | 19   | 22   | 21   | 20   | 43   | 35   | 39   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 40  | 105  | 80   | 175  | 165  | 574  | 69   | 41   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 94  | 301  | 98   | 256  | 92   | 202  | 55   | 55   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 85  | 198  | 223  | 316  | 144  | 116  | 87   | 49   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 29  | 23   | 23   | 27   | 20   | 25   | 20   | 51   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 57  | 88   | 122  | 124  | 136  | 369  | 83   | 56   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 114 | 183  | 96   | 143  | 99   | 261  | 108  | 39   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 118 | 155  | 84   | 177  | 203  | 112  | 98   | 55   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 22  | 15   | 20   | 17   | 18   | 24   | 18   | 41   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 20,2 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,8 | 20,7 | 20,6 | 20,5 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 20,2 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,6 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,6 | 19,9 | 20,0 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,1 | 20,0 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,7 | 20,0 | 20,2 | 20,2 | 20,3 | 20,2 | 20,3 | 20,2 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 19,9 | 20,3 | 20,5 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 20,4 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,1 | 20,5 | 20,6 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,6 |
| sensor10 | 500  | 600  | 20,0 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,6 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,7 | 20,0 | 20,2 | 20,3 | 20,3 | 20,4 | 20,4 | 20,4 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 19,9 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,6 | 20,4 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 19,8 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,4 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,1 | 20,5 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,9 | 20,8 | 20,7 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,6 | 19,9 | 20,1 | 20,1 | 20,2 | 20,2 | 20,2 | 20,3 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,2 | 20,4 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,6 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 20,1 | 20,4 | 20,6 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,5 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 20,1 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,6 | 20,5 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,6 | 19,9 | 20,1 | 20,2 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,4 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,8  | 1,2  | 1,4  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 1,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,9  | 1,2  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,1  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,6 | -0,5 | -0,2 | -0,1 | 0,1  | 0,1  | 0,3  | 0,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,1  | 0,8  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,1  | 0,5  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,3  | 1,1  | 1,2  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 0,9  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,2  | 1,2  | 1,2  | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 1,5  | 0,9  |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,7 | -0,6 | -0,3 | 0,0  | 0,1  | 0,6  | 0,6  | 0,6  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,3  | 0,7  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,1  | 1,0  | 1,1  | 1,3  | 1,2  | 1,3  | 1,1  | 0,8  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,4  | 1,2  | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 1,3  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,7 | -0,5 | -0,3 | -0,1 | -0,1 | 0,2  | 0,3  | 0,6  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,4  | 0,9  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,3  | 1,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,6  | 1,1  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 0,8  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,7  | 1,0  | 1,1  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,9 | -0,8 | -0,5 | -0,3 | 0,0  | 0,1  | 0,3  | 0,6  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,30 | -0,27 | -0,25 | -0,24 | -0,23 | -0,24 | -0,25 | -0,26 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,30 | -0,27 | -0,25 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,26 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,38 | -0,35 | -0,33 | -0,32 | -0,32 | -0,32 | -0,32 | -0,33 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,51 | -0,50 | -0,44 | -0,42 | -0,39 | -0,38 | -0,34 | -0,31 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,35 | -0,30 | -0,27 | -0,26 | -0,25 | -0,26 | -0,26 | -0,29 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,33 | -0,27 | -0,25 | -0,23 | -0,22 | -0,23 | -0,23 | -0,25 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,31 | -0,26 | -0,24 | -0,23 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,24 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,49 | -0,52 | -0,42 | -0,33 | -0,33 | -0,15 | -0,21 | -0,25 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,34 | -0,28 | -0,26 | -0,25 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,27 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,36 | -0,29 | -0,28 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,29 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,31 | -0,26 | -0,23 | -0,22 | -0,22 | -0,22 | -0,23 | -0,23 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,46 | -0,39 | -0,41 | -0,37 | -0,47 | -0,39 | -0,31 | -0,30 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,30 | -0,27 | -0,25 | -0,24 | -0,23 | -0,24 | -0,24 | -0,26 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,31 | -0,28 | -0,26 | -0,25 | -0,25 | -0,24 | -0,25 | -0,27 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,31 | -0,28 | -0,27 | -0,25 | -0,25 | -0,25 | -0,25 | -0,26 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,54 | -0,54 | -0,49 | -0,45 | -0,38 | -0,35 | -0,32 | -0,28 |

Gemiddelde PMV: -0,30

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor14 | 0    | 600  | 8   | 8    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor13 | 0    | 100  | 10  | 10   | 9    | 9    | 8    | 8    | 7    | 7    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 8   | 7    | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor10 | 500  | 600  | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor09 | 500  | 100  | 10  | 11   | 9    | 7    | 7    | 5    | 6    | 6    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 8   | 7    | 7    | 6    | 7    | 6    | 7    | 7    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 9   | 8    | 9    | 8    | 10   | 8    | 7    | 7    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 11  | 11   | 10   | 9    | 8    | 8    | 7    | 7    |

Gemiddelde PMV: 7

Endura Twist (boven) – 60 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

| draught rate [%] |      |      | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | Y    | Z    | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16         | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15         | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14         | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13         | 0    | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12         | 500  | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11         | 500  | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10         | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09         | 500  | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08         | 1000 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07         | 1000 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06         | 1000 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05         | 1000 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04         | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03         | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02         | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01         | 1500 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

| velocity [m/s] |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16       | 0    | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| sensor15       | 0    | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| sensor14       | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor13       | 0    | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor12       | 500  | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| sensor11       | 500  | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor10       | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor09       | 500  | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor08       | 1000 | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| sensor07       | 1000 | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor06       | 1000 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| sensor05       | 1000 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor04       | 1500 | 1700 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor03       | 1500 | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor02       | 1500 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| sensor01       | 1500 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

| turbulence intensity [%] |      |      | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|                          | Y    | Z    | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16                 | 0    | 1700 | 261 | 184  | 217  | 584  | 154  | 259  | 150  | 159  |
| sensor15                 | 0    | 1100 | 257 | 280  | 566  | 479  | 175  | 53   | 118  | 133  |
| sensor14                 | 0    | 600  | 524 | 322  | 510  | 569  | 0    | 0    | 125  | 0    |
| sensor13                 | 0    | 100  | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor12                 | 500  | 1700 | 159 | 268  | 510  | 125  | 221  | 235  | 171  | 252  |
| sensor11                 | 500  | 1100 | 524 | 0    | 0    | 0    | 0    | 103  | 283  | 164  |
| sensor10                 | 500  | 600  | 292 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor09                 | 500  | 100  | 410 | 505  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor08                 | 1000 | 1700 | 152 | 269  | 207  | 2032 | 232  | 215  | 143  | 293  |
| sensor07                 | 1000 | 1100 | 247 | 253  | 144  | 321  | 148  | 180  | 992  | 133  |
| sensor06                 | 1000 | 600  | 278 | 221  | 165  | 440  | 0    | 81   | 131  | 74   |
| sensor05                 | 1000 | 100  | 0   | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| sensor04                 | 1500 | 1700 | 94  | 128  | 226  | 122  | 144  | 261  | 472  | 95   |
| sensor03                 | 1500 | 1100 | 152 | 434  | 181  | 65   | 195  | 67   | 170  | 115  |
| sensor02                 | 1500 | 600  | 229 | 721  | 354  | 0    | 103  | 603  | 541  | 10   |
| sensor01                 | 1500 | 100  | 204 | 505  | 240  | 116  | 196  | 171  | 0    | 0    |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,0 | 19,1 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,2 | 19,2 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,6 | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 19,8 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | 19,9 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor10 | 500  | 600  | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,9 | 19,8 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,6 | 19,7 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 19,6 | 19,7 | 19,6 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 19,8 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,4 | 19,5 | 19,5 | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,6 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 19,6 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,5 | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,6 | 19,7 | 19,7 | 19,7 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,4 | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,3 | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,3  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,5 | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,9 | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 1,0 | 1,1  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,1  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,9 | 0,9  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,0  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,1  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,0 | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,8 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,1  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,37 | -0,37 | -0,37 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,48 | -0,47 | -0,46 | -0,46 | -0,46 | -0,45 | -0,46 | -0,46 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,41 | -0,39 | -0,39 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,38 | -0,37 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,38 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,41 | -0,40 | -0,39 | -0,39 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,41 | -0,40 | -0,41 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | -0,39 | -0,39 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,38 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,35 | -0,36 | -0,36 | -0,36 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,43 | -0,42 | -0,42 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | -0,41 | -0,41 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,37 | -0,37 | -0,36 | -0,36 | -0,36 | -0,35 | -0,35 | -0,35 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,39 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,37 | -0,38 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,40 | -0,39 | -0,39 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 | -0,38 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,42 | -0,41 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | -0,40 | -0,40 |

Gemiddelde PMV: -0,38

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor14 | 0    | 600  | 10  | 10   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor13 | 0    | 100  | 9   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor10 | 500  | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor09 | 500  | 100  | 9   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 8    | 8    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 9   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |

Gemiddelde PPD: 8

Endura Twist (boven) – 60 m<sup>3</sup>/h –  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,8  | 8,2  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,7  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 7,4  |
| sensor13 | 0    | 100  | 6,1 | 8,1  | 10,1 | 10,1 | 9,3  | 9,7  | 7,7  | 5,1  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,6  | 7,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 2,5  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,9  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 7,0 | 9,8  | 8,8  | 8,5  | 0,0  | 3,7  | 5,3  | 6,5  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 3,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,6  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 3,7 | 0,0  | 0,0  | 1,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,8  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 2,5 | 7,1  | 6,8  | 5,6  | 5,2  | 6,8  | 6,2  | 4,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,3  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 1,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,1  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,9  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 5,3 | 8,0  | 8,2  | 3,7  | 4,9  | 6,8  | 7,0  | 4,9  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,09 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,08 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,08 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,07 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,07 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,06 | 0,08 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,07 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,07 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,08 | 0,11 | 0,10 | 0,09 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,08 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,06 | 0,05 | 0,01 | 0,05 | 0,08 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,07 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,06 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,06 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,06 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,06 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 88  | 83   | 71   | 54   | 79   | 72   | 41   | 31   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 101 | 123  | 125  | 152  | 58   | 80   | 98   | 43   |
| sensor14 | 0    | 600  | 152 | 135  | 157  | 117  | 159  | 113  | 72   | 48   |
| sensor13 | 0    | 100  | 36  | 28   | 19   | 23   | 24   | 25   | 31   | 60   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 76  | 70   | 78   | 116  | 73   | 123  | 45   | 37   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 192 | 99   | 106  | 66   | 121  | 334  | 87   | 48   |
| sensor10 | 500  | 600  | 113 | 96   | 158  | 106  | 197  | 84   | 86   | 45   |
| sensor09 | 500  | 100  | 22  | 21   | 23   | 24   | 72   | 53   | 40   | 40   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 94  | 96   | 127  | 61   | 66   | 244  | 50   | 34   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 77  | 119  | 139  | 58   | 185  | 671  | 90   | 38   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 114 | 96   | 226  | 107  | 233  | 266  | 254  | 40   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 52  | 27   | 34   | 48   | 45   | 38   | 44   | 48   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 147 | 136  | 97   | 93   | 119  | 459  | 57   | 43   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 133 | 108  | 120  | 63   | 155  | 197  | 95   | 36   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 98  | 123  | 122  | 82   | 137  | 334  | 94   | 55   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 47  | 43   | 40   | 51   | 50   | 39   | 29   | 38   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 19,7 | 19,6 | 19,5 | 19,3 | 19,3 | 19,2 | 19,3 | 19,6 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 19,7 | 19,7 | 19,6 | 19,4 | 19,3 | 19,3 | 19,4 | 19,6 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,2 | 19,0 | 18,9 | 18,8 | 18,7 | 18,7 | 18,7 | 19,1 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,5 | 19,3 | 19,1 | 19,0 | 19,0 | 19,0 | 19,3 | 19,8 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,3 | 19,1 | 19,1 | 19,2 | 19,5 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 19,8 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,3 | 19,3 | 19,5 | 19,7 |
| sensor10 | 500  | 600  | 19,7 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,4 | 19,6 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,4 | 19,2 | 19,2 | 19,1 | 19,2 | 19,2 | 19,3 | 19,8 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 19,4 | 19,4 | 19,5 | 19,2 | 19,1 | 19,2 | 19,2 | 19,5 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 19,3 | 19,3 | 19,2 | 19,1 | 19,0 | 19,1 | 19,2 | 19,4 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 19,6 | 19,6 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,6 | 19,8 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,3 | 19,1 | 19,0 | 19,0 | 18,9 | 18,9 | 19,1 | 19,6 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 19,8 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,6 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,3 | 19,2 | 19,3 | 19,4 | 19,5 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 19,5 | 19,5 | 19,4 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,3 | 19,6 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,4 | 19,2 | 19,1 | 19,1 | 19,0 | 19,0 | 19,2 | 19,6 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,4 | 1,3  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,7  | 0,8  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,5 | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,0  | 1,0  | 1,2  | 1,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 1,0 | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,5  | 0,4  | 0,4  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,8 | 0,5  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,5  | 1,2  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,2 | 1,1  | 0,9  | 0,9  | 0,6  | 0,7  | 0,5  | 0,6  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,5 | 1,3  | 1,0  | 0,7  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 0,9  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 0,9  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,5 | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,6  | 0,5  | 0,6  | 1,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,9 | 1,0  | 1,2  | 0,7  | 0,7  | 1,0  | 0,8  | 0,8  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,7 | 0,9  | 0,9  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,0  | 0,7  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,3 | 1,3  | 1,4  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,2  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,7 | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,4  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,5 | 1,3  | 1,1  | 0,9  | 0,9  | 1,1  | 0,8  | 0,9  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,2 | 1,0  | 1,0  | 0,7  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 1,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,0 | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,0  | 0,9  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,7 | 0,4  | 0,3  | 0,5  | 0,3  | 0,2  | 0,4  | 0,9  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,45 | -0,47 | -0,48 | -0,50 | -0,51 | -0,51 | -0,50 | -0,47 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,45 | -0,46 | -0,47 | -0,48 | -0,50 | -0,50 | -0,49 | -0,46 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,52 | -0,54 | -0,55 | -0,56 | -0,57 | -0,59 | -0,58 | -0,53 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,48 | -0,50 | -0,56 | -0,56 | -0,55 | -0,55 | -0,51 | -0,43 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,47 | -0,48 | -0,49 | -0,51 | -0,53 | -0,53 | -0,52 | -0,48 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,44 | -0,46 | -0,48 | -0,50 | -0,50 | -0,50 | -0,48 | -0,45 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,44 | -0,45 | -0,46 | -0,47 | -0,48 | -0,47 | -0,47 | -0,44 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,49 | -0,59 | -0,47 | -0,49 | -0,50 | -0,49 | -0,50 | -0,44 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,50 | -0,49 | -0,48 | -0,51 | -0,52 | -0,51 | -0,51 | -0,48 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,52 | -0,52 | -0,52 | -0,54 | -0,54 | -0,53 | -0,52 | -0,49 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,46 | -0,47 | -0,47 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,47 | -0,44 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,51 | -0,48 | -0,53 | -0,54 | -0,56 | -0,56 | -0,53 | -0,48 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,44 | -0,46 | -0,48 | -0,49 | -0,49 | -0,49 | -0,50 | -0,47 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,47 | -0,48 | -0,49 | -0,51 | -0,51 | -0,51 | -0,49 | -0,47 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,47 | -0,48 | -0,49 | -0,50 | -0,51 | -0,50 | -0,50 | -0,47 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,49 | -0,51 | -0,52 | -0,53 | -0,54 | -0,54 | -0,52 | -0,46 |

Gemiddelde PMV: -0,50

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 9   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 9   | 9    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor14 | 0    | 600  | 11  | 11   | 11   | 12   | 12   | 12   | 12   | 11   |
| sensor13 | 0    | 100  | 10  | 10   | 12   | 12   | 11   | 11   | 10   | 9    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 10  | 10   | 10   | 10   | 11   | 11   | 11   | 10   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 9   | 9    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor10 | 500  | 600  | 9   | 9    | 9    | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor09 | 500  | 100  | 10  | 12   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 10  | 10   | 10   | 11   | 11   | 11   | 10   | 10   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 11  | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 10   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 9   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 10  | 10   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 10   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 9   | 9    | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 10  | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 10  | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   | 10   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 10  | 10   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 10   |

Gemiddelde PPD: 10

## Bijlage C: Meetgegevens en berekeningen thermisch comfort Provent D-luxe

Provent D-luxe – 36 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

| draught rate [%] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| y                | z    | x    |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                  |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |     |
| sensor16         | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor15         | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,0 |
| sensor14         | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor13         | 0    | 100  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor12         | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor11         | 500  | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,3 |
| sensor10         | 500  | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,4 |
| sensor09         | 500  | 100  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor08         | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor07         | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor06         | 1000 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,3 |
| sensor05         | 1000 | 100  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor04         | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |
| sensor03         | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,4 |
| sensor02         | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,5 |
| sensor01         | 1500 | 100  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0 |

| velocity [m/s] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| y              | z    | x    |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |      |
| sensor16       | 0    | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| sensor15       | 0    | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,05 |
| sensor14       | 0    | 600  | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 |
| sensor13       | 0    | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor12       | 500  | 1700 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,04 |
| sensor11       | 500  | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,05 |
| sensor10       | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| sensor09       | 500  | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |
| sensor08       | 1000 | 1700 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,03 |
| sensor07       | 1000 | 1100 | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,04 |
| sensor06       | 1000 | 600  | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| sensor05       | 1000 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor04       | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,04 |
| sensor03       | 1500 | 1100 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 |
| sensor02       | 1500 | 600  | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 |
| sensor01       | 1500 | 100  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |

| turbulence intensity [%] |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| y                        | z    | x    |      |      |      |      |      |      |      |     |
|                          |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |     |
| sensor16                 | 0    | 1700 | 228  | 264  | 202  | 126  | 89   | 83   | 80   | 51  |
| sensor15                 | 0    | 1100 | 154  | 606  | 0    | 0    | 0    | 0    | 184  | 63  |
| sensor14                 | 0    | 600  | 179  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 117 |
| sensor13                 | 0    | 100  | 606  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 403 |
| sensor12                 | 500  | 1700 | 62   | 121  | 2150 | 101  | 98   | 46   | 163  | 53  |
| sensor11                 | 500  | 1100 | 242  | 0    | 0    | 0    | 696  | 837  | 89   | 50  |
| sensor10                 | 500  | 600  | 424  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 572  | 55  |
| sensor09                 | 500  | 100  | 606  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 98  |
| sensor08                 | 1000 | 1700 | 27   | 45   | 61   | 237  | 198  | 354  | 100  | 63  |
| sensor07                 | 1000 | 1100 | 45   | 71   | 155  | 138  | 684  | 74   | 248  | 53  |
| sensor06                 | 1000 | 600  | 291  | 133  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 55  |
| sensor05                 | 1000 | 100  | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 136 |
| sensor04                 | 1500 | 1700 | 157  | 191  | 234  | 683  | 153  | 227  | 170  | 42  |
| sensor03                 | 1500 | 1100 | 50   | 116  | 128  | 136  | 214  | 177  | 118  | 45  |
| sensor02                 | 1500 | 600  | 95   | 123  | 240  | 692  | 0    | 0    | 0    | 67  |
| sensor01                 | 1500 | 100  | 257  | 320  | 327  | 0    | 1548 | 0    | 0    | 90  |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,7 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 21,7 | 21,9 | 21,9 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 |
| sensor14 | 0    | 600  | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,0 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,6 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 21,8 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,8 | 21,7 |
| sensor10 | 500  | 600  | 21,7 | 21,8 | 21,8 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 21,7 | 21,6 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,6 | 21,6 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,7 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 21,5 | 21,5 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,5 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 21,8 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,9 | 21,8 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,5 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,9 | 21,8 | 21,8 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 21,6 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 21,6 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,7 | 21,8 | 21,7 | 21,6 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 21,5 | 21,5 | 21,5 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 | 21,6 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,3 | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,1  | 1,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,2 | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 0,9  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,6 | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,5  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,9 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 0,9  | 1,1  | 0,8  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,2 | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 0,8  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 0,6  |
| sensor09 | 500  | 100  | 1,1 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 0,9  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,8 | 0,9  | 1,0  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 1,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,8 | 0,9  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 0,7  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,3 | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 0,9  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 1,0 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 0,9  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,9 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 0,7  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 0,7  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 1,0 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 0,9  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,09 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,09 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,09 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,10 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,09 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,08 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,11 | 0,10 | 0,10 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,06 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,10 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,10 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,08 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,08 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 0,10 | 0,09 | 0,08 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,06 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |

Gemiddelde PMV: 0,08

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Provent D-luxe – 36 m³/h –  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,0  | 0,0  | 0,0  | 9,9  | 9,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 7,4  | 11,1 | 8,7  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,4  | 6,0  | 8,0  | 1,1  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 5,9  | 9,5  | 8,2  | 6,2  | 2,7  | 4,5  | 7,9  | 8,6  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 2,3  | 0,0  | 10,2 | 10,6 | 10,7 | 5,9  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,3  | 8,0  | 11,8 | 9,5  | 2,1  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,5  | 7,8  | 7,7  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 11,1 | 12,2 | 8,3  | 4,8  | 0,5  | 0,0  | 6,5  | 8,4  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 1,3  | 0,0  | 0,0  | 6,4  | 8,6  | 12,1 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,5  | 10,3 | 8,3  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,5  | 4,0  | 5,5  | 7,1  | 3,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 11,6 | 11,1 | 9,5  | 8,6  | 1,8  | 4,3  | 6,2  | 6,8  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,0  | 6,8  | 0,0  | 0,0  | 5,1  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 14,1 | 11,3 | 10,3 | 9,5  | 5,7  | 5,3  | 6,7  | 6,9  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | 0,11 | 0,11 | 0,04 | 0,01 | 0,02 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,09 | 0,13 | 0,09 | 0,03 | 0,04 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,01 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,05 | 0,03 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,07 | 0,11 | 0,11 | 0,09 | 0,06 | 0,07 | 0,10 | 0,11 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,03 | 0,02 | 0,06 | 0,04 | 0,11 | 0,12 | 0,13 | 0,07 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,09 | 0,13 | 0,10 | 0,05 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,10 | 0,09 | 0,04 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,13 | 0,14 | 0,11 | 0,07 | 0,05 | 0,04 | 0,09 | 0,10 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,09 | 0,09 | 0,12 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,04 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,08 | 0,11 | 0,10 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | 0,06 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,14 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,05 | 0,07 | 0,08 | 0,09 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,03 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,03 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,09 | 0,04 | 0,04 | 0,07 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,18 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,08 | 0,09 | 0,09 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 64  | 88   | 119  | 40   | 40   | 140  | 275  | 111  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 206 | 122  | 298  | 58   | 31   | 55   | 150  | 93   |
| sensor14 | 0    | 600  | 223 | 165  | 87   | 71   | 45   | 32   | 99   | 141  |
| sensor13 | 0    | 100  | 61  | 34   | 19   | 29   | 52   | 37   | 26   | 24   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 68  | 157  | 70   | 110  | 42   | 28   | 24   | 74   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 155 | 107  | 103  | 58   | 46   | 28   | 47   | 89   |
| sensor10 | 500  | 600  | 140 | 76   | 117  | 56   | 61   | 27   | 40   | 119  |
| sensor09 | 500  | 100  | 26  | 25   | 24   | 39   | 59   | 78   | 35   | 28   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 82  | 75   | 67   | 115  | 92   | 28   | 56   | 42   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 93  | 95   | 76   | 114  | 108  | 39   | 47   | 37   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 142 | 184  | 99   | 55   | 46   | 45   | 42   | 53   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 20  | 23   | 28   | 28   | 61   | 46   | 34   | 36   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 78  | 186  | 251  | 95   | 144  | 246  | 98   | 128  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 134 | 118  | 156  | 84   | 100  | 386  | 63   | 130  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 123 | 125  | 67   | 54   | 38   | 100  | 84   | 50   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 15  | 24   | 19   | 22   | 28   | 26   | 25   | 30   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 22,2 | 22,3 | 22,4 | 22,1 | 22,0 | 22,1 | 22,2 | 22,2 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 22,3 | 22,4 | 22,4 | 22,2 | 22,0 | 22,0 | 22,1 | 22,1 |
| sensor14 | 0    | 600  | 21,6 | 21,9 | 21,9 | 21,6 | 21,5 | 21,3 | 21,4 | 21,5 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,9 | 21,9 | 22,1 | 22,2 | 22,3 | 22,2 | 22,0 | 21,9 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 22,1 | 22,2 | 22,1 | 22,1 | 21,8 | 21,8 | 21,8 | 21,8 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 22,2 | 22,3 | 22,3 | 22,2 | 22,1 | 22,0 | 22,0 | 22,0 |
| sensor10 | 500  | 600  | 22,3 | 22,4 | 22,5 | 22,2 | 22,1 | 21,9 | 21,9 | 22,0 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,7 | 21,8 | 22,0 | 22,2 | 22,2 | 22,2 | 22,0 | 21,9 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 22,1 | 22,2 | 22,2 | 22,3 | 22,3 | 22,1 | 22,0 | 21,8 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 22,0 | 22,1 | 22,1 | 22,1 | 22,1 | 21,9 | 21,8 | 21,7 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 22,3 | 22,4 | 22,5 | 22,5 | 22,4 | 22,2 | 22,1 | 22,1 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 21,5 | 21,6 | 21,8 | 21,9 | 22,1 | 22,2 | 22,0 | 21,8 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 22,2 | 22,3 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,4 | 22,3 | 22,2 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 22,1 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,4 | 22,3 | 22,2 | 22,1 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 22,1 | 22,3 | 22,4 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,3 | 22,1 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 21,5 | 21,8 | 21,9 | 22,0 | 22,3 | 22,5 | 22,3 | 22,1 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 0,4  | 0,3  | 1,1  | 1,3  | 1,2  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,3  | 1,4  | 1,6  | 0,7  | 0,2  | 0,5  | 1,0  | 1,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,8  | 1,0  | 0,8  | 0,4  | 0,0  | -0,2 | 0,2  | 0,5  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,5  | 0,2  | 0,4  | 0,7  | 1,0  | 0,8  | 0,4  | 0,2  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,9  | 1,1  | 0,8  | 0,9  | 0,1  | -0,1 | -0,1 | 0,4  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 0,9  | 0,5  | 0,0  | 0,3  | 0,7  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 0,9  | 0,8  | 0,3  | 0,3  | 0,8  |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,2 | -0,2 | 0,3  | 0,7  | 1,0  | 1,0  | 0,5  | 0,2  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,9  | 1,0  | 0,9  | 1,2  | 1,1  | 0,5  | 0,4  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,8  | 1,0  | 0,9  | 1,0  | 0,9  | 0,3  | 0,1  | 0,1  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,2  | 1,5  | 1,3  | 1,1  | 1,0  | 0,7  | 0,6  | 0,7  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,5 | -0,3 | 0,0  | 0,2  | 0,8  | 0,8  | 0,4  | 0,3  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,1  | 1,1  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,9  | 1,0  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 0,8  | 0,9  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,9  | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,5  | 1,0  | 0,9  | 0,5  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,9 | -0,3 | -0,2 | 0,0  | 0,6  | 0,8  | 0,6  | 0,3  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,09  | 0,11  | 0,11  | 0,02  | 0,01  | 0,09  | 0,09  | 0,09  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,10  | 0,12  | 0,12  | 0,09  | -0,02 | 0,05  | 0,08  | 0,09  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,02  | 0,05  | 0,05  | 0,02  | 0,00  | -0,03 | -0,01 | 0,01  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,05  | 0,00  | 0,02  | 0,09  | 0,10  | 0,09  | 0,04  | 0,00  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,07  | 0,09  | 0,08  | 0,16  | -0,01 | -0,17 | -0,20 | 0,04  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,10  | 0,11  | 0,11  | 0,10  | 0,16  | -0,17 | -0,03 | 0,07  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,11  | 0,13  | 0,14  | 0,11  | 0,10  | 0,02  | 0,03  | 0,08  |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,21 | -0,17 | 0,03  | 0,09  | 0,10  | 0,09  | 0,13  | 0,03  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,09  | 0,10  | 0,10  | 0,10  | 0,19  | 0,18  | 0,16  | -0,15 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,07  | 0,08  | 0,07  | 0,08  | 0,11  | 0,22  | -0,02 | -0,03 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,11  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,12  | 0,15  | 0,09  | 0,08  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,14 | -0,05 | -0,04 | -0,06 | 0,08  | 0,09  | 0,07  | 0,10  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,10  | 0,11  | 0,12  | 0,12  | 0,12  | 0,13  | 0,14  | 0,23  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,09  | 0,10  | 0,11  | 0,11  | 0,11  | 0,10  | 0,09  | 0,08  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,09  | 0,11  | 0,11  | 0,11  | 0,09  | 0,11  | 0,10  | 0,08  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,16 | -0,06 | -0,04 | -0,01 | 0,11  | 0,13  | 0,09  | 0,06  |

Gemiddelde PMV: 0,06

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 6    | 5    | 6    | 6    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 6    | 6    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 6   | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 6    | 6    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 6    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 6    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 6   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Provent D-luxe – 50 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,6  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,1  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,3  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,8  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,2  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,5  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,6  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,6  | 2,9  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,6  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,8 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,06 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,07 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,06 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,09 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,08 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,06 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,07 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,09 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,04 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,06 | 0,06 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,08 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,09 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 156 | 275  | 139  | 143  | 728  | 33   | 194  | 47   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 150 | 169  | 179  | 0    | 0    | 0    | 369  | 26   |
| sensor14 | 0    | 600  | 531 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 191  | 136  |
| sensor13 | 0    | 100  | 42  | 134  | 103  | 188  | 154  | 393  | 191  | 281  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 85  | 137  | 467  | 144  | 148  | 60   | 125  | 32   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 187 | 184  | 457  | 150  | 917  | 58   | 159  | 23   |
| sensor10 | 500  | 600  | 302 | 287  | 611  | 0    | 0    | 71   | 200  | 20   |
| sensor09 | 500  | 100  | 58  | 94   | 93   | 63   | 122  | 942  | 119  | 90   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 57  | 78   | 67   | 167  | 335  | 133  | 46   | 38   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 86  | 79   | 69   | 1186 | 340  | 779  | 104  | 38   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 117 | 143  | 1234 | 0    | 0    | 474  | 362  | 22   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 66  | 128  | 867  | 360  | 107  | 986  | 512  | 151  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 102 | 196  | 220  | 465  | 134  | 98   | 42   | 37   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 87  | 97   | 51   | 125  | 204  | 219  | 172  | 27   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 109 | 95   | 622  | 0    | 0    | 0    | 368  | 31   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 48  | 142  | 121  | 142  | 227  | 291  | 1000 | 88   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,4 | 23,4 | 23,4 | 23,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,3 | 23,4 | 23,4 | 23,3 |
| sensor14 | 0    | 600  | 22,4 | 22,5 | 22,5 | 22,5 | 22,6 | 22,7 | 22,7 | 22,7 |
| sensor13 | 0    | 100  | 22,8 | 22,8 | 22,9 | 23,0 | 23,1 | 23,1 | 23,3 | 23,4 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 23,0 | 23,1 | 23,1 | 23,2 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,3 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,3 | 23,4 | 23,4 | 23,4 | 23,4 |
| sensor10 | 500  | 600  | 23,0 | 23,1 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,3 |
| sensor09 | 500  | 100  | 22,8 | 22,8 | 22,9 | 23,0 | 23,0 | 23,1 | 23,2 | 23,3 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 23,0 | 23,1 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,4 | 23,3 | 23,3 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 22,8 | 22,9 | 22,9 | 23,1 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,1 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,4 | 23,4 | 23,5 | 23,6 | 23,4 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 22,6 | 22,7 | 22,8 | 22,8 | 22,9 | 23,0 | 23,1 | 23,2 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 23,1 | 23,1 | 23,2 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,3 | 23,4 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 23,0 | 23,0 | 23,1 | 23,1 | 23,2 | 23,3 | 23,4 | 23,3 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 22,9 | 23,0 | 23,1 | 23,2 | 23,2 | 23,3 | 23,3 | 23,2 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 22,7 | 22,7 | 22,8 | 22,9 | 23,0 | 23,0 | 23,1 | 23,2 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,2 | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 0,9  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,5 | 0,6  | 0,7  | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,5 | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,3  | 1,4  | 1,5  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,8 | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 0,8  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,2  | 1,4  | 0,6  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 0,6  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,5 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 0,9  | 1,1  | 1,1  | 1,3  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,8 | 0,9  | 1,0  | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,0  | 0,9  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,7 | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,2  | 0,6  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,6  | 0,8  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,4 | 0,6  | 0,8  | 0,9  | 0,8  | 1,0  | 1,1  | 1,1  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,0  | 1,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,9 | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 0,7  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,9 | 0,9  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 0,6  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,3 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,0  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,43 | 0,45 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,47 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,43 | 0,45 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,46 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,34 | 0,35 | 0,35 | 0,36 | 0,37 | 0,38 | 0,38 | 0,38 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,39 | 0,39 | 0,41 | 0,42 | 0,42 | 0,44 | 0,45 | 0,46 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,44 | 0,45 | 0,45 | 0,45 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,48 | 0,39 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,45 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,44 | 0,46 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,42 | 0,43 | 0,43 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,46 | 0,46 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,39 | 0,40 | 0,40 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,48 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,44 | 0,45 | 0,45 | 0,47 | 0,48 | 0,49 | 0,50 | 0,43 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,37 | 0,37 | 0,38 | 0,39 | 0,39 | 0,41 | 0,42 | 0,43 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,43 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,48 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,47 | 0,45 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,44 | 0,45 | 0,46 | 0,46 | 0,44 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,38 | 0,38 | 0,39 | 0,40 | 0,41 | 0,42 | 0,43 | 0,45 |

Gemiddelde PMV: 0,43

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 10   | 10   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 10   | 9    |
| sensor14 | 0    | 600  | 7   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor13 | 0    | 100  | 8   | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 8   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 9   | 9    | 9    | 9    | 10   | 10   | 10   | 8    |
| sensor10 | 500  | 600  | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 10   | 9    |
| sensor09 | 500  | 100  | 8   | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 9    | 9    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 8   | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 9   | 9    | 9    | 10   | 10   | 10   | 10   | 9    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 9    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    |

Gemiddelde PPD: 9

Provent D-luxe – 50 m³/h –  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,8  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,8  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 12,4 | 13,1 | 12,2 | 12,8 | 11,4 | 7,2  | 13,1 | 13,6 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 2,5  | 0,0  | 6,6  | 23,5 | 18,6 | 14,8 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,0  | 8,1  | 13,1 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,5  | 7,6  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 12,3 | 12,0 | 12,3 | 11,2 | 9,1  | 7,8  | 14,5 | 12,9 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 3,7  | 0,0  | 0,0  | 7,5  | 14,8 | 16,8 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 3,8  | 9,3  | 14,6 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 6,5  | 1,5  | 0,0  | 6,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 6,6  | 7,1  | 6,4  | 6,2  | 2,4  | 10,7 | 12,9 | 11,3 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,8  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,2  | 3,4  | 0,0  | 4,3  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 5,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 2,7  | 0,0  | 0,0  | 3,2  | 4,9  | 15,4 | 14,8 | 13,6 |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,05 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,02 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,08 | 0,04 | 0,00 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,08 | 0,13 | 0,14 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,08 | 0,19 | 0,16 | 0,12 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,11 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,06 | 0,08 | 0,02 | 0,04 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,13 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,08 | 0,15 | 0,14 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,05 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,13 | 0,14 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,13 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,08 | 0,05 | 0,02 | 0,07 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,10 | 0,13 | 0,12 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,03 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,06 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,01 | 0,05 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,14 | 0,16 | 0,14 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 76  | 56   | 57   | 125  | 109  | 137  | 86   | 51   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 146 | 81   | 100  | 81   | 68   | 45   | 63   | 152  |
| sensor14 | 0    | 600  | 224 | 320  | 349  | 174  | 135  | 47   | 82   | 1003 |
| sensor13 | 0    | 100  | 14  | 14   | 19   | 22   | 17   | 32   | 22   | 19   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 49  | 62   | 49   | 56   | 41   | 32   | 33   | 43   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 151 | 189  | 83   | 93   | 74   | 49   | 64   | 49   |
| sensor10 | 500  | 600  | 125 | 362  | 218  | 175  | 68   | 47   | 129  | 94   |
| sensor09 | 500  | 100  | 16  | 14   | 14   | 29   | 36   | 39   | 17   | 14   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 30  | 65   | 73   | 72   | 61   | 39   | 36   | 36   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 84  | 153  | 93   | 164  | 87   | 53   | 45   | 33   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 87  | 141  | 96   | 150  | 43   | 56   | 172  | 66   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 23  | 32   | 23   | 44   | 55   | 36   | 25   | 23   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 82  | 106  | 98   | 268  | 95   | 62   | 52   | 102  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 71  | 95   | 156  | 102  | 52   | 43   | 84   | 66   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 60  | 136  | 92   | 117  | 42   | 107  | 294  | 73   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 47  | 83   | 82   | 51   | 32   | 29   | 15   | 17   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 20,3 | 20,2 | 20,2 | 20,1 | 20,1 | 20,0 | 19,9 | 19,9 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 20,4 | 20,2 | 20,2 | 20,1 | 20,0 | 19,8 | 19,8 | 19,8 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,7 | 19,6 | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,1 | 19,1 | 19,2 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,6 | 19,5 | 19,5 | 19,4 | 19,4 | 19,5 | 19,5 | 19,4 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 20,1 | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | 19,5 | 19,4 | 19,4 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,4 | 20,4 | 20,2 | 20,1 | 20,0 | 19,9 | 19,7 | 19,6 |
| sensor10 | 500  | 600  | 20,4 | 20,3 | 20,2 | 20,1 | 19,9 | 19,7 | 19,8 | 19,6 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,6 | 19,5 | 19,4 | 19,5 | 19,5 | 19,7 | 19,5 | 19,5 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 20,1 | 20,1 | 19,9 | 19,9 | 19,9 | 19,7 | 19,5 | 19,4 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 20,0 | 20,0 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 19,6 | 19,5 | 19,3 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,4 | 20,3 | 20,2 | 20,1 | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 19,7 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,5 | 19,5 | 19,4 | 19,4 | 19,5 | 19,5 | 19,4 | 19,3 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,3 | 20,2 | 20,1 | 20,1 | 20,0 | 19,9 | 19,8 | 19,8 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 20,2 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 19,8 | 19,8 | 19,6 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 20,2 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 19,8 | 19,8 | 19,9 | 19,7 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,8 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 19,6 | 19,6 | 19,5 | 19,4 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,5  | 1,3  | 1,3  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 0,9  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,7  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 0,8  | 0,8  | 1,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,7  | -0,1 | 0,3  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,1 | -0,2 | -0,1 | -0,2 | -0,1 | 0,3  | -0,1 | -0,2 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 1,0  | 0,6  | -0,7 | -0,5 | -0,2 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,7  | 1,7  | 1,3  | 1,3  | 1,0  | 0,8  | 0,5  | 0,1  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 0,8  | 0,4  | 1,0  | 0,7  |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,1 | 0,1  | 0,4  | -0,3 | -0,3 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,2  | 1,2  | 0,9  | 1,0  | 0,9  | 0,5  | -0,1 | -0,3 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 1,2  | 1,4  | 1,0  | 1,2  | 0,9  | 0,6  | 0,2  | -0,3 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,6  | 1,7  | 1,4  | 1,5  | 0,8  | 1,0  | 1,3  | 0,6  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,3  | 0,3  | 0,2  | 0,3  | 0,5  | 0,1  | -0,2 | -0,2 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,4  | 1,1  | 0,8  | 0,7  | 0,9  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,2  | 1,3  | 1,1  | 1,0  | 0,8  | 0,6  | 0,8  | 0,5  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,2  | 1,3  | 1,1  | 1,0  | 0,5  | 0,9  | 1,2  | 0,7  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,6  | 0,4  | -0,3 | -0,5 | -0,5 |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,39 | -0,40 | -0,40 | -0,41 | -0,41 | -0,42 | -0,43 | -0,44 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,38 | -0,39 | -0,40 | -0,41 | -0,42 | -0,44 | -0,45 | -0,45 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,46 | -0,47 | -0,48 | -0,49 | -0,50 | -0,54 | -0,53 | -0,52 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,58 | -0,61 | -0,58 | -0,58 | -0,57 | -0,48 | -0,58 | -0,61 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,42 | -0,43 | -0,44 | -0,44 | -0,46 | -1,08 | -0,90 | -0,70 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,37 | -0,38 | -0,40 | -0,41 | -0,42 | -0,44 | -0,46 | -0,59 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,36 | -0,37 | -0,39 | -0,39 | -0,42 | -0,44 | -0,43 | -0,46 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,56 | -0,56 | -0,63 | -0,47 | -0,36 | -0,46 | -0,69 | -0,61 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,41 | -0,41 | -0,43 | -0,43 | -0,44 | -0,13 | -0,49 | -0,68 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,43 | -0,43 | -0,45 | -0,45 | -0,46 | -0,48 | -0,49 | -0,67 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,38 | -0,38 | -0,40 | -0,41 | -0,43 | -0,42 | -0,42 | -0,46 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,32 | -0,32 | -0,33 | -0,42 | -0,50 | -0,55 | -0,50 | -0,47 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,38 | -0,39 | -0,40 | -0,41 | -0,42 | -0,46 | -0,31 | -0,26 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,40 | -0,41 | -0,42 | -0,43 | -0,44 | -0,45 | -0,45 | -0,47 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,40 | -0,41 | -0,42 | -0,43 | -0,45 | -0,44 | -0,44 | -0,46 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,44 | -0,45 | -0,45 | -0,46 | -0,47 | -0,60 | -0,64 | -0,62 |

Gemiddelde PMV: -0,46

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor14 | 0    | 600  | 9   | 10   | 10   | 10   | 10   | 11   | 11   | 11   |
| sensor13 | 0    | 100  | 12  | 13   | 12   | 12   | 12   | 10   | 12   | 13   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 30   | 22   | 15   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 12   |
| sensor10 | 500  | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor09 | 500  | 100  | 12  | 11   | 13   | 10   | 8    | 9    | 15   | 13   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 8   | 9    | 9    | 9    | 9    | 5    | 10   | 15   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 9   | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   | 10   | 15   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 7   | 7    | 7    | 9    | 10   | 11   | 10   | 10   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 8   | 8    | 8    | 8    | 9    | 9    | 7    | 6    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 8   | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 10   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 8   | 8    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    | 9    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 9   | 9    | 9    | 9    | 10   | 12   | 14   | 13   |

Gemiddelde PPD: 10

## Bijlage D: Meetgegevens en berekeningen thermisch comfort Tempero eco 150 ceram

Tempero eco 150 ceram – 30 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

|          |      |      | draught rate [%] |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | X                |      |      |      |      |      |      |      |
|          | Y    | Z    | 500              | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,0              | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |

|          |      |      | velocity [m/s] |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | X              |      |      |      |      |      |      |      |
|          | Y    | Z    | 500            | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,02           | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01           | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,04 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,00           | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,00           | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,01           | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,01           | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,00           | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,00           | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,00           | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,00           | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,01           | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |

|          |      |      | turbulence intensity [%] |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | X                        |      |      |      |      |      |      |      |
|          | Y    | Z    | 500                      | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 125                      | 157  | 161  | 245  | 106  | 212  | 1216 | 69   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 207                      | 155  | 126  | 135  | 110  | 147  | 165  | 44   |
| sensor14 | 0    | 600  | 510                      | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 123  | 84   |
| sensor13 | 0    | 100  | 262                      | 282  | 132  | 93   | 127  | 244  | 80   | 152  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 250                      | 65   | 209  | 371  | 227  | 137  | 0    | 0    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 439                      | 126  | 355  | 232  | 85   | 67   | 195  | 51   |
| sensor10 | 500  | 600  | 311                      | 650  | 570  | 164  | 146  | 63   | 251  | 119  |
| sensor09 | 500  | 100  | 204                      | 122  | 84   | 78   | 140  | 97   | 140  | 165  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 210                      | 150  | 168  | 288  | 615  | 657  | 416  | 0    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 363                      | 1070 | 401  | 244  | 242  | 20   | 928  | 267  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 224                      | 153  | 202  | 158  | 219  | 117  | 143  | 128  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 222                      | 200  | 128  | 146  | 121  | 102  | 158  | 298  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 257                      | 250  | 271  | 44   | 419  | 244  | 505  | 79   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 256                      | 0    | 0    | 0    | 267  | 75   | 178  | 82   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 361                      | 210  | 512  | 222  | 139  | 128  | 76   | 127  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 142                      | 134  | 101  | 97   | 165  | 93   | 117  | 125  |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,2 |
| sensor14 | 0    | 600  | 20,5 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,7 | 20,6 | 20,6 | 20,6 |
| sensor13 | 0    | 100  | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,2 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| sensor10 | 500  | 600  | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,2 |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,2 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,5 | 21,5 | 21,5 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,9 | 21,0 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,4 | 21,4 | 21,4 | 21,4 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,3 | 21,3 | 21,3 | 21,3 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 20,8 | 20,8 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,1 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,5  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,1  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,7 | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,6  |
| sensor13 | 0    | 100  | 1,1 | 1,1  | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,1  | 1,1  | 1,2  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,1  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,1  | 1,3  | 1,3  | 1,1  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | 1,0 | 0,9  | 0,8  | 0,7  | 0,9  | 0,9  | 1,0  | 1,1  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,2 | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 1,0 | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,2  | 1,1  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,4 | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,8 | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,3 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,1 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,7 | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 1,0  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,06 | -0,06 | -0,06 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,08 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,17 | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,17 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,10 | -0,09 | -0,09 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,08 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,06 | -0,06 | -0,06 | -0,07 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,11 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,11 | -0,10 | -0,10 | -0,09 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,07 | -0,06 | -0,06 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,10 | -0,10 | -0,10 | -0,10 | -0,10 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,07 | -0,06 | -0,06 | -0,06 | -0,05 | -0,05 | -0,05 | -0,05 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,14 | -0,14 | -0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,11 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,08 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,07 | -0,06 | -0,06 | -0,06 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,09 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,07 | -0,08 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,10 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,09 | -0,08 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,11 | -0,10 |

Gemiddelde PMV: -0,09

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 5    | 6    | 6    | 6    |
| sensor13 | 0    | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Tempero eco 150 ceram – 30 m³/h –  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 13,3 | 14,3 | 13,3 | 10,8 | 9,3  | 8,7  | 8,3  | 4,4  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 13,3 | 13,1 | 12,3 | 10,9 | 12,1 | 7,9  | 6,5  | 4,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 14,4 | 14,0 | 13,4 | 13,0 | 12,2 | 9,8  | 7,1  | 4,3  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 12,8 | 13,2 | 13,9 | 11,3 | 12,0 | 15,3 | 12,6 | 10,2 |

velocity [m/s]

|          |      |      | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,02 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,11 | 0,13 | 0,13 | 0,11 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,06 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,02 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,12 | 0,09 | 0,08 | 0,06 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,01 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 0,07 | 0,06 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,13 | 0,14 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,09 |

turbulence intensity [%]

|          |      |      | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          | Y    | Z    | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 112 | 145  | 101  | 119  | 135  | 125  | 165  | 218  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 86  | 140  | 218  | 120  | 114  | 98   | 422  | 123  |
| sensor14 | 0    | 600  | 995 | 233  | 240  | 0    | 244  | 103  | 300  | 137  |
| sensor13 | 0    | 100  | 52  | 37   | 31   | 34   | 28   | 30   | 50   | 58   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 175 | 120  | 324  | 121  | 91   | 170  | 148  | 206  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 399 | 387  | 236  | 321  | 148  | 140  | 345  | 144  |
| sensor10 | 500  | 600  | 181 | 137  | 224  | 346  | 197  | 124  | 152  | 71   |
| sensor09 | 500  | 100  | 34  | 36   | 28   | 32   | 28   | 35   | 39   | 55   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 212 | 147  | 487  | 116  | 202  | 123  | 157  | 170  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 373 | 330  | 198  | 168  | 137  | 118  | 442  | 169  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 368 | 168  | 187  | 136  | 151  | 111  | 211  | 158  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 33  | 36   | 29   | 37   | 34   | 31   | 62   | 60   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 333 | 331  | 174  | 147  | 172  | 115  | 93   | 135  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 431 | 0    | 148  | 109  | 136  | 145  | 133  | 216  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 263 | 200  | 155  | 102  | 80   | 110  | 131  | 229  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 28  | 22   | 31   | 26   | 31   | 42   | 49   | 62   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 20,6 | 20,6 | 20,7 | 20,6 | 20,5 | 20,5 | 20,4 | 20,3 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 20,6 | 20,7 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,3 | 20,2 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,9 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 19,8 | 19,7 | 19,6 | 19,5 |
| sensor13 | 0    | 100  | 20,2 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 19,9 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 20,5 | 20,5 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,4 | 20,3 | 20,2 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,6 | 20,5 | 20,5 | 20,4 | 20,2 |
| sensor10 | 500  | 600  | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,3 | 20,2 | 20,1 |
| sensor09 | 500  | 100  | 20,1 | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 20,0 | 19,9 | 19,9 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,3 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 20,4 | 20,4 | 20,4 | 20,3 | 20,3 | 20,2 | 20,2 | 20,0 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,7 | 20,8 | 20,7 | 20,7 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,4 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 20,0 | 19,9 | 19,9 | 19,8 | 19,7 | 19,7 | 19,7 | 19,7 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,6 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,4 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 20,5 | 20,6 | 20,5 | 20,4 | 20,4 | 20,4 | 20,3 | 20,2 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 20,5 | 20,5 | 20,5 | 20,4 | 20,3 | 20,3 | 20,2 | 20,1 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 20,1 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 19,9 | 19,8 | 19,7 | 19,7 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,3  | 1,3  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,1  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,9  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 0,7  | 0,7  | 0,6  | 0,4  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,3  | 0,0  | 0,0  | 0,1  | 0,1  | 0,2  | 0,2  | 0,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,1  | 1,2  | 1,1  | 1,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,5  | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,1  | 1,0  | 0,7  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,0  | -0,1 | -0,1 | 0,0  | -0,2 | 0,1  | 0,2  | 0,3  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,2  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 0,8  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,6  | 1,6  | 1,6  | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,3  | 1,2  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,2 | -0,2 | -0,3 | -0,3 | -0,3 | -0,2 | 0,0  | 0,1  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,5  | 1,6  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,2  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,1  | 1,1  | 1,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 1,3  | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,0  | 1,0  | 0,9  | 1,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,1 | -0,2 | -0,2 | -0,1 | -0,2 | -0,4 | -0,2 | -0,1 |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,25 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,29 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,25 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,28 | -0,29 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,33 | -0,32 | -0,33 | -0,33 | -0,35 | -0,36 | -0,37 | -0,38 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,35 | -0,40 | -0,41 | -0,36 | -0,35 | -0,34 | -0,34 | -0,34 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,27 | -0,26 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,27 | -0,28 | -0,29 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,29 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,24 | -0,23 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,27 | -0,28 | -0,29 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,43 | -0,37 | -0,38 | -0,37 | -0,48 | -0,32 | -0,33 | -0,33 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,28 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,28 | -0,27 | -0,28 | -0,28 | -0,29 | -0,30 | -0,30 | -0,33 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,23 | -0,22 | -0,22 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,27 | -0,27 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,45 | -0,44 | -0,46 | -0,45 | -0,39 | -0,41 | -0,37 | -0,37 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,24 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,27 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,26 | -0,25 | -0,25 | -0,27 | -0,27 | -0,28 | -0,29 | -0,30 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,26 | -0,25 | -0,26 | -0,27 | -0,28 | -0,29 | -0,30 | -0,31 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,40 | -0,43 | -0,42 | -0,39 | -0,40 | -0,44 | -0,39 | -0,36 |

Gemiddelde PMV: -0,30

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    | 7    |
| sensor14 | 0    | 600  | 7   | 7    | 7    | 7    | 8    | 8    | 8    | 8    |
| sensor13 | 0    | 100  | 8   | 8    | 8    | 8    | 8    | 7    | 7    | 7    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| sensor10 | 500  | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    |
| sensor09 | 500  | 100  | 9   | 8    | 8    | 8    | 10   | 7    | 7    | 7    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 7   | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 9   | 9    | 9    | 9    | 8    | 9    | 8    | 8    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 7    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 7    | 7    | 7    | 7    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 8   | 9    | 9    | 8    | 8    | 9    | 8    | 8    |

Gemiddelde PPD: 7

Tempero eco 150 ceram – 60 m³/h –  $\Delta T = 0^\circ\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,0 | 0,8  | 1,1  | 1,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,0 | 0,0  | 2,0  | 0,0  | 1,8  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 3,4 | 1,5  | 2,4  | 2,1  | 1,9  | 1,5  | 0,0  | 0,0  |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,05 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,04 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,03 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 181 | 801  | 688  | 135  | 143  | 82   | 197  | 95   |
| sensor15 | 0    | 1100 | 59  | 1405 | 139  | 283  | 173  | 124  | 113  | 50   |
| sensor14 | 0    | 600  | 186 | 0    | 2529 | 3436 | 107  | 21   | 67   | 0    |
| sensor13 | 0    | 100  | 98  | 100  | 87   | 65   | 58   | 73   | 111  | 111  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 99  | 258  | 400  | 486  | 41   | 29   | 141  | 106  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 60  | 0    | 819  | 177  | 119  | 18   | 73   | 34   |
| sensor10 | 500  | 600  | 545 | 451  | 113  | 347  | 348  | 134  | 53   | 13   |
| sensor09 | 500  | 100  | 77  | 72   | 62   | 65   | 105  | 62   | 81   | 100  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 128 | 163  | 728  | 732  | 225  | 414  | 1406 | 966  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 117 | 217  | 587  | 176  | 493  | 602  | 536  | 1497 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 320 | 401  | 405  | 189  | 81   | 87   | 160  | 56   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 84  | 76   | 61   | 79   | 56   | 63   | 102  | 132  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 223 | 86   | 942  | 1761 | 199  | 54   | 0    | 360  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 291 | 332  | 124  | 184  | 466  | 355  | 194  | 37   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 247 | 95   | 2014 | 173  | 241  | 85   | 158  | 25   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 53  | 35   | 30   | 52   | 51   | 49   | 68   | 130  |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| sensor14 | 0    | 600  | 20,1 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,3 | 20,4 | 20,4 | 20,4 |
| sensor13 | 0    | 100  | 20,5 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,8 | 20,9 | 21,0 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 20,7 | 20,8 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 21,1 | 21,0 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| sensor10 | 500  | 600  | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,0 |
| sensor09 | 500  | 100  | 20,4 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,8 | 20,9 | 21,0 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 20,7 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,2 | 21,2 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 20,6 | 20,7 | 20,7 | 20,7 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 20,9 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,9 | 21,0 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,2 | 21,3 | 21,3 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 20,2 | 20,3 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,8 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,8 | 20,9 | 21,0 | 21,0 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 20,7 | 20,8 | 20,8 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,1 | 21,1 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 20,6 | 20,7 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 20,9 | 21,0 | 21,0 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 20,2 | 20,3 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,7 | 20,8 | 20,9 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 1,2 | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,5  | 1,5  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 1,2 | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,4  | 1,3  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,5 | 0,7  | 0,8  | 0,8  | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,7  |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,3  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,9 | 1,0  | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 1,1 | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,3  | 1,2  | 1,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,4 | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,8  | 0,8  | 0,9  | 1,1  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 1,0 | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,5  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,9 | 1,0  | 1,1  | 1,0  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,3  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 1,2 | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,6  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,2 | 0,3  | 0,3  | 0,5  | 0,4  | 0,6  | 0,8  | 1,0  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 1,1 | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,4  | 1,6  | 1,5  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 1,0 | 1,1  | 1,1  | 1,2  | 1,3  | 1,3  | 1,4  | 1,3  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,9 | 1,1  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,2  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,1 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,9  | 1,0  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,11 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,15 | -0,14 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,12 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,24 | -0,22 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,21 | -0,21 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,18 | -0,17 | -0,17 | -0,16 | -0,16 | -0,15 | -0,14 | -0,13 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,17 | -0,15 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,13 | -0,13 | -0,13 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,15 | -0,13 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,12 | -0,13 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,14 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,11 | -0,11 | -0,12 | -0,12 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,19 | -0,19 | -0,18 | -0,17 | -0,16 | -0,15 | -0,15 | -0,14 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,12 | -0,12 | -0,11 | -0,11 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,18 | -0,17 | -0,16 | -0,16 | -0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,14 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,14 | -0,12 | -0,11 | -0,10 | -0,10 | -0,10 | -0,09 | -0,09 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,22 | -0,22 | -0,21 | -0,20 | -0,20 | -0,18 | -0,18 | -0,16 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,12 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,11 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,16 | -0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,12 | -0,13 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,17 | -0,15 | -0,14 | -0,14 | -0,14 | -0,13 | -0,13 | -0,13 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,21 | -0,20 | -0,19 | -0,18 | -0,18 | -0,17 | -0,16 | -0,15 |

Gemiddelde PMV: -0,15

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor14 | 0    | 600  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor13 | 0    | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 6   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor10 | 500  | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor09 | 500  | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 6   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 5   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 6   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 6   | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 6   | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    |

Gemiddelde PPD: 5

Tempero eco 150 ceram – 60 m³/h –  $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$ :

draught rate [%]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor13 | 0    | 100  | 24,1 | 23,3 | 21,8 | 18,9 | 15,3 | 14,4 | 11,1 | 10,1 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor09 | 500  | 100  | 21,7 | 22,7 | 22,2 | 17,2 | 18,8 | 15,9 | 12,9 | 12,1 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | 20,7 | 19,6 | 19,8 | 15,3 | 14,6 | 12,1 | 11,3 | 7,8  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,0  | 0,0  | 1,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,5 | 19,0 | 18,1 | 16,5 | 16,2 | 16,6 | 15,7 | 15,9 |

velocity [m/s]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| sensor13 | 0    | 100  | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,15 | 0,15 | 0,11 | 0,09 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,03 |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,04 |
| sensor09 | 500  | 100  | 0,20 | 0,19 | 0,19 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,10 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,05 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 0,17 | 0,18 | 0,19 | 0,15 | 0,13 | 0,12 | 0,10 | 0,08 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,01 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,04 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 0,17 | 0,16 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,14 |

turbulence intensity [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 207 | 128  | 107  | 106  | 100  | 114  | 103  | 120  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 247 | 895  | 117  | 139  | 116  | 272  | 100  | 102  |
| sensor14 | 0    | 600  | 246 | 0    | 161  | 106  | 96   | 235  | 286  | 57   |
| sensor13 | 0    | 100  | 35  | 34   | 35   | 28   | 27   | 27   | 38   | 62   |
| sensor12 | 500  | 1700 | 133 | 106  | 92   | 81   | 92   | 86   | 157  | 94   |
| sensor11 | 500  | 1100 | 520 | 204  | 130  | 94   | 130  | 208  | 79   | 110  |
| sensor10 | 500  | 600  | 315 | 251  | 158  | 97   | 129  | 613  | 337  | 46   |
| sensor09 | 500  | 100  | 23  | 29   | 31   | 24   | 38   | 41   | 53   | 76   |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 119 | 83   | 103  | 60   | 116  | 122  | 174  | 51   |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 232 | 116  | 104  | 108  | 151  | 173  | 114  | 54   |
| sensor06 | 1000 | 600  | 154 | 165  | 159  | 126  | 115  | 207  | 225  | 43   |
| sensor05 | 1000 | 100  | 31  | 27   | 24   | 26   | 40   | 39   | 52   | 57   |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 135 | 83   | 68   | 81   | 99   | 138  | 189  | 87   |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 216 | 101  | 73   | 78   | 89   | 108  | 124  | 51   |
| sensor02 | 1500 | 600  | 224 | 109  | 76   | 75   | 74   | 135  | 85   | 63   |
| sensor01 | 1500 | 100  | 26  | 35   | 29   | 22   | 30   | 32   | 26   | 46   |

temperature [°C]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 20,0 | 20,4 | 20,7 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor15 | 0    | 1100 | 20,0 | 20,4 | 20,8 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor14 | 0    | 600  | 19,4 | 19,8 | 20,2 | 20,4 | 20,5 | 20,6 | 20,6 | 20,4 |
| sensor13 | 0    | 100  | 19,2 | 19,7 | 20,2 | 20,5 | 20,7 | 20,8 | 20,9 | 20,8 |
| sensor12 | 500  | 1700 | 19,9 | 20,2 | 20,6 | 20,9 | 21,1 | 21,1 | 21,1 | 21,1 |
| sensor11 | 500  | 1100 | 20,1 | 20,4 | 20,7 | 21,1 | 21,3 | 21,3 | 21,2 | 21,1 |
| sensor10 | 500  | 600  | 20,1 | 20,4 | 20,7 | 21,0 | 21,0 | 21,2 | 21,1 | 21,0 |
| sensor09 | 500  | 100  | 19,1 | 19,6 | 20,1 | 20,5 | 20,7 | 20,8 | 20,8 | 20,8 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 19,9 | 20,3 | 20,7 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 19,8 | 20,1 | 20,6 | 20,9 | 21,0 | 21,1 | 21,0 | 20,9 |
| sensor06 | 1000 | 600  | 20,1 | 20,4 | 20,8 | 21,0 | 21,2 | 21,3 | 21,4 | 21,3 |
| sensor05 | 1000 | 100  | 19,0 | 19,5 | 20,0 | 20,4 | 20,5 | 20,7 | 20,7 | 20,7 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 20,0 | 20,3 | 20,7 | 21,0 | 21,2 | 21,3 | 21,2 | 21,1 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 19,9 | 20,2 | 20,7 | 21,0 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor02 | 1500 | 600  | 19,8 | 20,2 | 20,6 | 20,9 | 21,1 | 21,2 | 21,2 | 21,1 |
| sensor01 | 1500 | 100  | 19,2 | 19,8 | 20,3 | 20,6 | 20,8 | 20,8 | 20,7 | 20,7 |

effective draft temperature [K]

|          | Y    | Z    | X    |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500  | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 0,6  | 0,8  | 1,1  | 1,4  | 1,6  | 1,6  | 1,6  | 1,5  |
| sensor15 | 0    | 1100 | 0,6  | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 1,6  | 1,8  | 1,6  | 1,5  |
| sensor14 | 0    | 600  | 0,0  | 0,4  | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1,1  | 1,1  | 0,9  |
| sensor13 | 0    | 100  | -1,7 | -1,2 | -0,7 | -0,3 | 0,1  | 0,3  | 0,6  | 0,7  |
| sensor12 | 500  | 1700 | 0,3  | 0,5  | 0,8  | 1,1  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,3  |
| sensor11 | 500  | 1100 | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,4  | 1,6  | 1,7  | 1,5  | 1,4  |
| sensor10 | 500  | 600  | 0,6  | 0,9  | 1,2  | 1,2  | 1,2  | 1,6  | 1,6  | 1,2  |
| sensor09 | 500  | 100  | -2,0 | -1,5 | -0,9 | -0,4 | -0,1 | 0,2  | 0,4  | 0,6  |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 0,3  | 0,5  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,2  |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 0,3  | 0,5  | 0,9  | 1,3  | 1,4  | 1,5  | 1,4  | 1,1  |
| sensor06 | 1000 | 600  | 0,6  | 0,9  | 1,2  | 1,5  | 1,4  | 1,7  | 1,8  | 1,4  |
| sensor05 | 1000 | 100  | -1,8 | -1,3 | -0,9 | -0,3 | 0,0  | 0,3  | 0,4  | 0,6  |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 0,4  | 0,5  | 0,8  | 1,2  | 1,4  | 1,5  | 1,6  | 1,4  |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 0,4  | 0,5  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,5  | 1,5  | 1,2  |
| sensor02 | 1500 | 600  | 0,2  | 0,4  | 0,8  | 1,1  | 1,3  | 1,5  | 1,5  | 1,3  |
| sensor01 | 1500 | 100  | -1,7 | -1,0 | -0,5 | -0,2 | 0,0  | 0,0  | -0,1 | 0,1  |

PMV [-]

|          | Y    | Z    | X     |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |      |      | 500   | 1000  | 1500  | 2000  | 2500  | 3000  | 3500  | 4000  |
| sensor16 | 0    | 1700 | -0,30 | -0,25 | -0,21 | -0,18 | -0,16 | -0,15 | -0,15 | -0,16 |
| sensor15 | 0    | 1100 | -0,30 | -0,25 | -0,20 | -0,17 | -0,15 | -0,15 | -0,16 | -0,17 |
| sensor14 | 0    | 600  | -0,38 | -0,33 | -0,28 | -0,25 | -0,24 | -0,23 | -0,23 | -0,25 |
| sensor13 | 0    | 100  | -0,62 | -0,56 | -0,47 | -0,42 | -0,35 | -0,33 | -0,25 | -0,21 |
| sensor12 | 500  | 1700 | -0,32 | -0,28 | -0,23 | -0,20 | -0,17 | -0,16 | -0,16 | -0,17 |
| sensor11 | 500  | 1100 | -0,29 | -0,25 | -0,21 | -0,17 | -0,14 | -0,14 | -0,15 | -0,16 |
| sensor10 | 500  | 600  | -0,27 | -0,24 | -0,19 | -0,17 | -0,16 | -0,14 | -0,14 | -0,16 |
| sensor09 | 500  | 100  | -0,67 | -0,59 | -0,53 | -0,40 | -0,40 | -0,30 | -0,27 | -0,24 |
| sensor08 | 1000 | 1700 | -0,31 | -0,27 | -0,22 | -0,18 | -0,16 | -0,15 | -0,15 | -0,17 |
| sensor07 | 1000 | 1100 | -0,34 | -0,29 | -0,24 | -0,20 | -0,18 | -0,17 | -0,18 | -0,19 |
| sensor06 | 1000 | 600  | -0,29 | -0,25 | -0,20 | -0,17 | -0,16 | -0,13 | -0,13 | -0,14 |
| sensor05 | 1000 | 100  | -0,53 | -0,50 | -0,50 | -0,33 | -0,24 | -0,21 | -0,22 | -0,17 |
| sensor04 | 1500 | 1700 | -0,30 | -0,26 | -0,21 | -0,17 | -0,15 | -0,14 | -0,15 | -0,16 |
| sensor03 | 1500 | 1100 | -0,31 | -0,27 | -0,22 | -0,18 | -0,16 | -0,16 | -0,16 | -0,17 |
| sensor02 | 1500 | 600  | -0,32 | -0,28 | -0,22 | -0,19 | -0,16 | -0,15 | -0,15 | -0,16 |
| sensor01 | 1500 | 100  | -0,59 | -0,49 | -0,43 | -0,39 | -0,35 | -0,35 | -0,36 | -0,32 |

Gemiddelde PMV: -0,25

PPD [%]

|          | Y    | Z    | X   |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
|          |      |      | 500 | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 |
| sensor16 | 0    | 1700 | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 6    |
| sensor15 | 0    | 1100 | 7   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 6    | 6    |
| sensor14 | 0    | 600  | 8   | 7    | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor13 | 0    | 100  | 13  | 11   | 10   | 9    | 8    | 7    | 6    | 6    |
| sensor12 | 500  | 1700 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor11 | 500  | 1100 | 7   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 6    |
| sensor10 | 500  | 600  | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 6    |
| sensor09 | 500  | 100  | 15  | 12   | 11   | 8    | 8    | 7    | 6    | 6    |
| sensor08 | 1000 | 1700 | 7   | 6    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 6    |
| sensor07 | 1000 | 1100 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor06 | 1000 | 600  | 7   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 5    |
| sensor05 | 1000 | 100  | 11  | 10   | 10   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor04 | 1500 | 1700 | 7   | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 5    | 6    |
| sensor03 | 1500 | 1100 | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    | 6    |
| sensor02 | 1500 | 600  | 7   | 7    | 6    | 6    | 6    | 5    | 5    | 6    |
| sensor01 | 1500 | 100  | 12  | 10   | 9    | 8    | 8    | 8    | 8    | 7    |

Gemiddelde PPD: 7

