Computational fluid dynamics (CFD) berekeningen voor Rovero kassen

Bepaling ventilatie karakteristieken van kassen met een verschillende opening

J.B. Campen

Rapport 526

Colofon

Titel	Computational fluid dynamics (CFD) berekeningen voor Rovero kassen
Auteur(s)	Ir. J.B. Campen
A&F nummer	526
ISBN-nummer	90-6754-945-2
Publicatiedatum	21 oktober 2005
Vertrouwelijk	Nee
OPD-code	*05/353*
Goedgekeurd door	J.C. Bakker

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V. versie 3, 03-11-2004.
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Inhoudsopgave

1 Inleiding **4**

2 Methoden **5**

3 Resultaten **8**

3.1 Raamopening 1.20 meter 8

3.2 Raamopening 2.10 meter, enkelzijdig 11

3.3 Raamopening 2.10 meter, dubbelzijdig 15

3.4 Raamopening 3.4 meter 17

3.5 Vergelijking van de verschillen raamopeningen 21

3.6 Toepassing van zijventilatie 24

4 Conclusies **27**

5 Literatuur **29**

1 Inleiding

Middels CFD berekeningen wordt de ventilatie van bestaande Rovero kassen beschreven. De berekeningen hebben tot doel meer inzicht te verschaffen in het effect van de grootte van ventilatieopeningen. Het inzicht wordt verkregen middels een berekening van het ventilatievoud en de temperatuurverdeling in de kas.
De berekeningen zijn uitgevoerd voor één type kas met de volgende specificaties:
De lengte van de kas: 50 meter
Kapbreedte: 9.60 m
Aantal kappen: 5
Zonder zijventilatie
Ventilatie openingen met een lengte van 2.10 waarmee met een éénzijdig en dubbelzijdig luchting wordt gerekend en 1.2 en 3.4 éénzijdig. Allen met maximale opening.
Een gewas van 1.2 meter hoog met een gewasweerstand voor de lucht vergelijkbaar met die van tomaat of paprika.
In de kas zijn geen netten of schermen aangebracht.
Een technische tekening van de kas is door Rovero beschikbaar gesteld met de exact maten.

2 Methoden

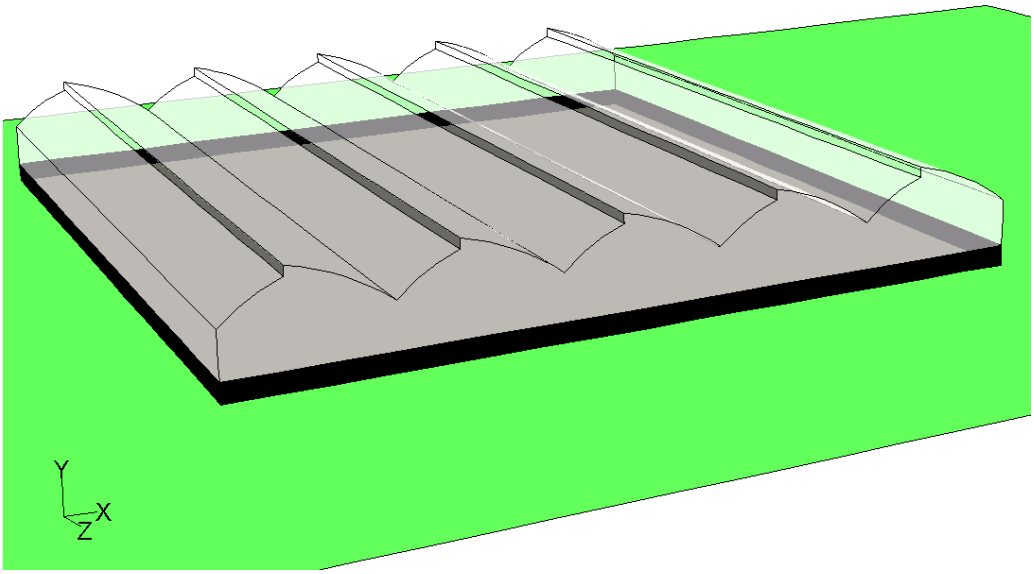
Computational Fluid Dynamics

Wat is het? Een rekenmethode om warmte en massa stromingen in of langs of door een geometrie te simuleren.

Hoe werkt het? De geometrie wordt opgedeeld in kleine stukjes waarover de continuïteitsvergelijkingen worden opgelost. Dit proces gebeurt iteratief tot convergentie wordt bereikt.

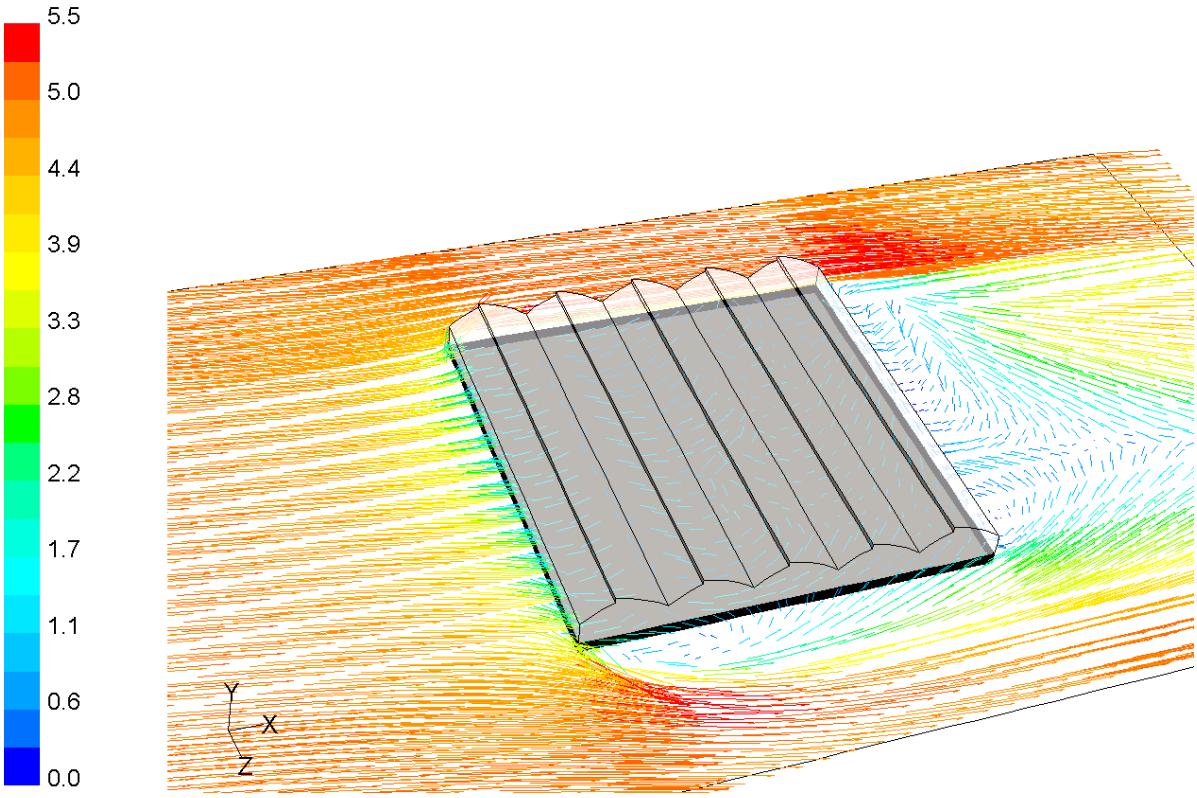
Wat zijn de voordelen? Verschillende ontwerpen van nieuwe gebouwen, auto's, computers etc. kunnen worden vergeleken zonder dure tijdsverslindende experimenten te doen met prototypes.

Wat is er nodig? Een commercieel CFD programma en een krachtige computer en iemand die goed met beide goed overweg kan. Van het probleem zelf zijn de dimensies van de geometrie de temperaturen, de windsnelheid etc. nodig.



Figuur 1 Het CFD model van de Rovero kas

In bovenstaande figuur is het model te zien gebruikt voor de berekeningen. Het model bestaat eigenlijk uit een groot aantal kleine volumes waarover de continuïteitsvergelijkingen worden opgelost.

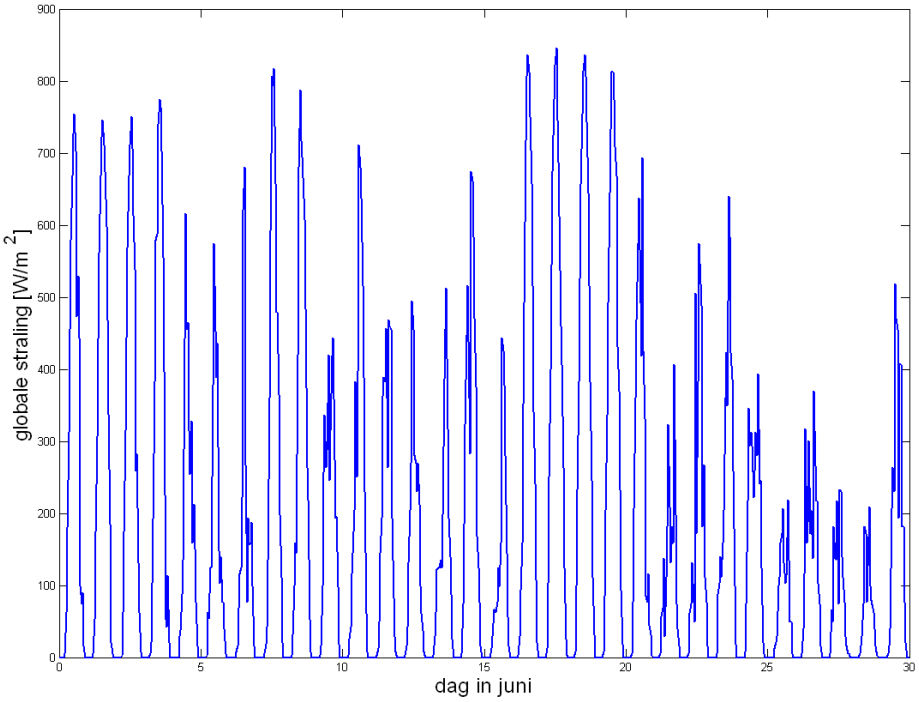


Figuur 2 Snelheidsprofiel op een hoogte van 1 meter

Bovenstaande figuur laat het snelheidsprofiel rond de kas zien. Elke pijl in het vlak geeft de snelheid en de richting van de lucht aan in het stukje volume. Daarnaast heeft elk volume een temperatuur.

De warmte welke door de zon in de kas wordt gebracht wordt in het model direct door het gewas aan de lucht afgegeven. Het gewas heeft ook een weerstand voor de lucht. De kas is in het model volledig dicht, dit houdt in dat er zich geen kieren of openingen in de omhulling bevinden behalve de ventilatieopeningen. Er vindt ook warmte-uitwisseling plaatst door de omhulling.

 ©Agrotechnology & Food Innovations B.V. Lid van Wageningen UR



Figuur 3 Globale straling in de maand juni

Bovenstaande figuur laat de globale straling in juni zien. Voor de berekeningen wordt uitgegaan van een zomerse situatie waarbij de instraling 600 W/m^2 is. Deze situatie komt in juni regelmatig voor. In de berekening wordt er vanuit gegaan dat 50% van deze straling wordt omgezet in warmte en de rest in verdamping. In het model wordt daarom 300 W/m^2 via het gewas aan de lucht afgegeven. Er wordt gekeken naar de situatie zonder wind is, 5 m/s wind met de raamopening aan de lijzijde waarbij de windrichting een hoek maakt van 80° t.o.v. de nok, en 5 m/s wind met de raamopening aan de windzijde waarbij de windrichting een hoek maakt van 80° t.o.v. de nok.

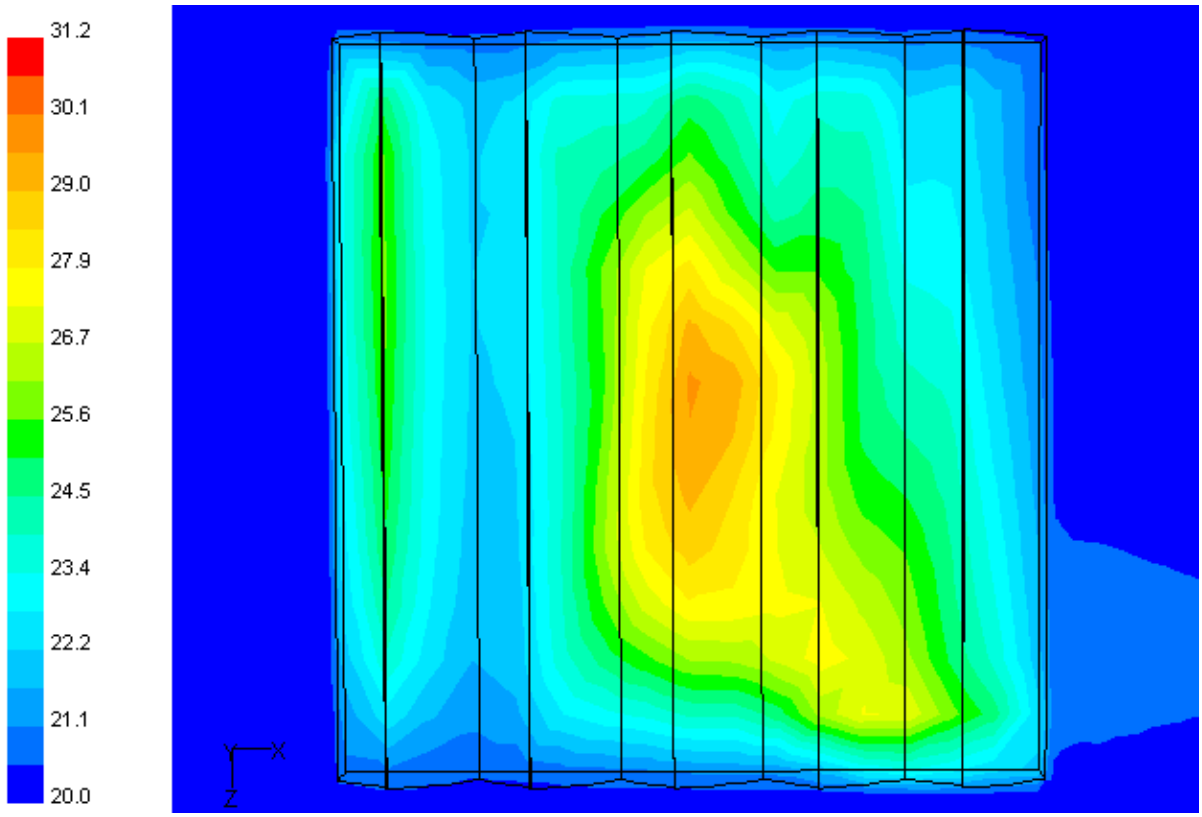
De ventilatievoud wordt berekend door een tracer gas los te laten in de kas. Op basis van de gemiddelde concentratie tracer gas en de hoeveelheid die wordt gedoseerd wordt de ventilatie berekend.

3 Resultaten

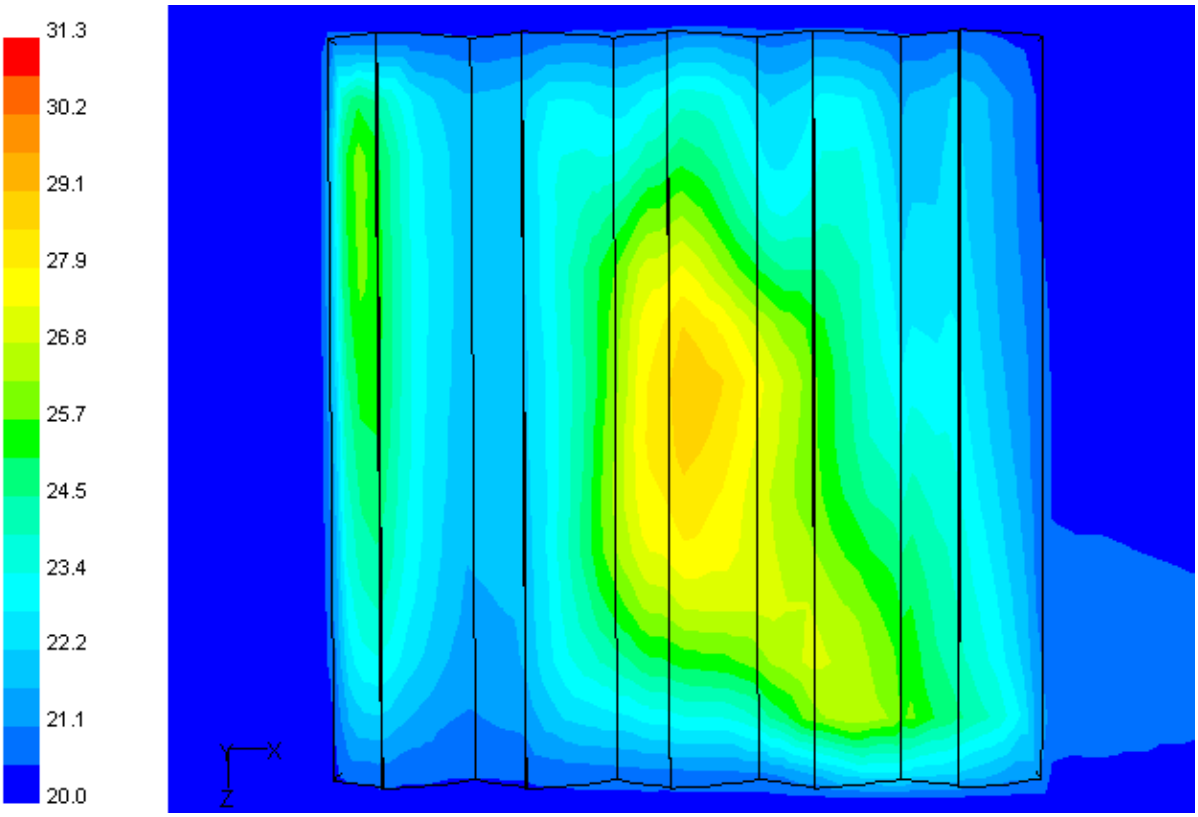
Voor de verschillende systemen is de ventilatievoud (aantal verversingen van het kasvolume per uur) en de maximale temperatuur in tabelvorm weergegeven. Vervolgens is de temperatuurverdeling op een hoogte van 1 en 2 meter in de kas weergegeven.

3.1 Raamopening 1.20 meter

Situatie	Ventilatievoud
Windzijdig ventilatie	43
Luwzijdige ventilatie	15
Geen wind	12

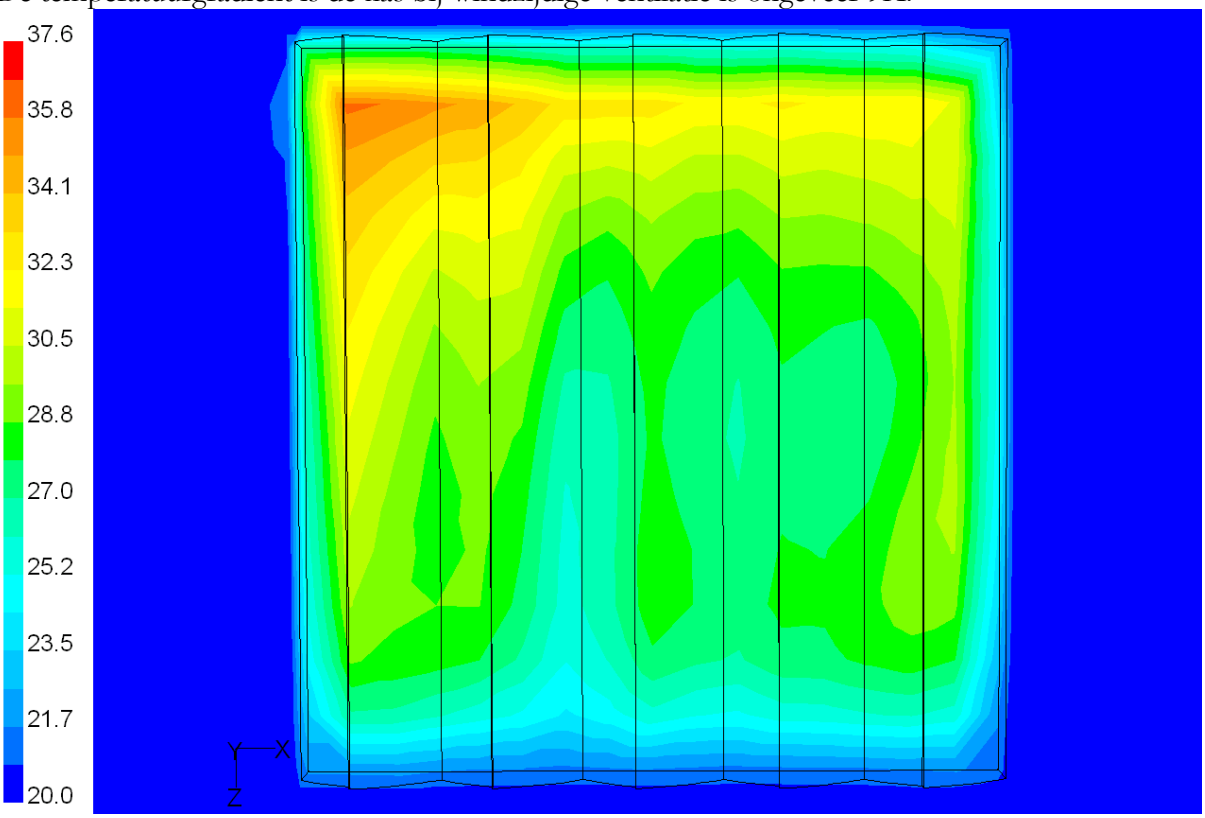


Figuur 4 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij windzijdige luchting

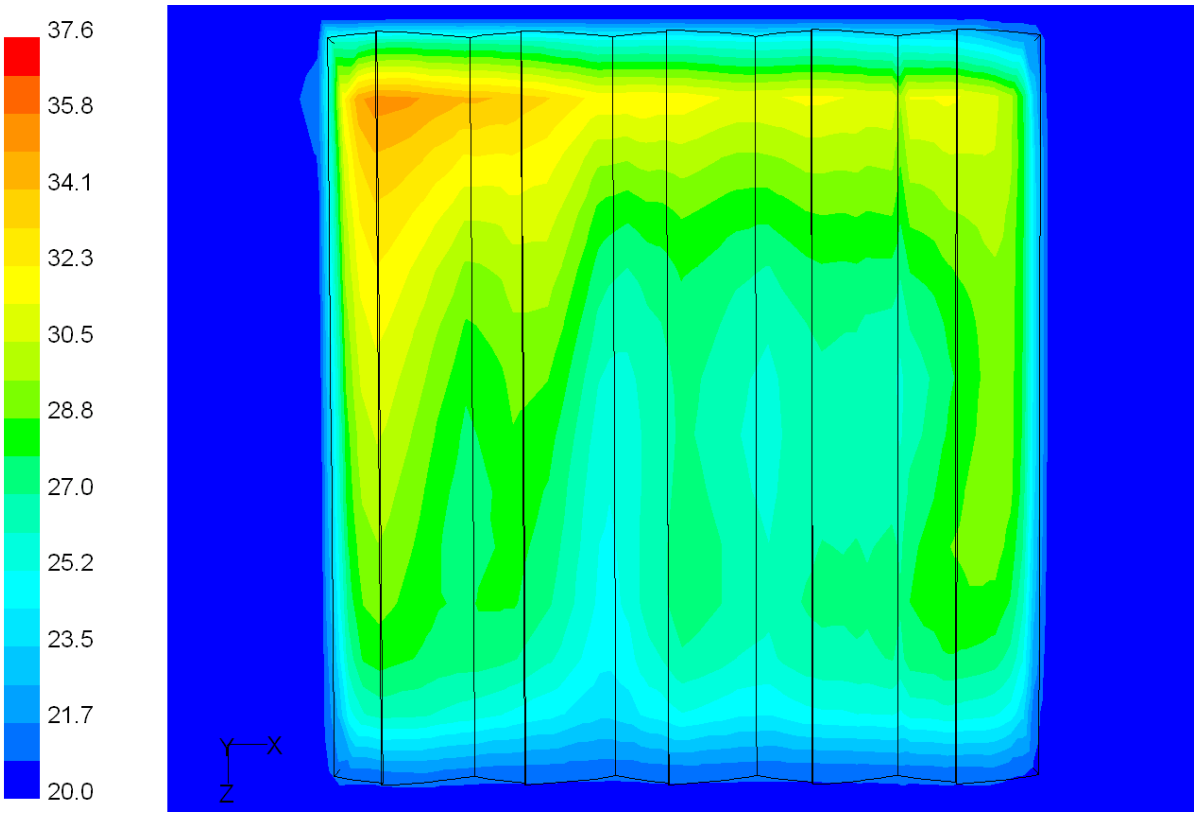


Figuur 5 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij windzijdige luchting

De temperatuurgradiënt is de kas bij windzijdige ventilatie is ongeveer 9K.

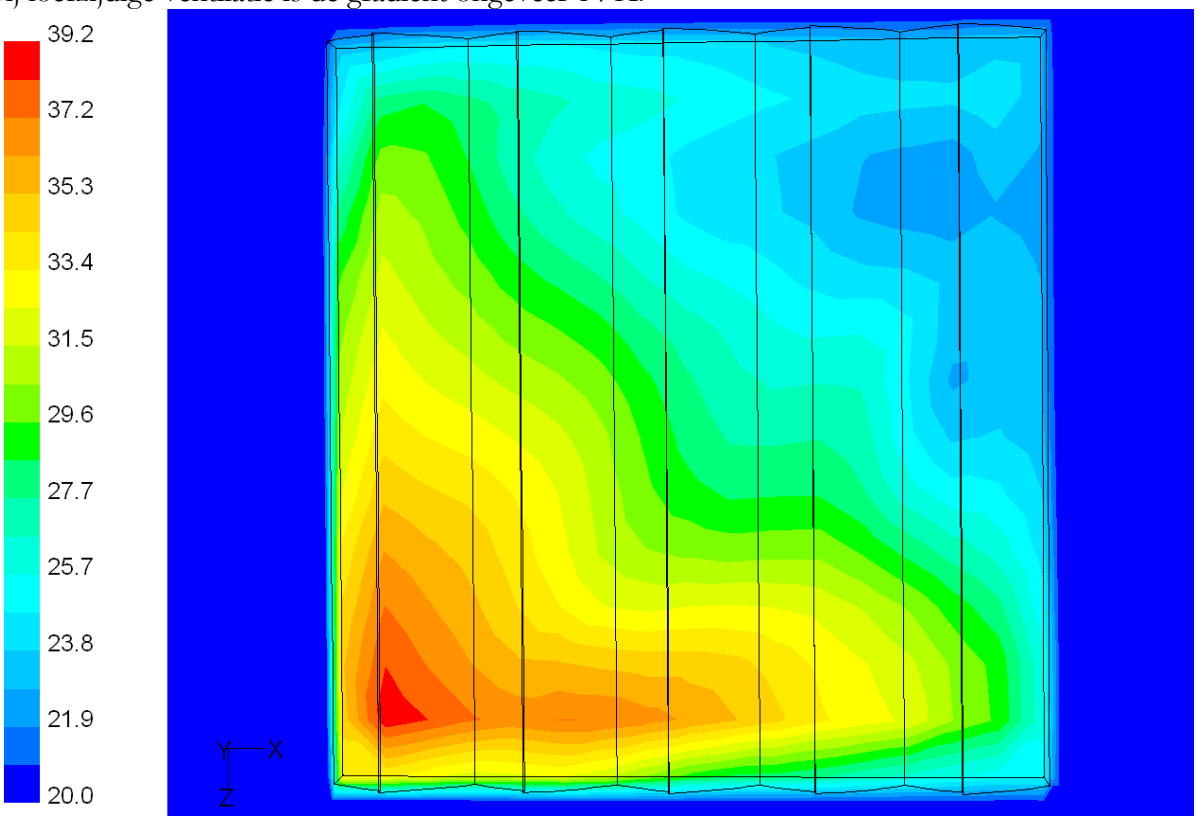


Figuur 6 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij loefzijdige luchting

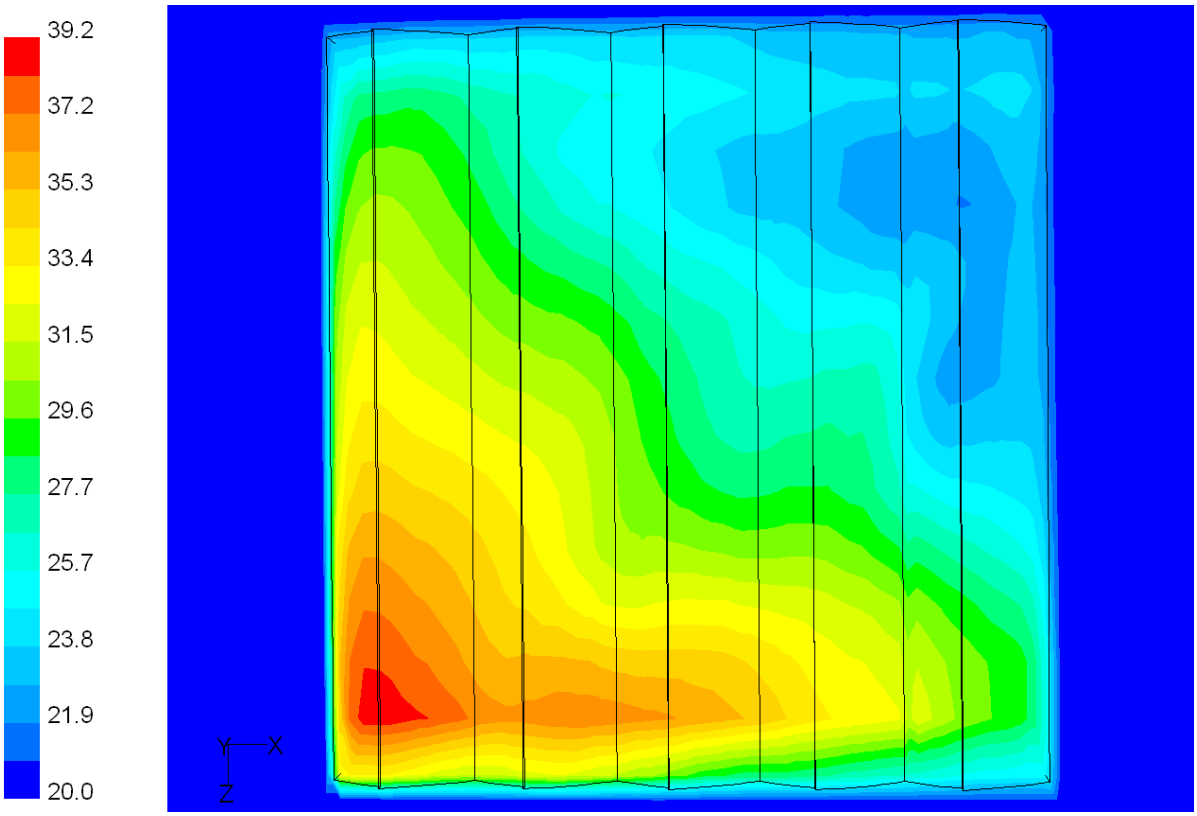


Figuur 7 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij loefzijdige luchting

Bij loefzijdige ventilatie is de gradiënt ongeveer 14 K.



Figuur 8 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij geen wind

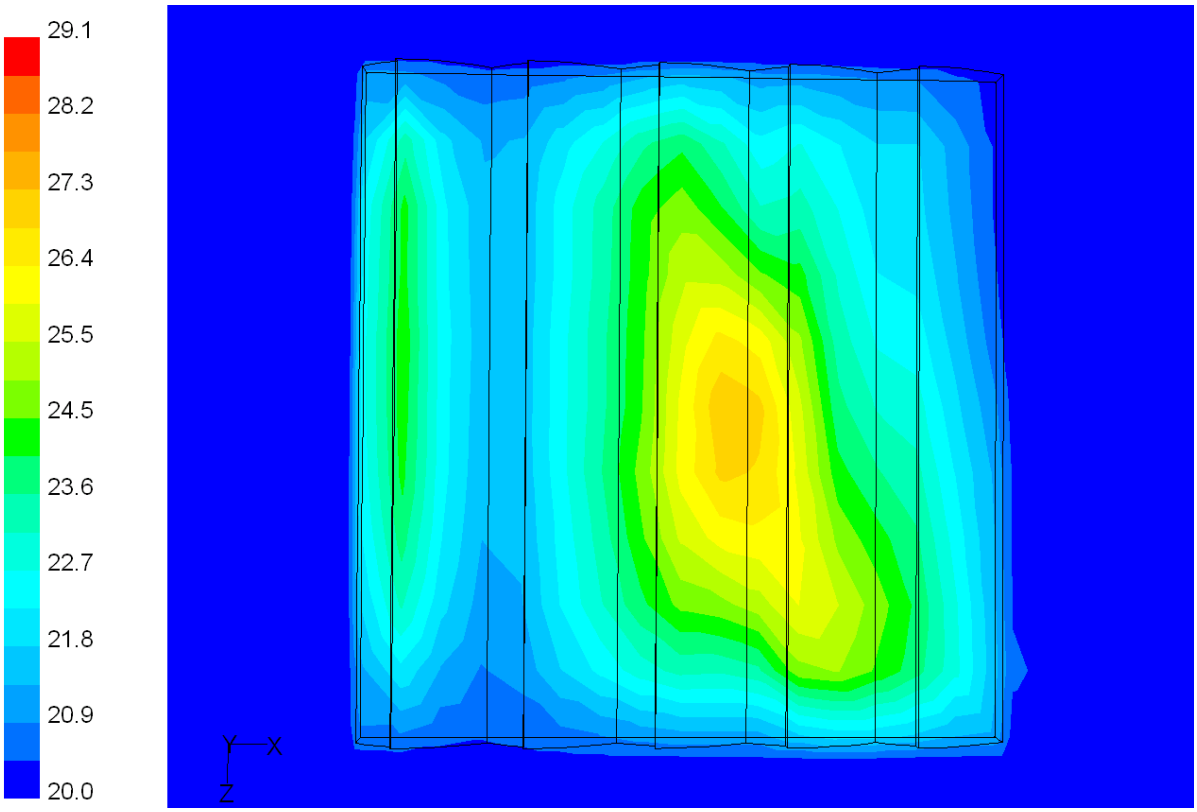


Figuur 9 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij geen wind

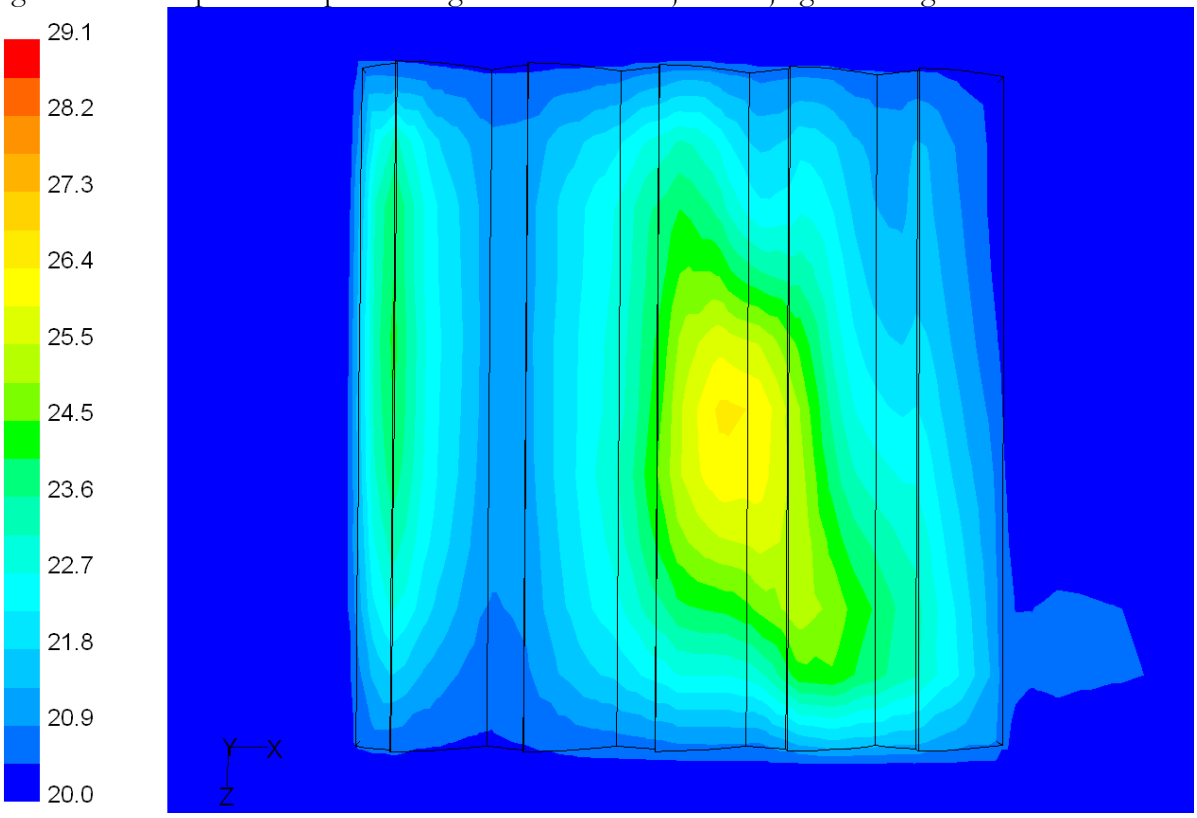
Indien er geen wind is wordt de gradiënt in de kas ongeveer 18 K.

3.2 Raamopening 2.10 meter, enkelzijdig

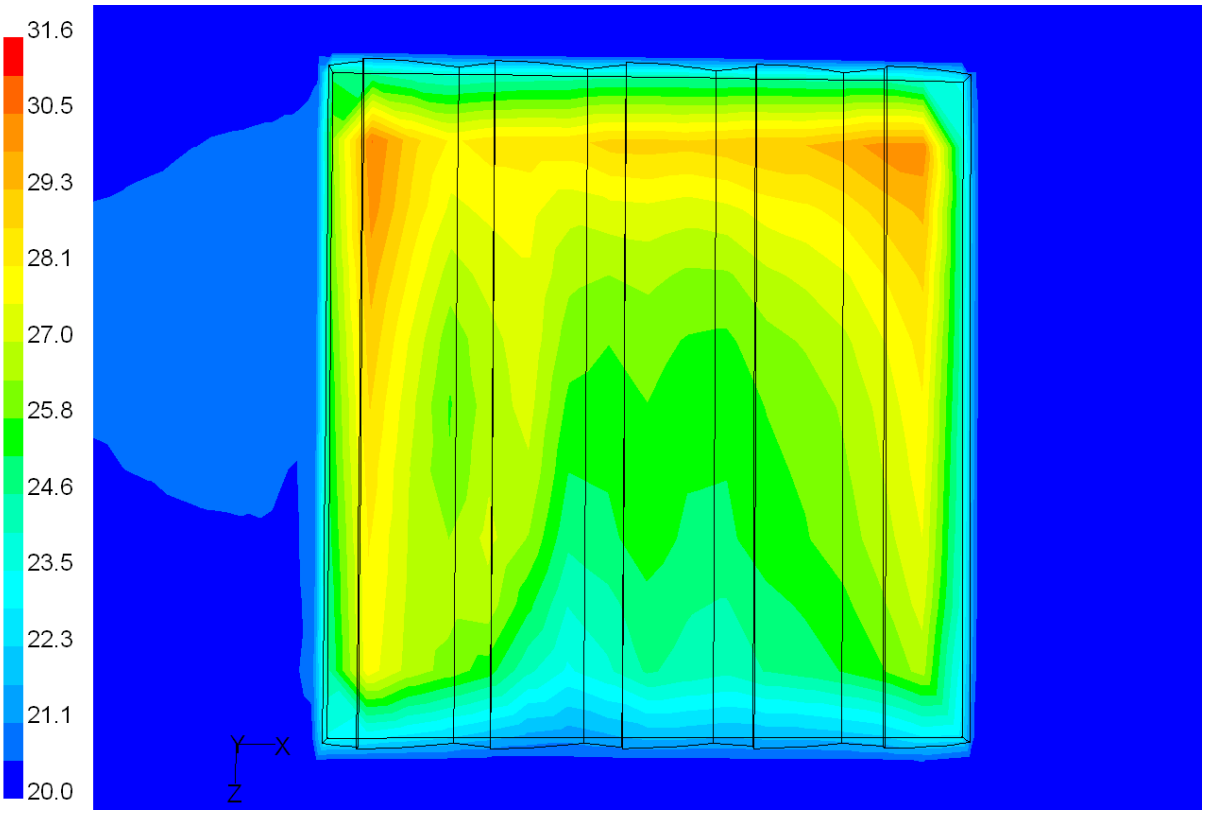
Situatie	Ventilatievoud
Windzijdig ventilatie	74
Luwzijdige ventilatie	30
Geen wind	16



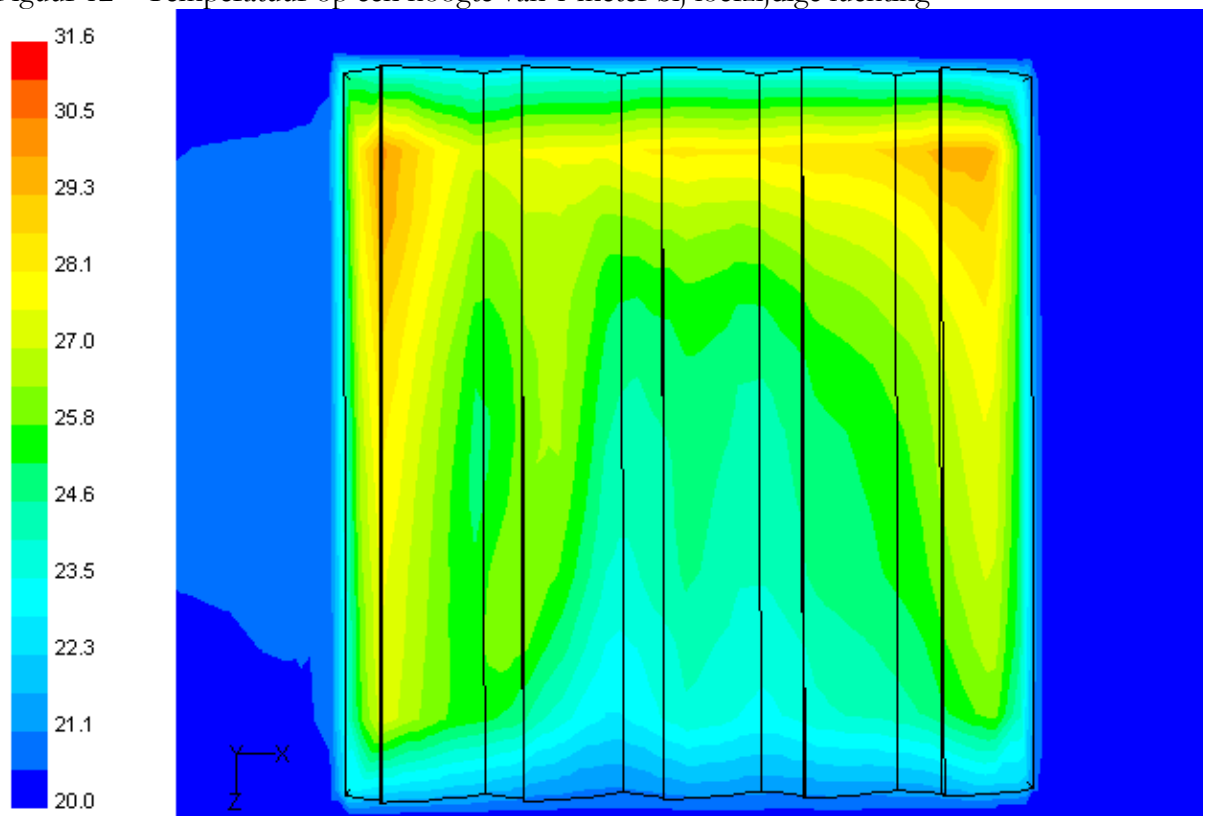
Figuur 10 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij windzijdige luchting



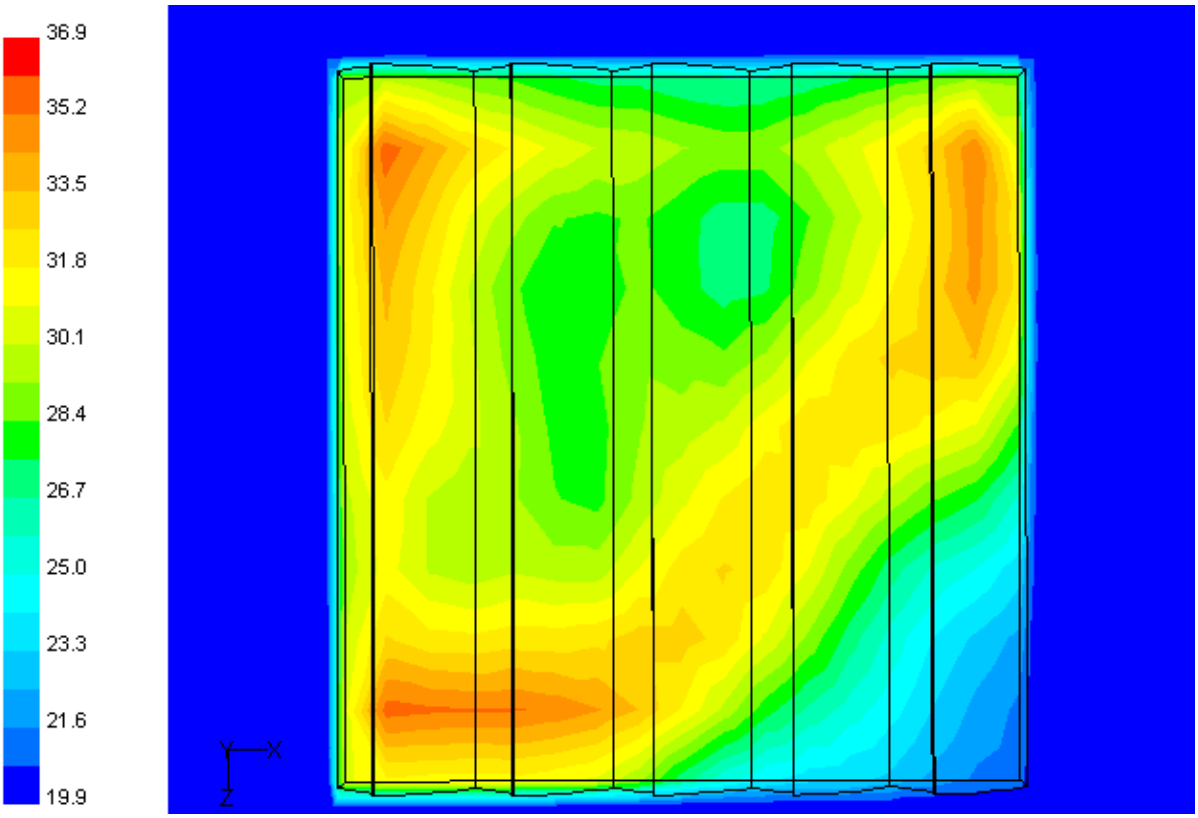
Figuur 11 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij windzijdige luchting



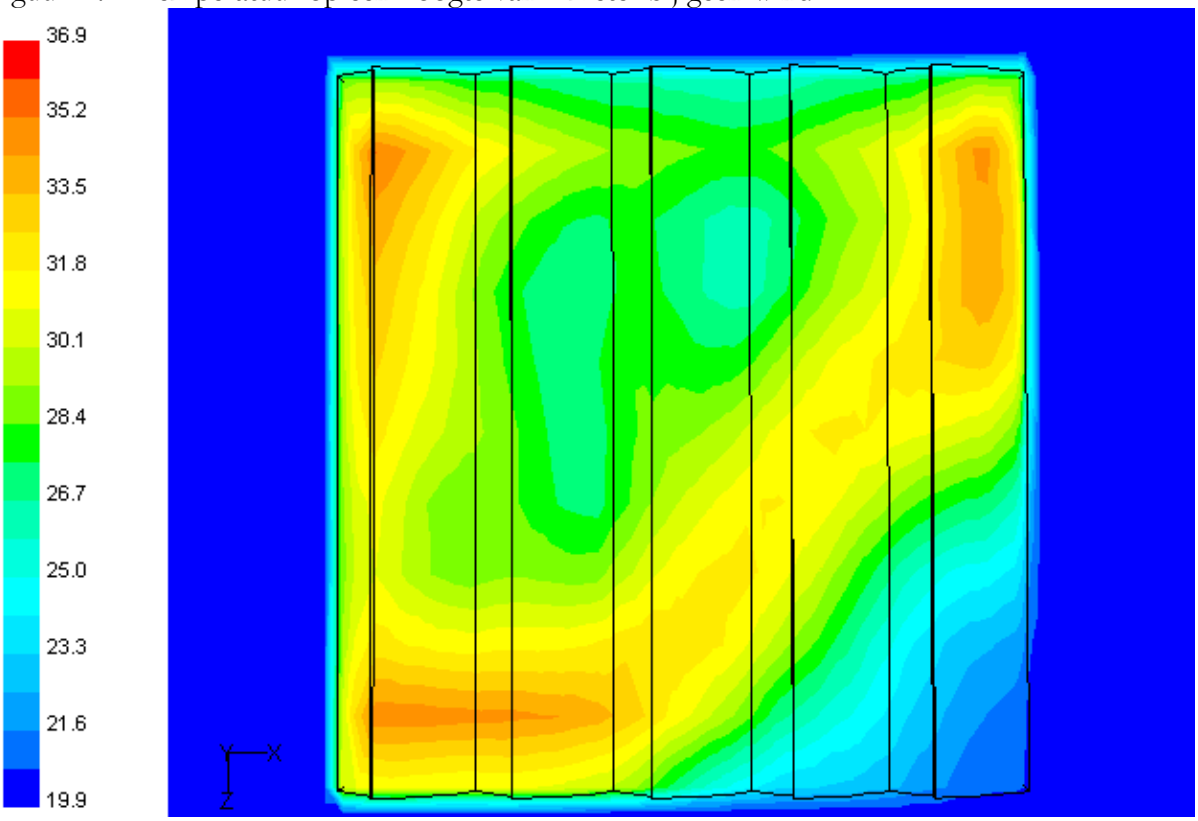
Figuur 12 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij loefzijdige luchting



Figuur 13 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij loefzijdige luchting



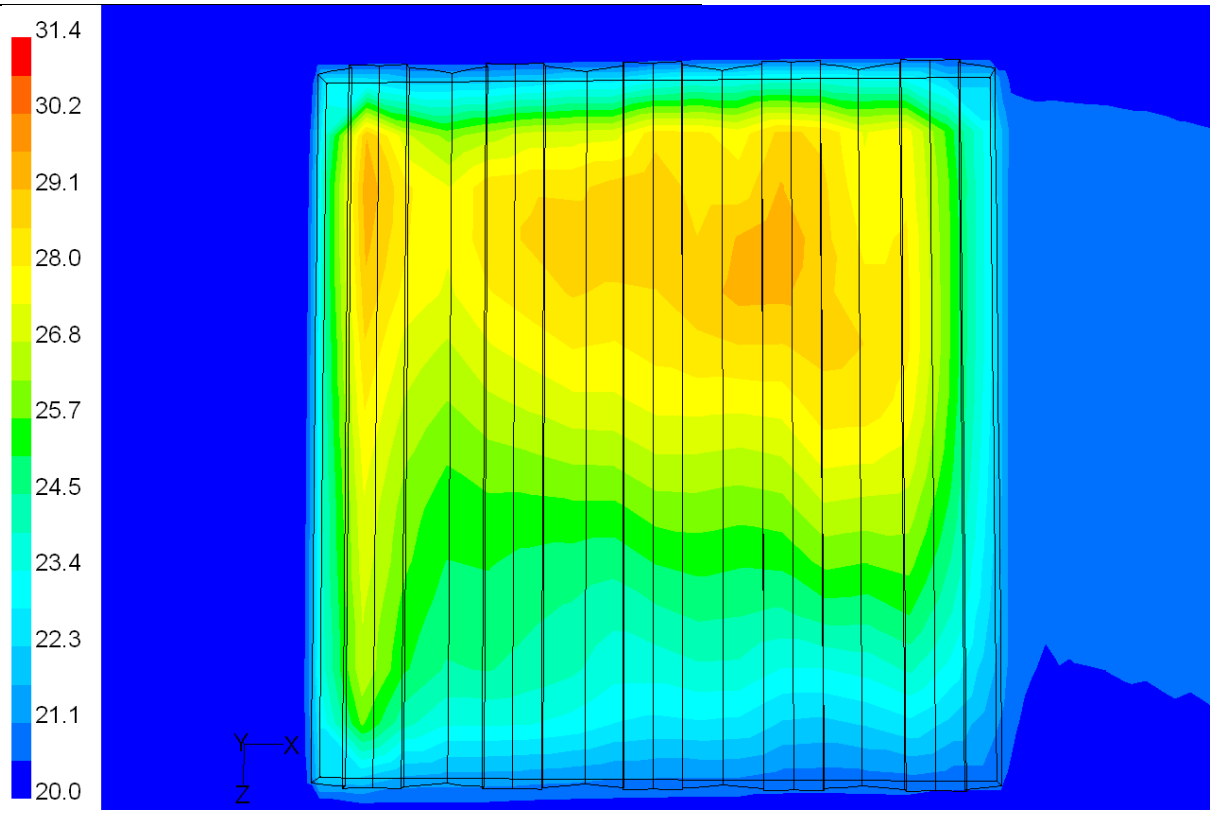
Figuur 14 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij geen wind



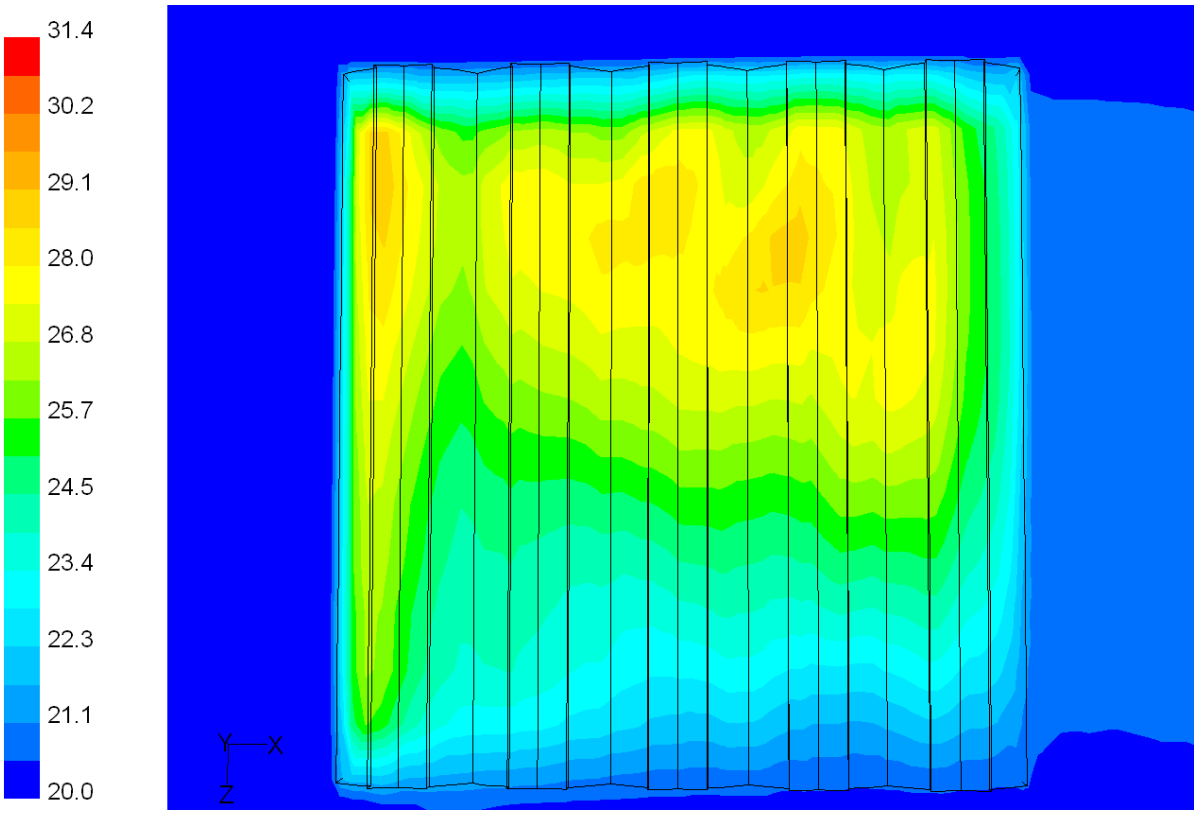
Figuur 15 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij geen wind

3.3 Raamopening 2.10 meter, dubbelzijdig

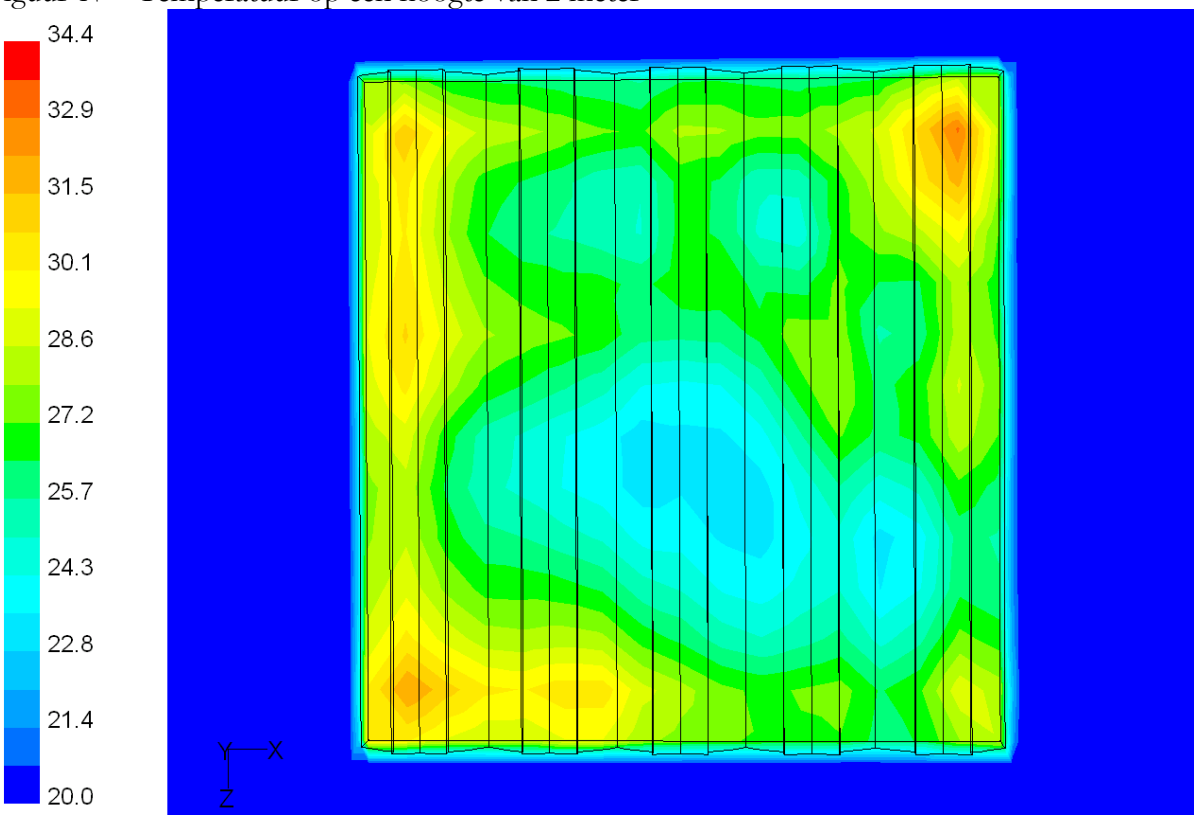
Situatie	Ventilatievoud
Met wind	40
Geen wind	28



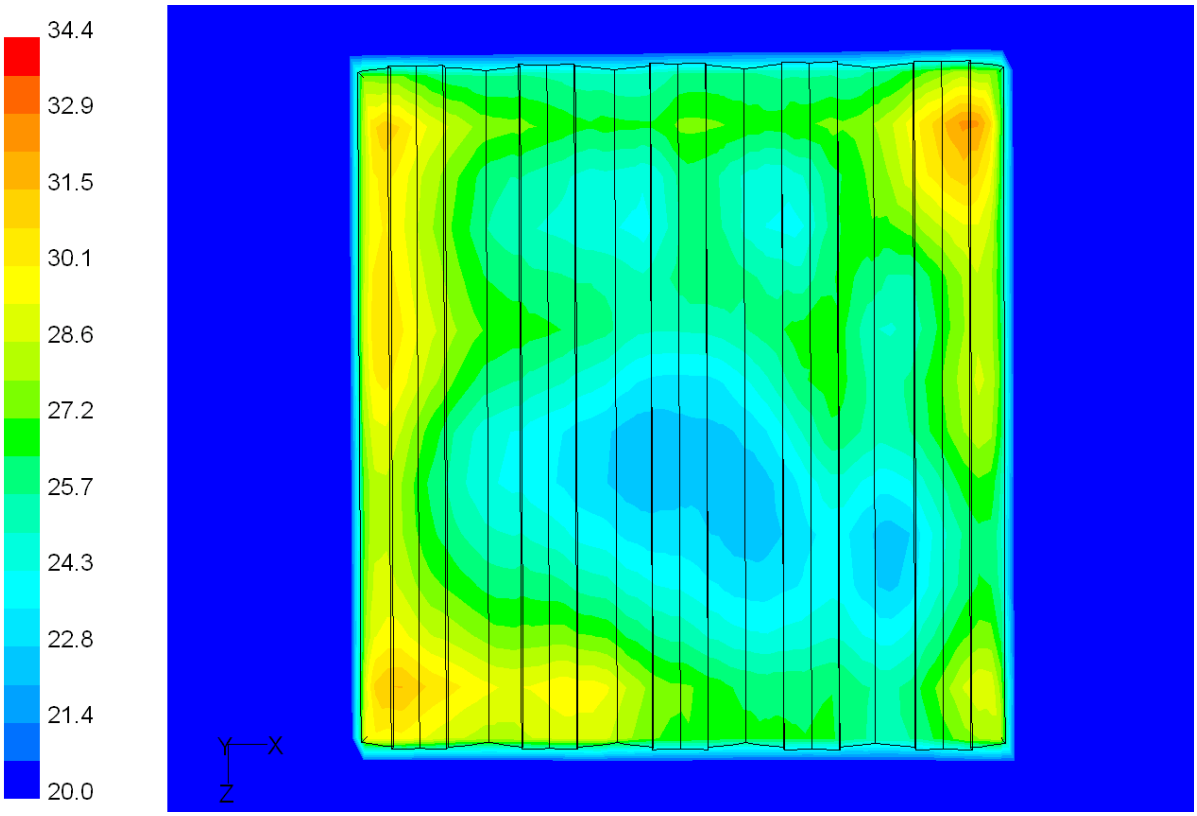
Figuur 16 Temperatuur op een hoogte van 1 meter



Figuur 17 Temperatuur op een hoogte van 2 meter



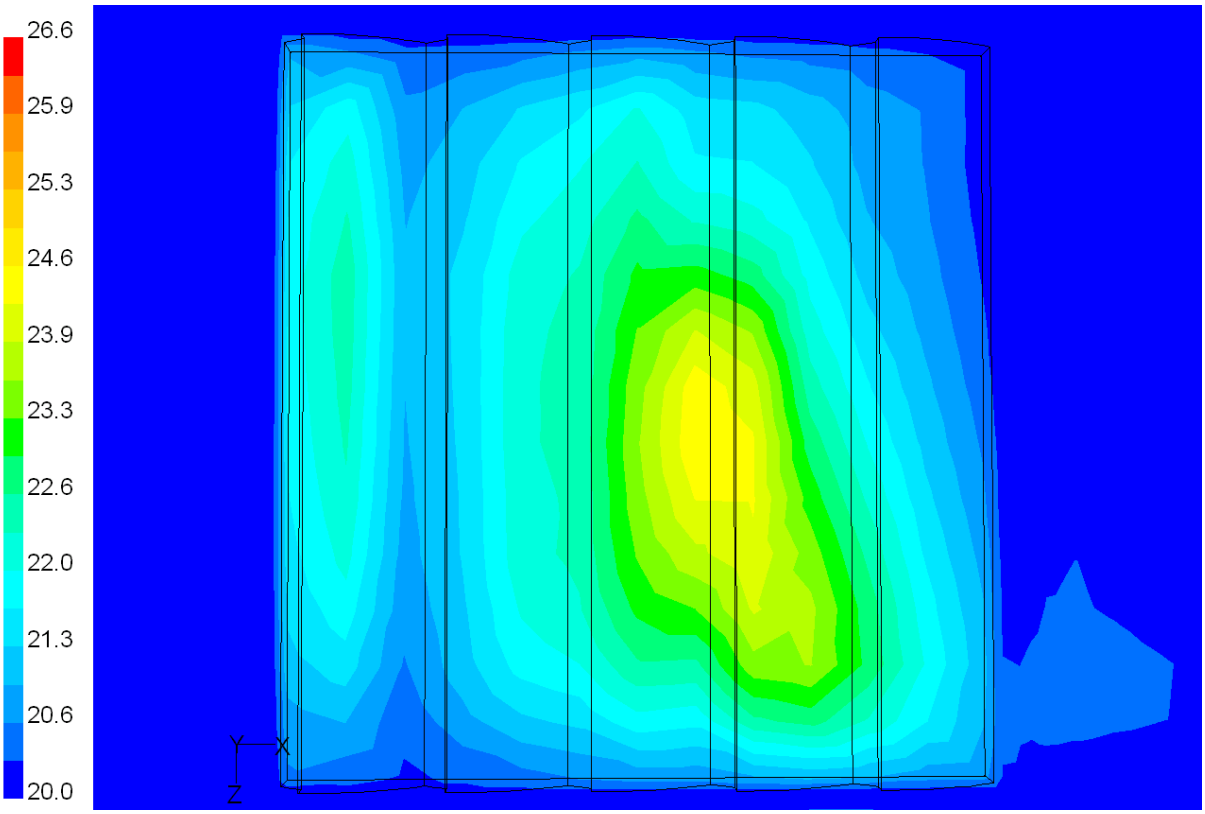
Figuur 18 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij geen wind



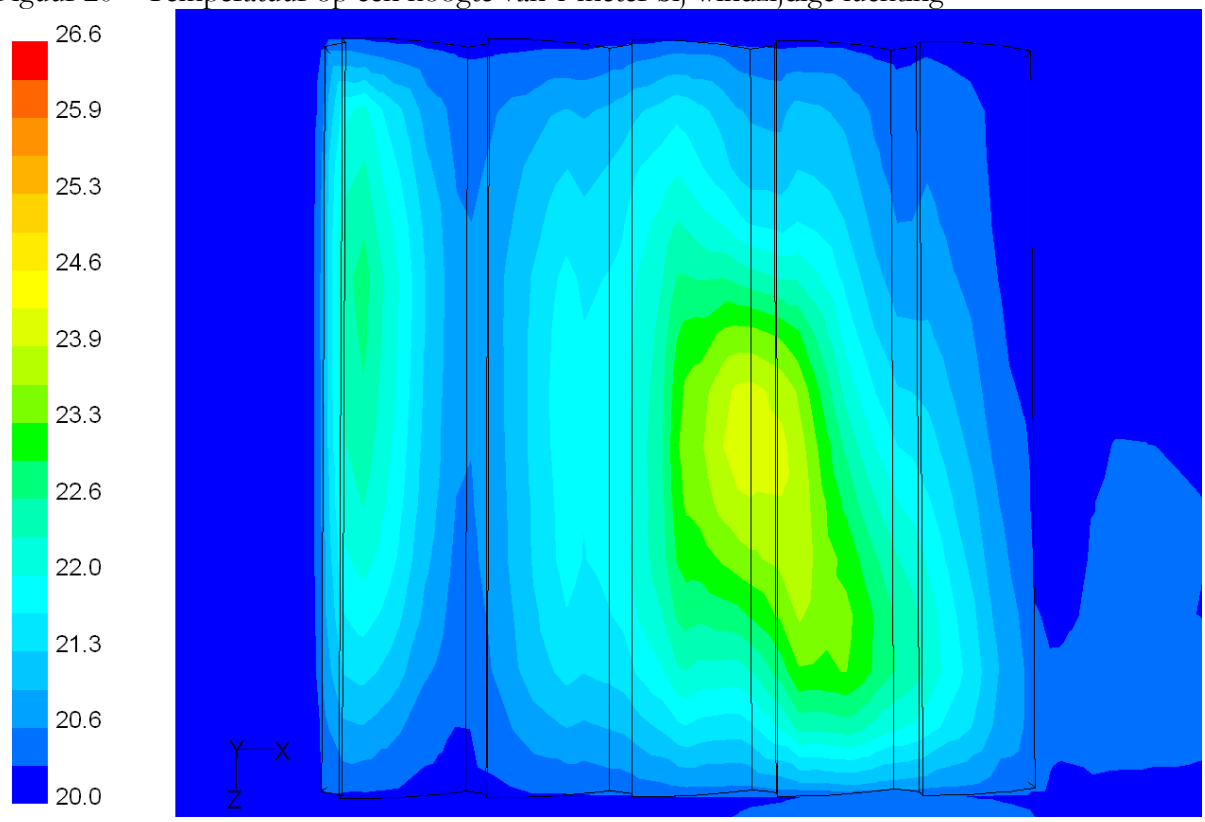
Figuur 19 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij geen wind

3.4 Raamopening 3.4 meter

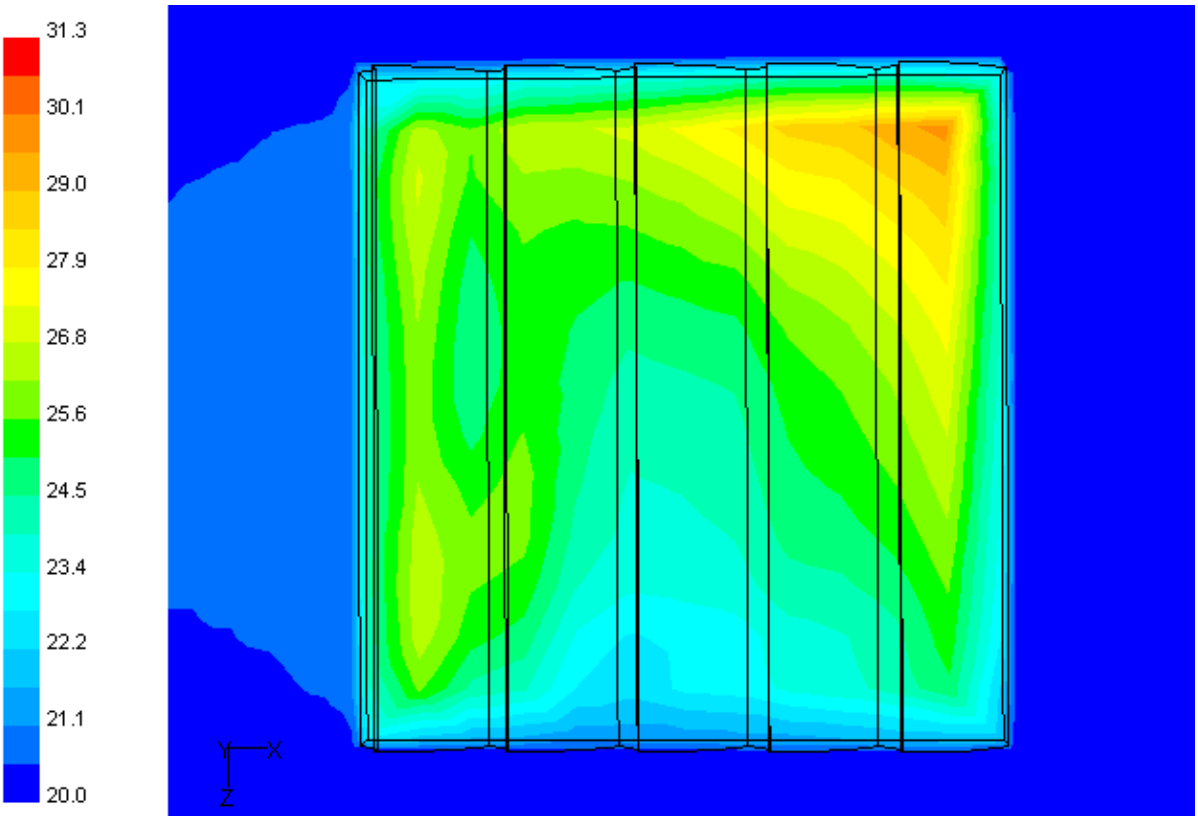
Situatie	Ventilatievoud
Windzijdig ventilatie	136
Luwzijdige ventilatie	39
Geen wind	30



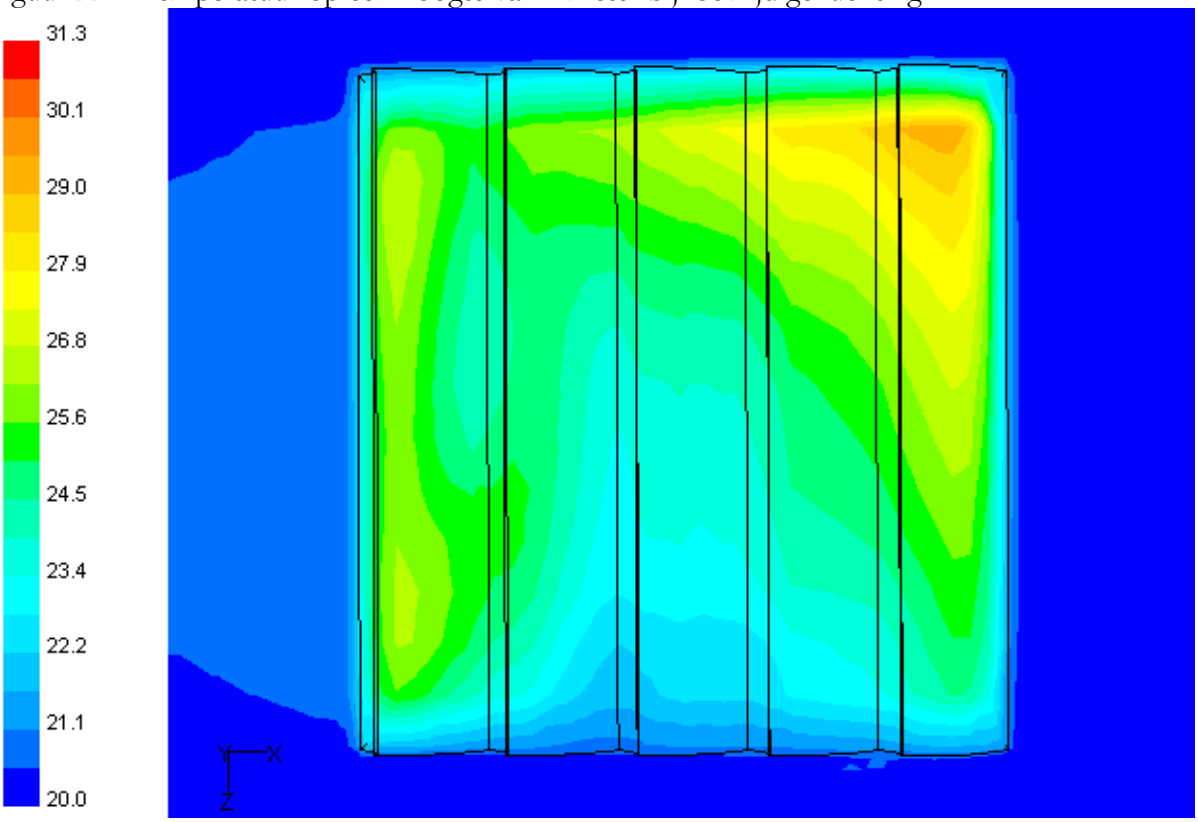
Figuur 20 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij windzijdige luchting



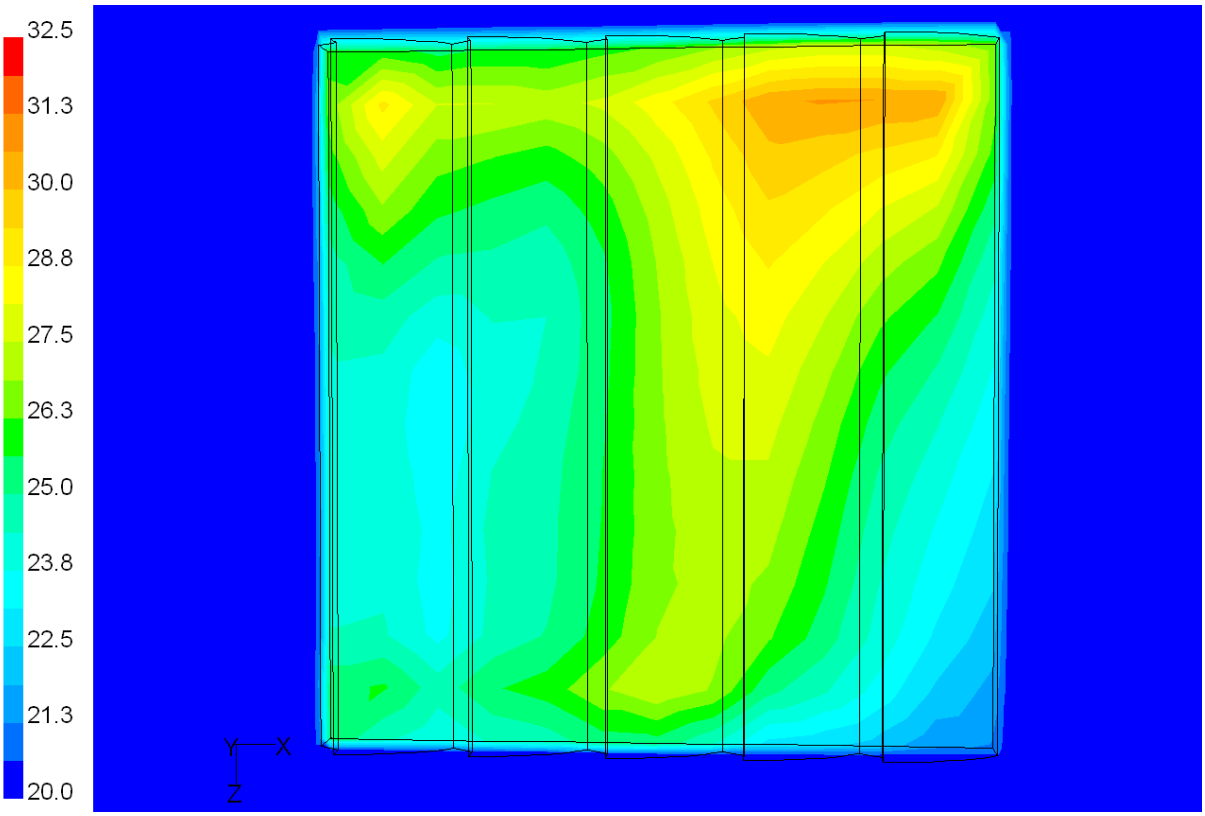
Figuur 21 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij windzijdige luchting



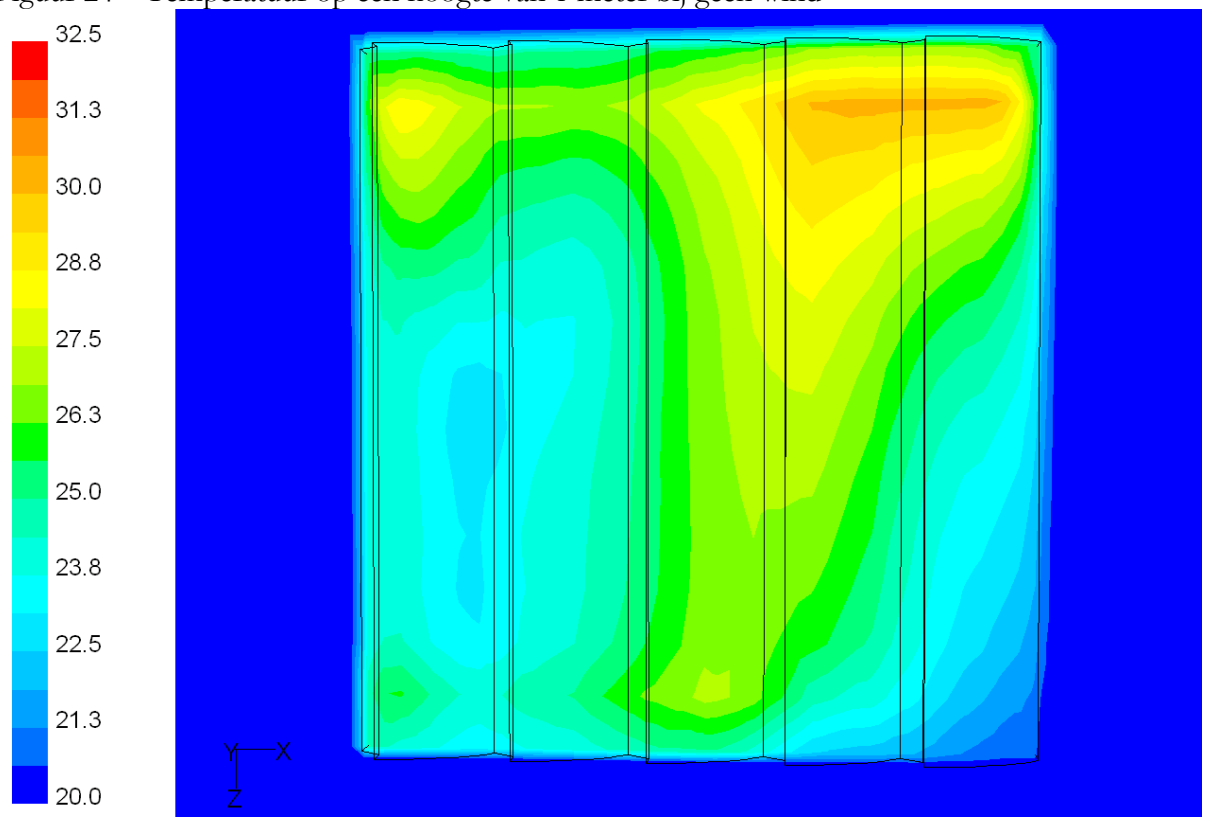
Figuur 22 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij loefzijdige luchting



Figuur 23 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij loefzijdige luchting



Figuur 24 Temperatuur op een hoogte van 1 meter bij geen wind



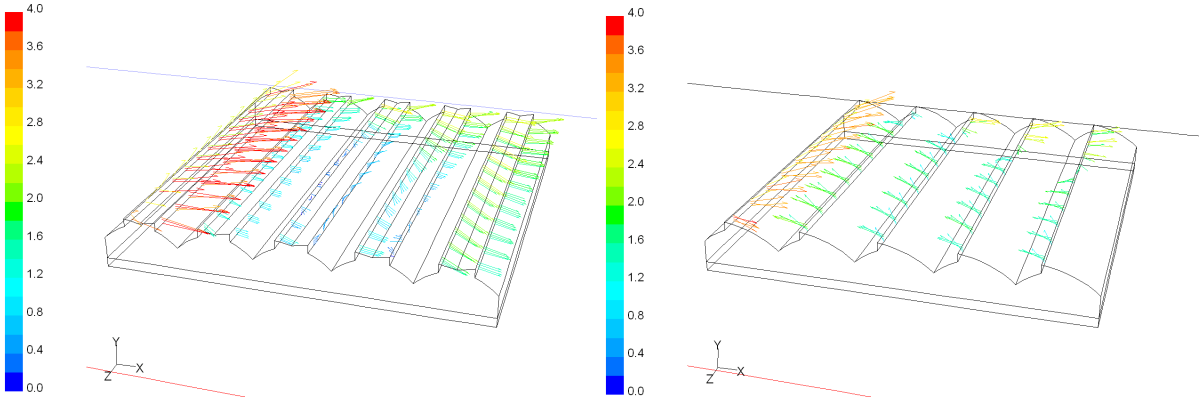
Figuur 25 Temperatuur op een hoogte van 2 meter bij geen wind

3.5 Vergelijking van de verschillen raamopeningen

Tabel 1 Ventilatievoud (uur^{-1}) voor de verschillende varianten

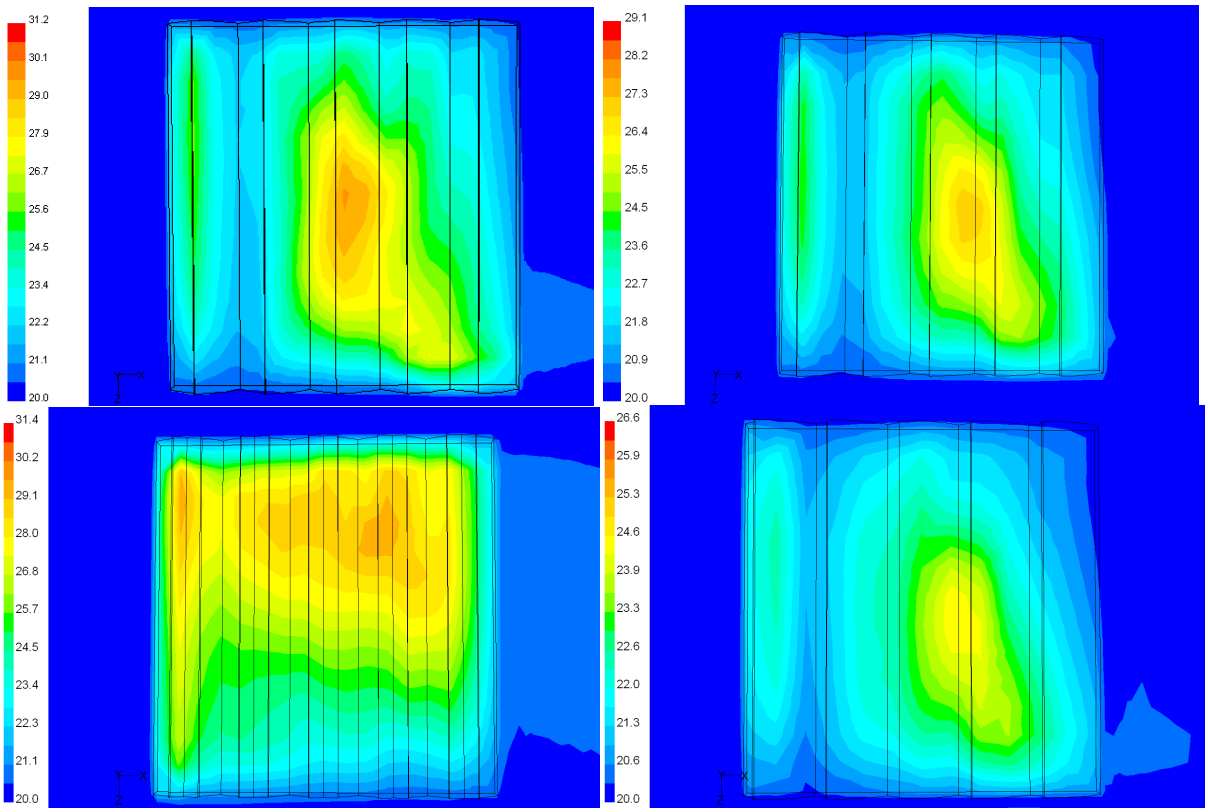
	1.2 m	2.1 m, enkel	2.1 m, dubbel	3.4 m
Wind, 5 ms^{-1}	43	74	40	136
Luw, 5 ms^{-1}	15	30	40	39
Geen	12	16	28	30

Hoe groter de raamopening hoe meer ventilatie. Echter indien er tweezijdig wordt gelucht is de ventilatie minder groot als bij windzijdige luchting. Bij enkelzijdige luchting wordt de lucht de kas ingeschept terwijl bij dubbelzijdige luchting een deel van de lucht direct doorstroomt.



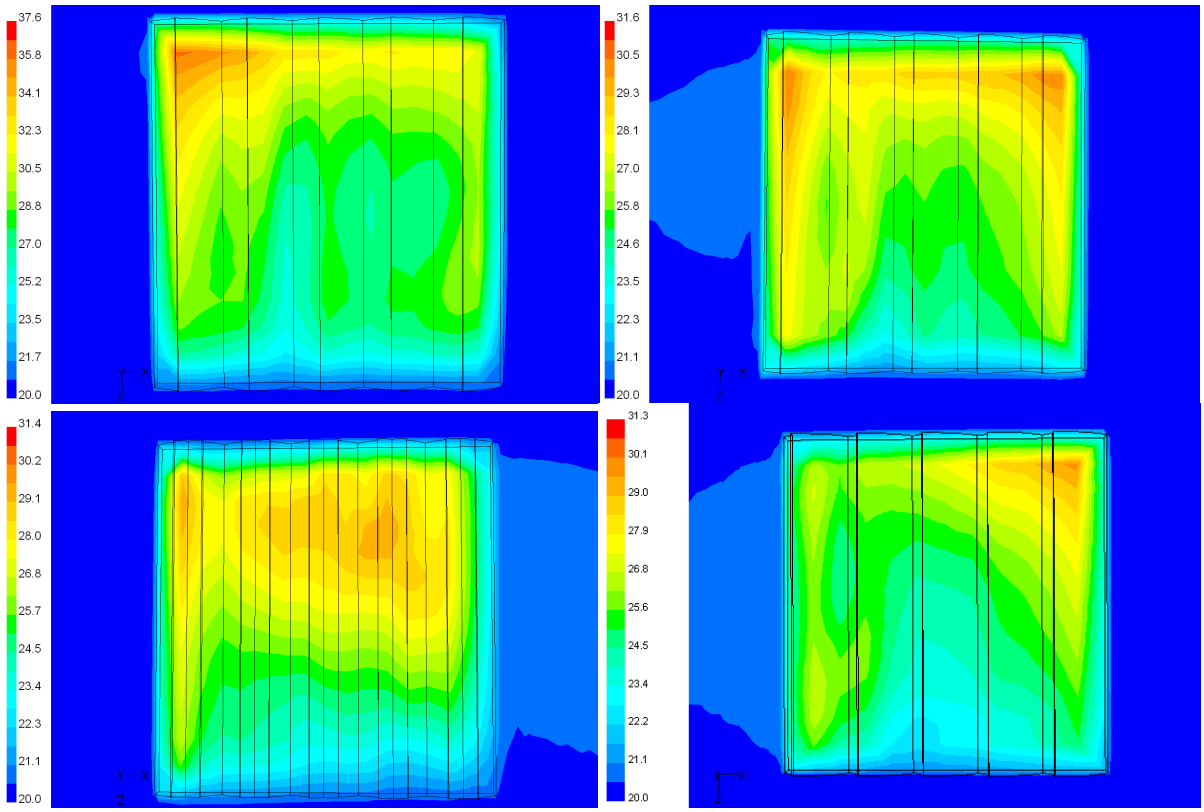
Figuur 26 Snelheidvectoren in de ramen bij dubbelzijdige luchting en enkelzijdige luchting

Dit is ook te zien in bovenstaande figuren.

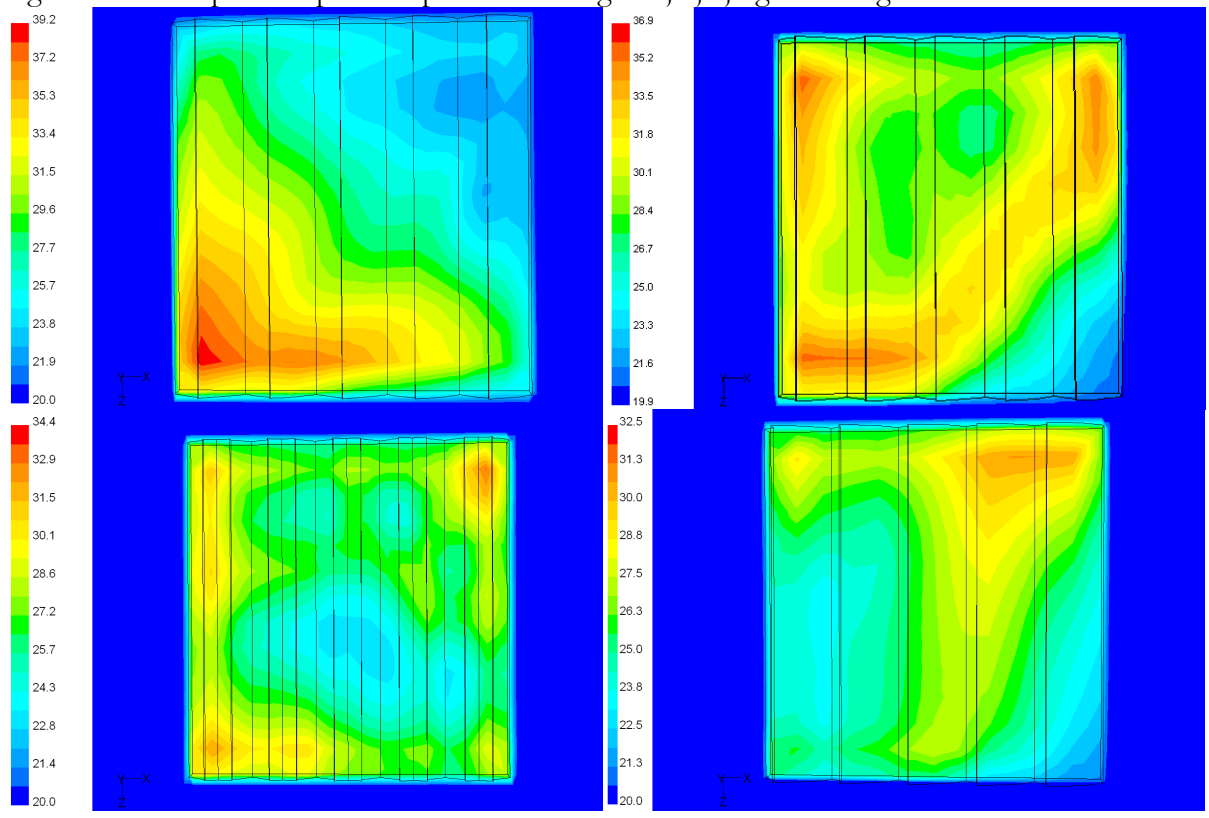


Figuur 27 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij windzijdige luchting

De temperatuurgradiënt wordt kleiner naarmate de opening groter wordt. Dit komt omdat het temperatuurverschil tussen de gemiddelde kaslucht en de buitenlucht kleiner wordt door de grotere ventilatie.



Figuur 28 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij lijzijdige luchting



Figuur 29 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij geen wind

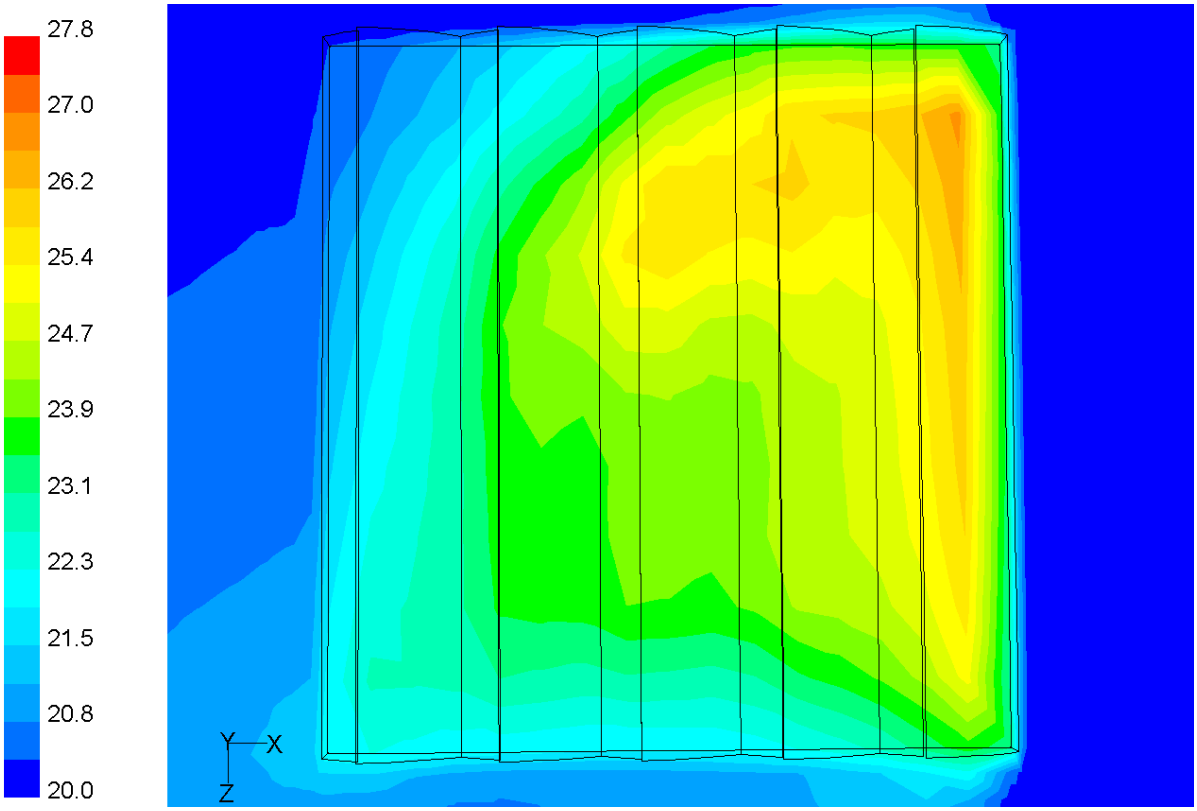
Dubbelzijdige luchting geeft een betere temperatuurverdeling dan een enkelzijdig luchting.

3.6 Toepassing van zijventilatie

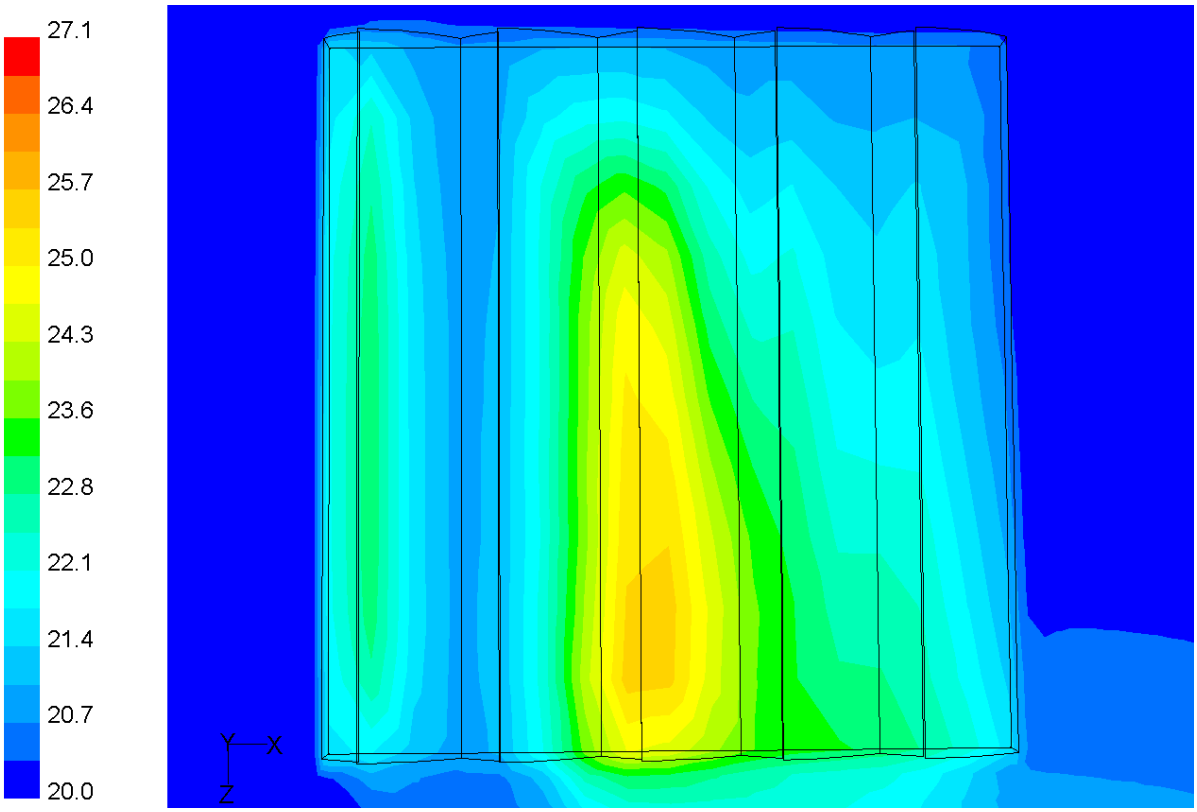
De berekeningen zijn uitgebreid met zijventilatie metingen. Hierbij is de zijkant van de kas boven de 1.2 m open verondersteld tot het dek.

Tabel 2 Ventilatievoud (uur^{-1}) voor de verschillende varianten

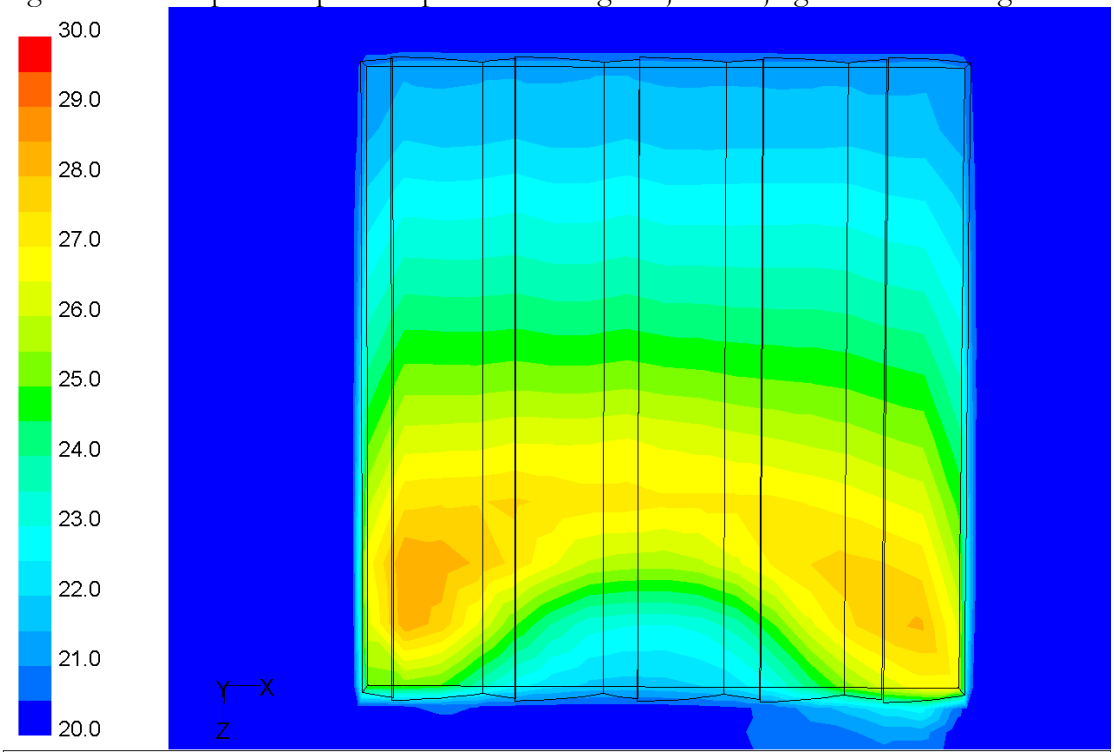
	2.1 m, enkel	2.1 m, dubbel
Wind, 5 ms^{-1}	106	69
Luw, 5 ms^{-1}	64	69
Geen	41	52



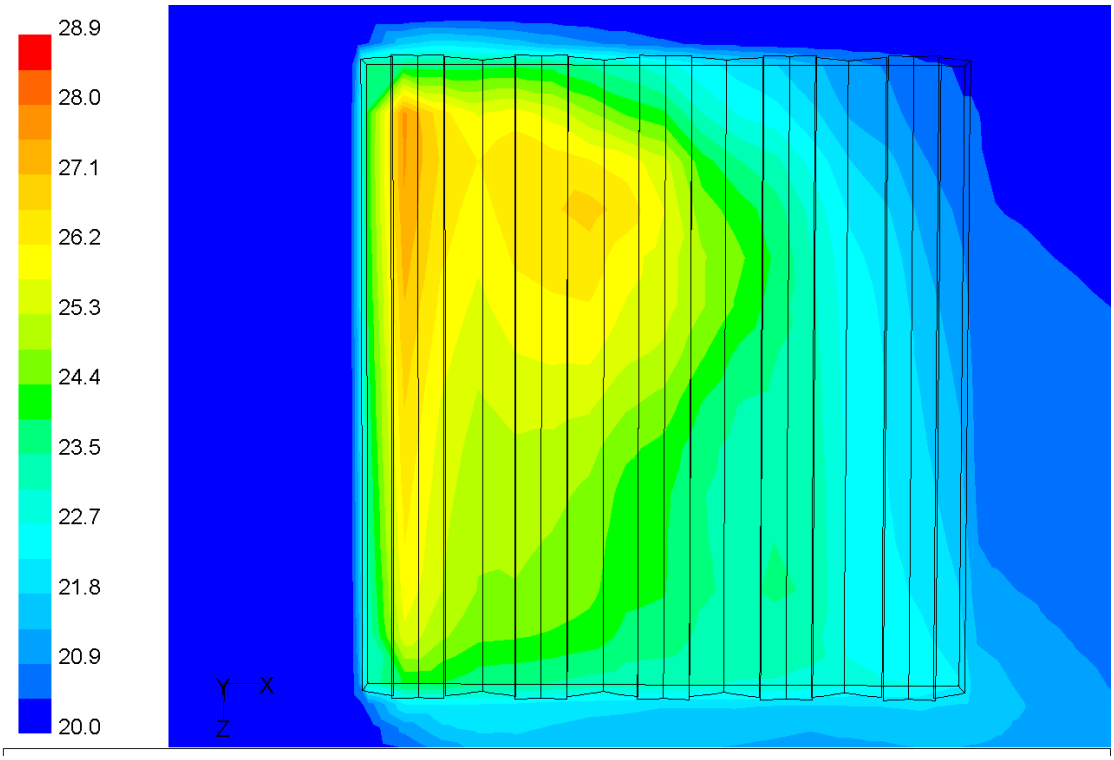
Figuur 30 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij lijzijdige wind en raamgrootte 2.1 m



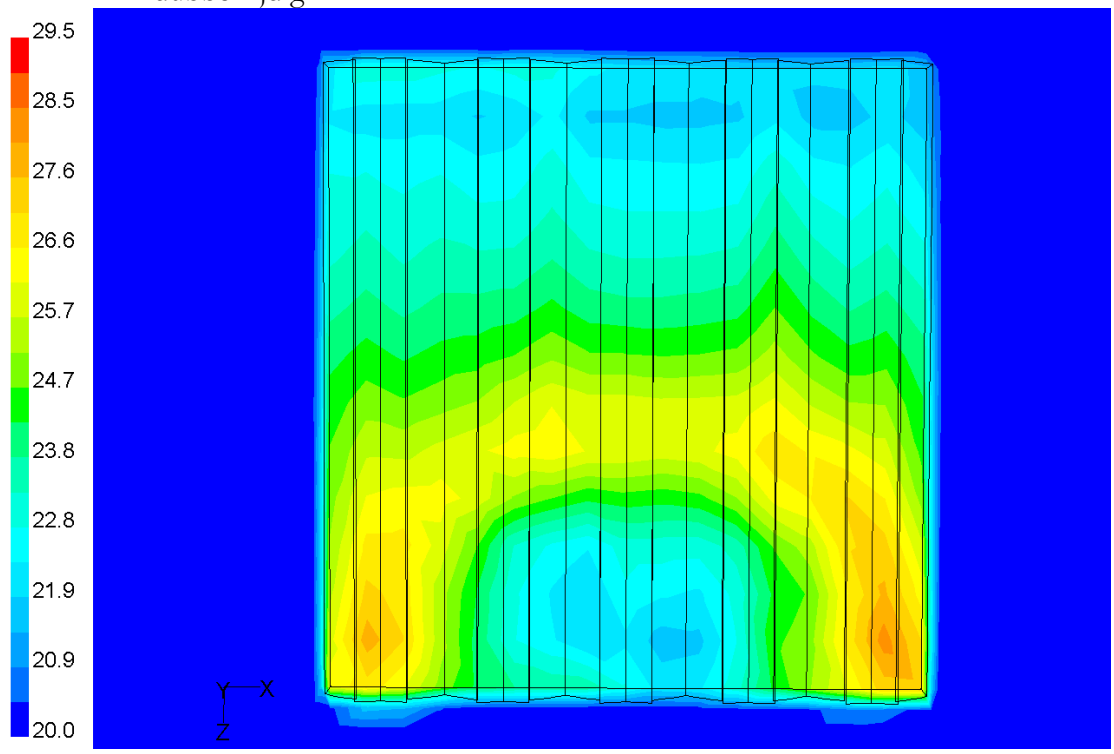
Figuur 31 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij windzijdige wind en raamgrootte 2.1 m



Figuur 32 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij geen wind en raamgrootte 2.1 m

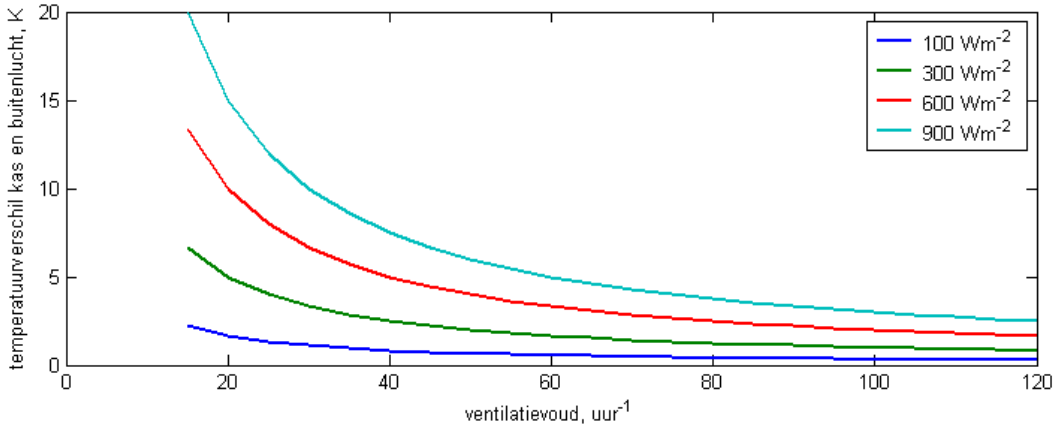


Figuur 33 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij luwzijdige wind en raamgrootte 2.1 m, dubbelzijdig



Figuur 34 Temperatuurprofiel op 1 meter hoogte bij geen wind en raamgrootte 2.1 m, dubbelzijdig

4 Conclusies



Figuur 35 Temperatuurverschil tussen kaslucht en buitenlucht als functie van de ventilatievoud voor verschillende stralingsniveaus, waarbij 50% van de globale straling in warmte wordt omgezet en de rest in verdamping

In bovenstaande figuur is te zien wat het effect is van ventilatievoud op het temperatuurverschil tussen de kas en buiten voor verschillende stralingsniveaus. Indien er niet gekrijt wordt of geschermd is het van belang veel ventilatie te hebben. Op een maximaal toelaatbare temperatuurverschil kan de grootte van de ventilatie worden bepaald.

Wat op valt uit de resultaten zijn de hoge gradiënten in de kas. Hierbij moeten een paar opmerkingen gemaakt worden:

1. Fysische gezien moet er een temperatuurverschil zijn tussen de buitenlucht en de gemiddelde temperatuur in de kas. Indien de ventilatievoud bijvoorbeeld 30 uur^{-1} is en de zonneinstraling 300 Wm^{-2} betekent dat bij een kas hoogte van 4.5 m dat het temperatuurverschil 6.7 K wordt. Dit is het gemiddelde temperatuurverschil, de extreme zijn groter.
2. Er is weinig bekend over de temperatuurverschillen in een kas overdag. In een artikel van Fernandez en Bailey (1994) is een meting in een kleine Venlo-kas (13 bij 33 meter) gedaan en daar werden ook temperatuurverschillen van meer dan 8K gemeten bij hoge instraling (500 W/m^2 buiten).
3. De CFD berekening is een moment opname. In werkelijkheid is de wind (snelheid en richting) en ook het thermisch gedrag in de kas zeer labiel. Deze verstoringen zorgen ervoor dat de warme plekken zoals die nu in de berekeningen te zien zijn zich verplaatsen. De gemiddelde temperatuur verschillen in de kas gekeken over een langere periode verschillen daardoor aanzienlijk minder.
4. De verdamping van het gewas is in de praktijk niet overal gelijk. Indien een plant warmer wordt neemt de verdamping toe daardoor neemt de planttemperatuur af en daarmee de luchttemperatuur in de buurt van de plant. Dit effect is niet in de berekening meegenomen.

Een dubbelzijdige luchting geeft niet meer ventilatie als een enkelzijdige die op de wind staat. De dubbelzijdige luchting geeft een beter temperatuurverdeling bij windstil weer.

 ©Agrotechnology & Food Innovations B.V. Lid van Wageningen UR

5 Literatuur

Fernandez J E; Bailey B J (1994). The influence of fans on environmental conditions in greenhouses. Journal of agricultural Engineering Research 58 201-210.
Fluent 5 User's guide (1998). Fluent Incorporated, Lebanon, United Kingdom