

Energie-efficiënter drogen en bewaren

Gefinancierd door KAVB, PT, PA, LTO, Min.EZ, RVO.nl, bollentelers en akkerbouwers.

Jeroen Wildschut, Athanasios Sapounas en David van der Schans en Henk Gude

8 maart 2016



WAGENINGENUR
For quality of life

Bewaring agrarische producten

Bewaren = overbruggen periode

- Van oogst tot planten (pootgoed, uitgangsmateriaal)
- Als voorraad voor afzetketen (t.b.v. prijs, of als dienst voor afnemer)

Bewaren = kwaliteit behouden en uitval voorkomen



Ideale bewaarcondities

- Variëren per product, per bewaarfase, maar
- Het gaat altijd om:
 - Temperatuur
 - Relatieve Luchtvochtigheid (of vochtdeficit)
 - CO₂-gehalte
 - (O₂-gehalte)
 - (Ethyleengehalte)
- tussen het product

Ideale bewaarcondities

- Sturen met klimaatcomputer
- Regelingen: koelen/verwarmen, be-/ontvochtigen, scrubben van ongewenste gassen (koolzuurgas en ethyleen), circuleren en ventileren
- Vooral het circuleren en ventileren kosten veel elektrische energie
- Forse bezuinigingen zijn mogelijk:
- Regel circulatie en ventilatie niet volgens vaste normen, maar op basis van de gewenste omstandigheden tussen het product (meet en regel)

'State-of-the-Art' van energiezuinige bewaring van bolgewassen

Meest energiezuinige bewaring op basis van huidige kennis en stand van de techniek:

- Afgeronde uitblaasopening systeemwand
- Regelingen door Klimaatcomputer
- Ethyleen-gestuurde ventilatie (alleen tulp)
- Gelijkstroom- of frequentiegeregelde ventilatoren voor circulatie/ventilatie
- Thermisch zonnedak
- Verbeteren van de luchtverdeling in palletkistensysteem
- Debietgestuurde circulatie

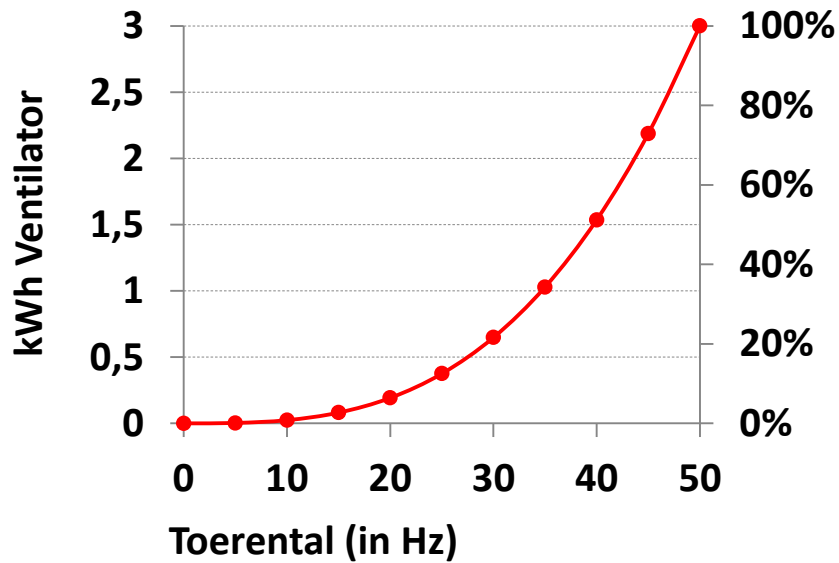


Bij bewaring tulpenbollen op 20 °C juli t/m oktober: MACview ethyleenanalyser van Hatech

- Ventilatie aansturen met ethyleenmeter
- Veilige ethyleengrens: 100 ppb
- Nooit meer ventileren dan nodig
- Dus: energiebesparing (aardgas) en kwaliteitsbehoud



Energiebesparen: $E \leftrightarrow \text{toerental}^3$



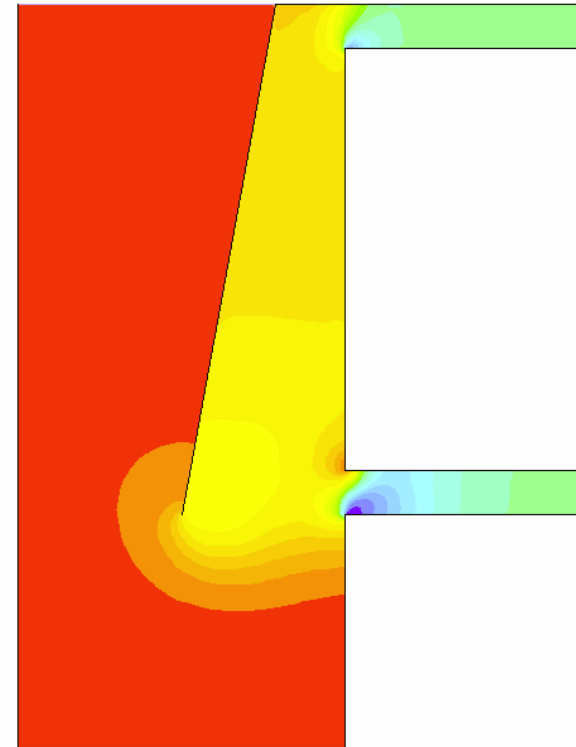
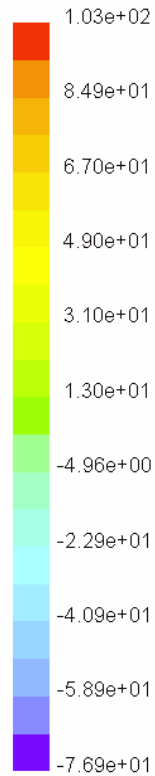
Terugtoeren frequentiegeregelde- of gelijkstroomventilator bij:

- een grotere bolmaat/minder volle kisten
- afgeronde uitblaasopeningen
- minder kisten voor de wand
- **een betere luchtverdeling over de kisten**

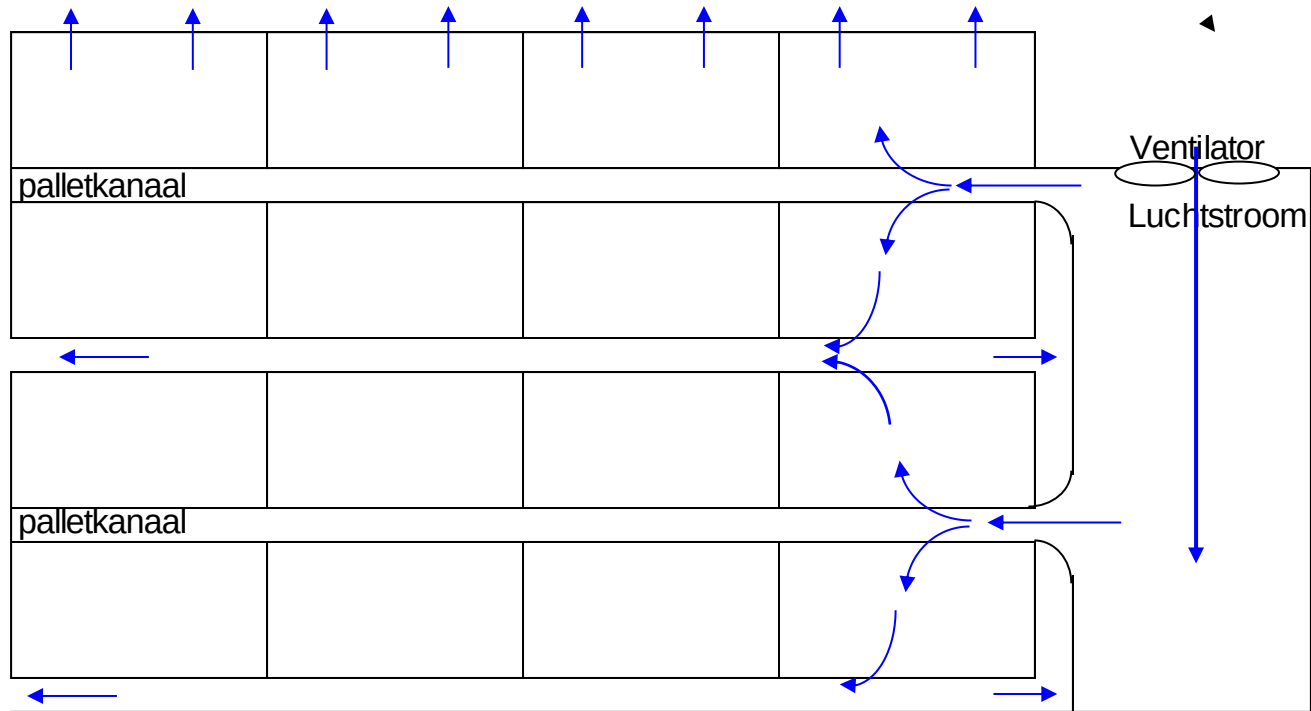




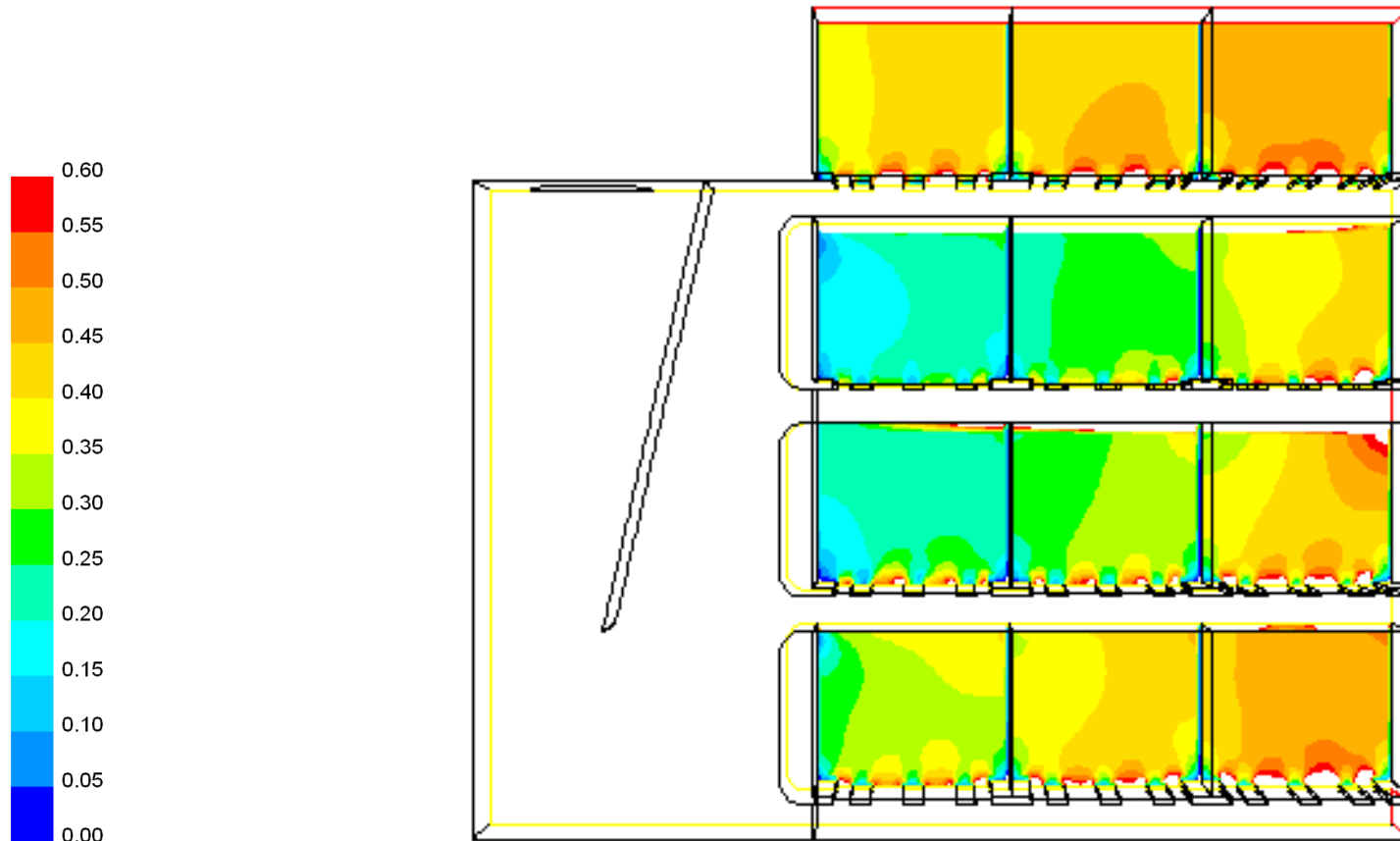
Energiebesparing door afgeronde uitblaasopening



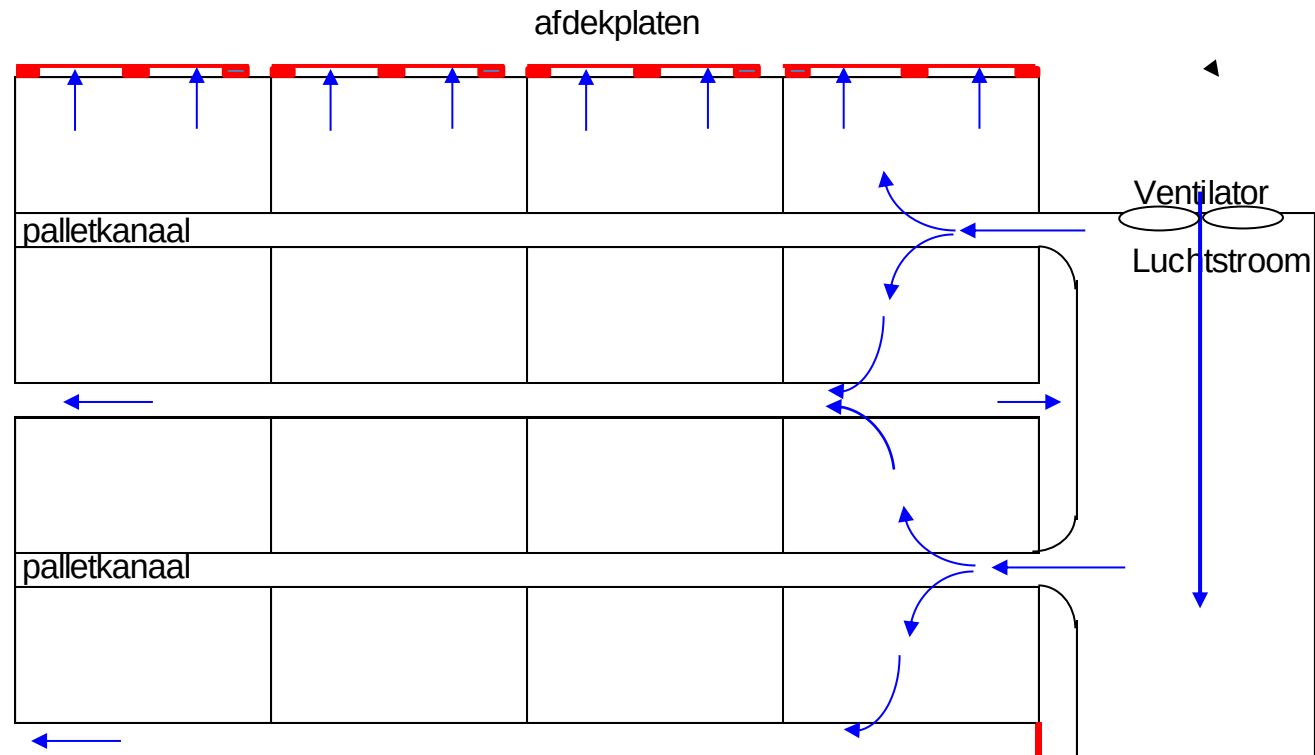
2-laagssysteem, 4 hoog



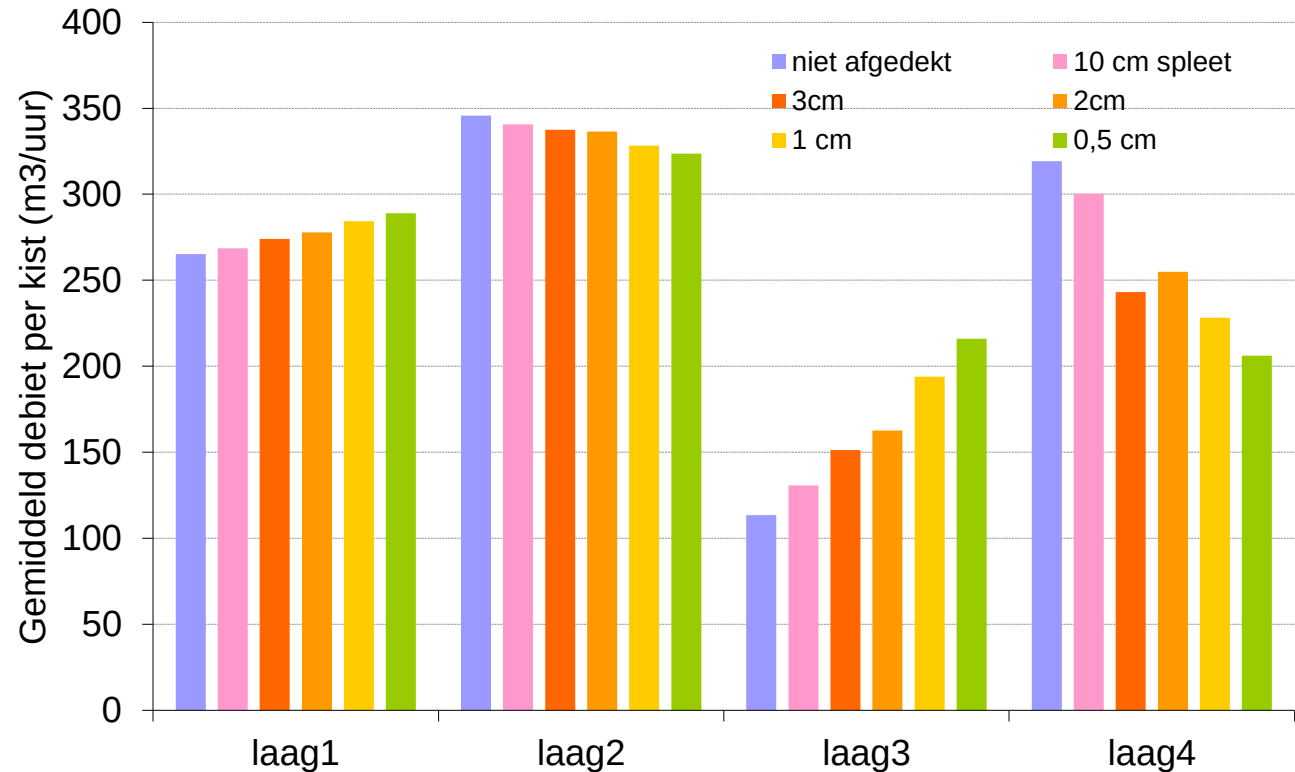
CFD- model luchtsnelheden in 2-laagssysteem



2-laags, 4 hoog, verbeterd

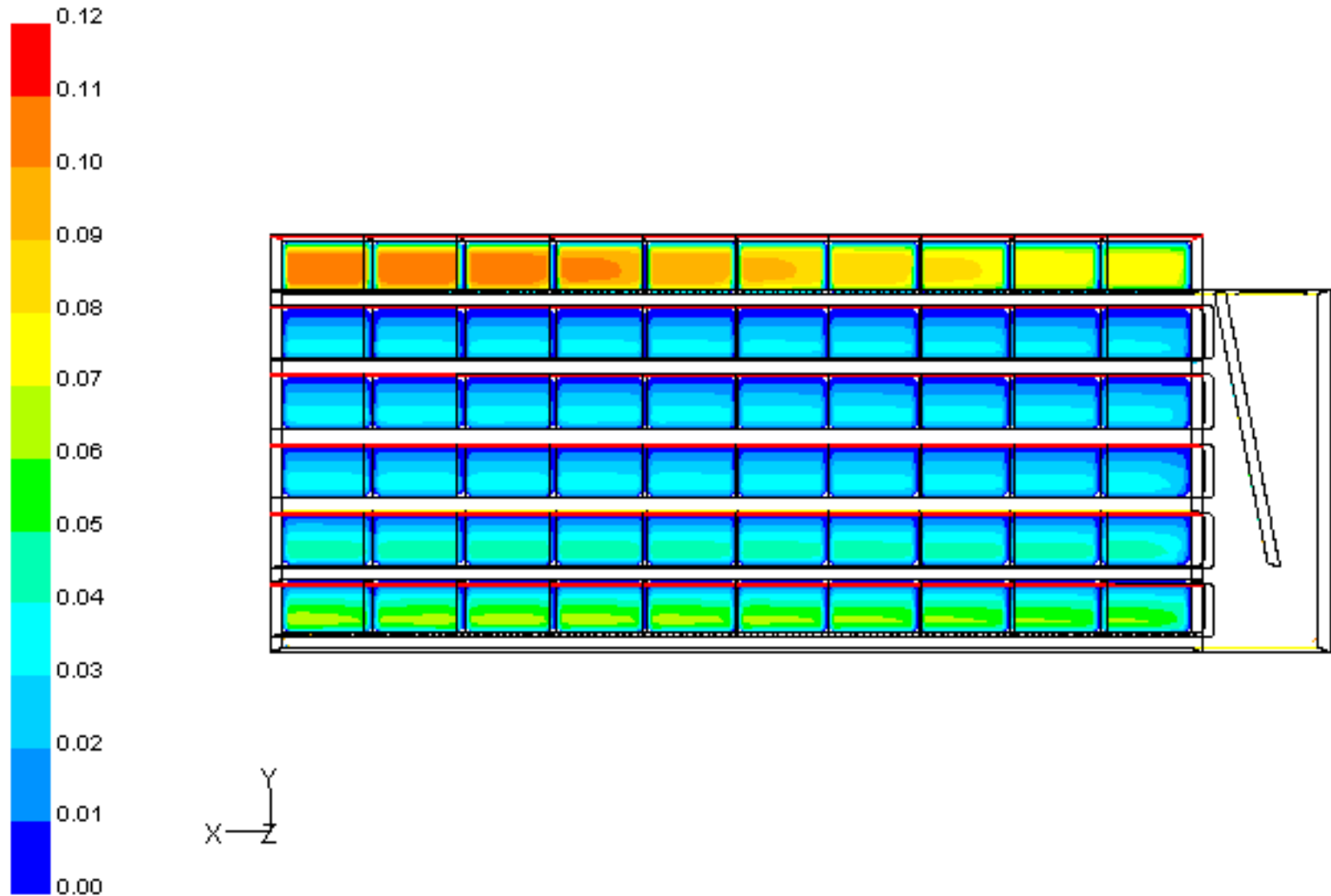


Resultaten

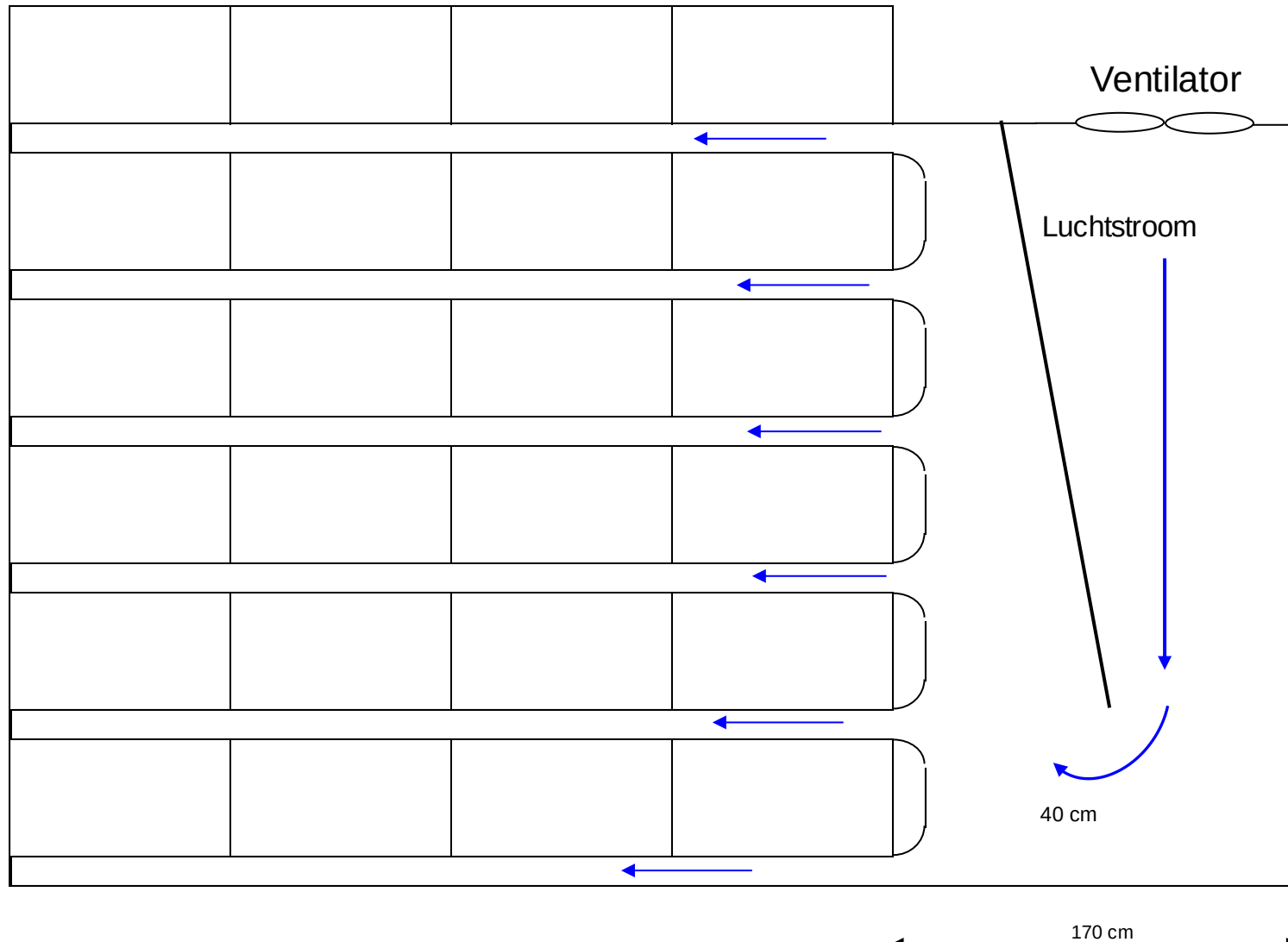


- Bij 7 kisten diep is spleet van 1 cm optimaal
- Totale spleetoppervlak < ½ doorsnede palletkanaal (bij 2 diep ± 3cm)
- Terugtoeren tot 50% mogelijk → 80% energiebesparing

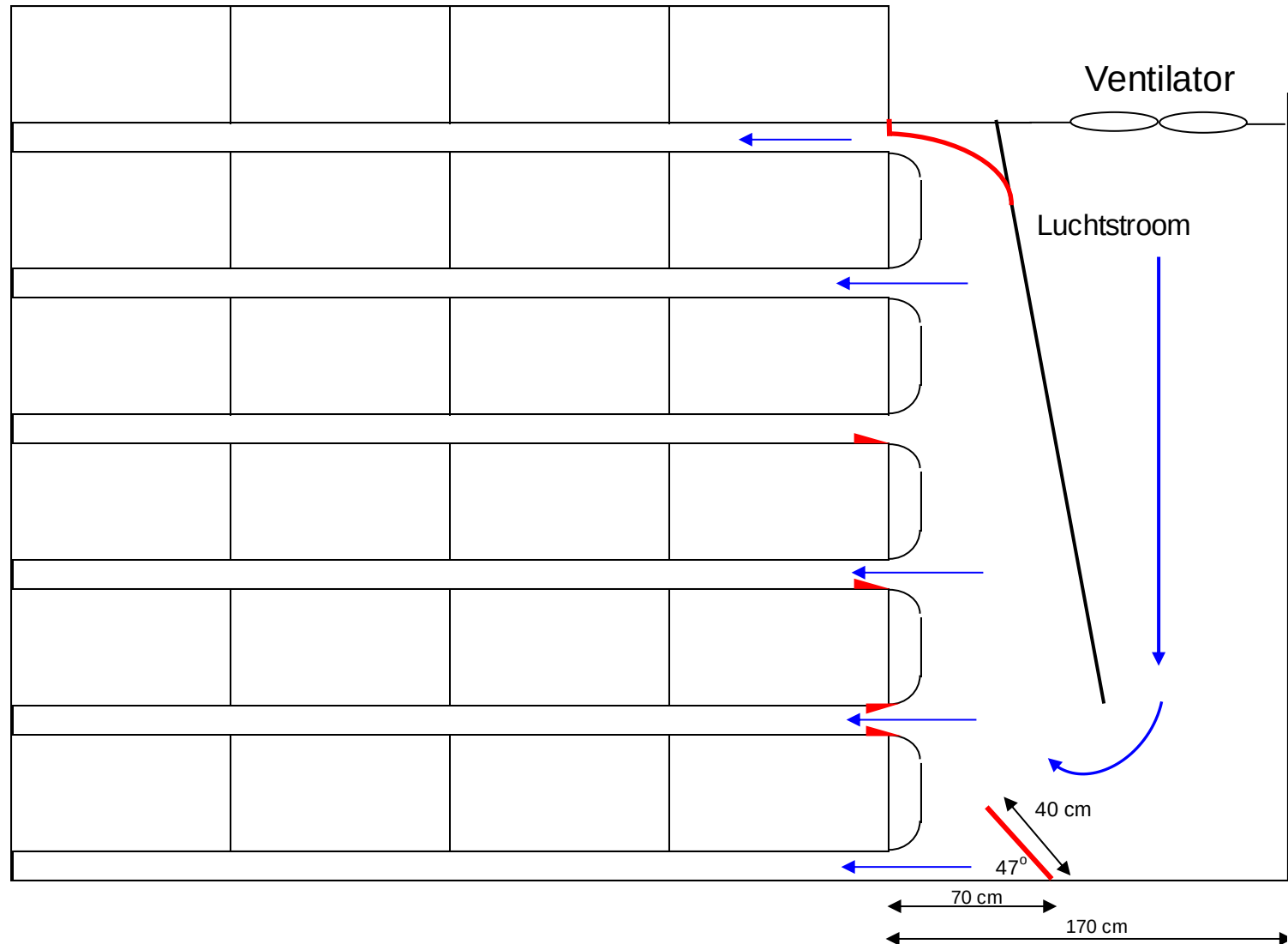
CFD- Model kistenbewaring



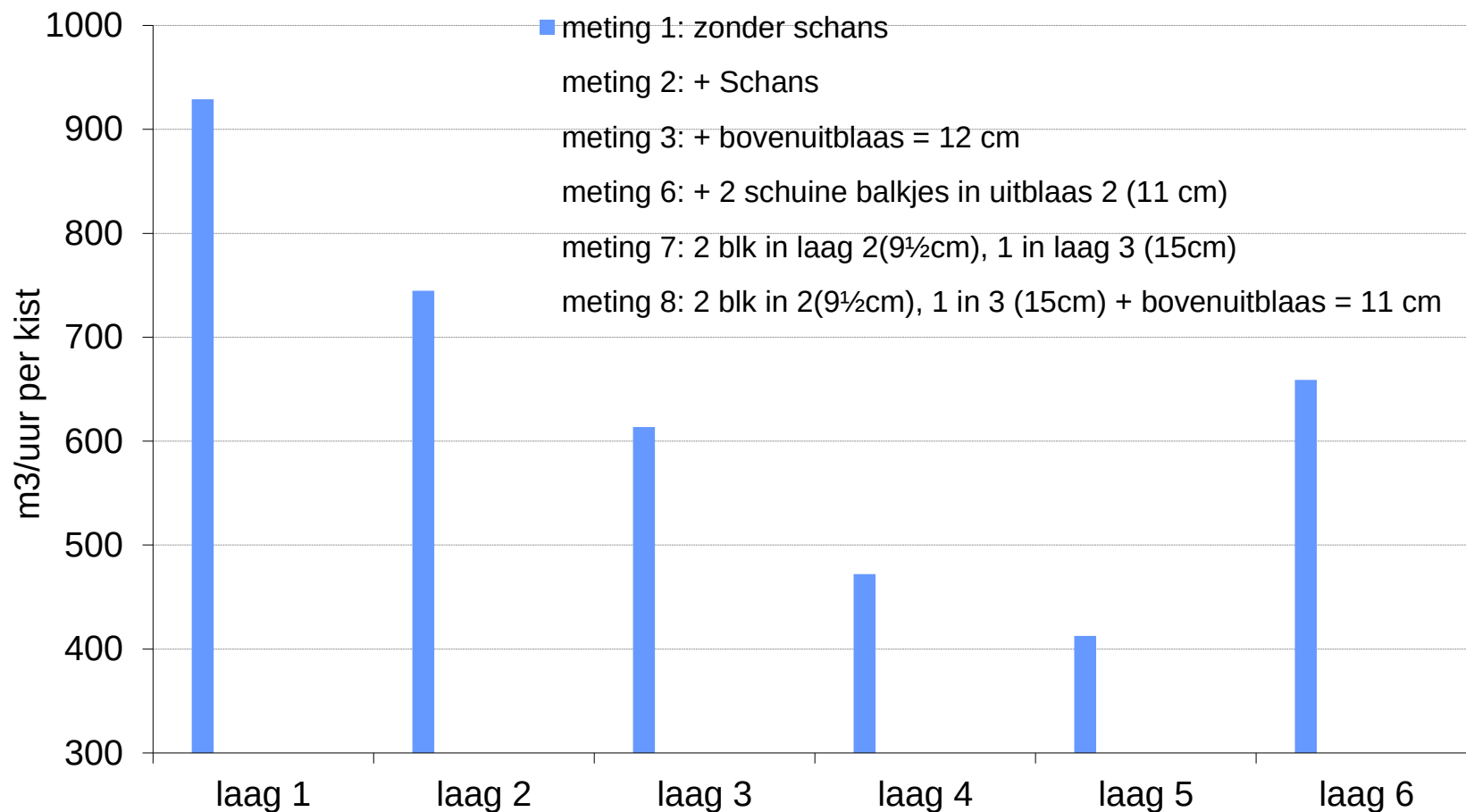
Éénlaagssysteem 6 hoog tot 10 diep



Stapsgewijs aanpassen

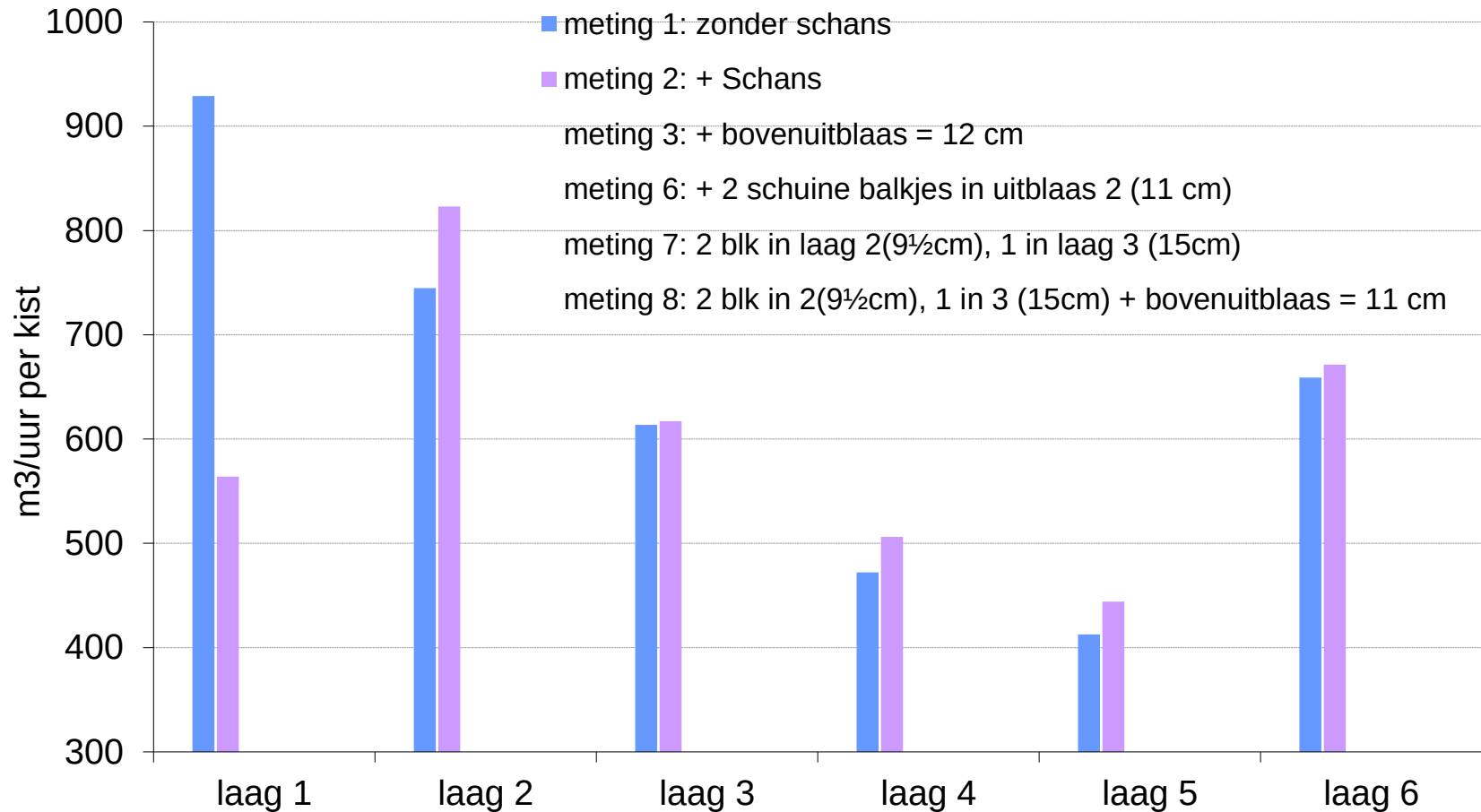


Resultaten



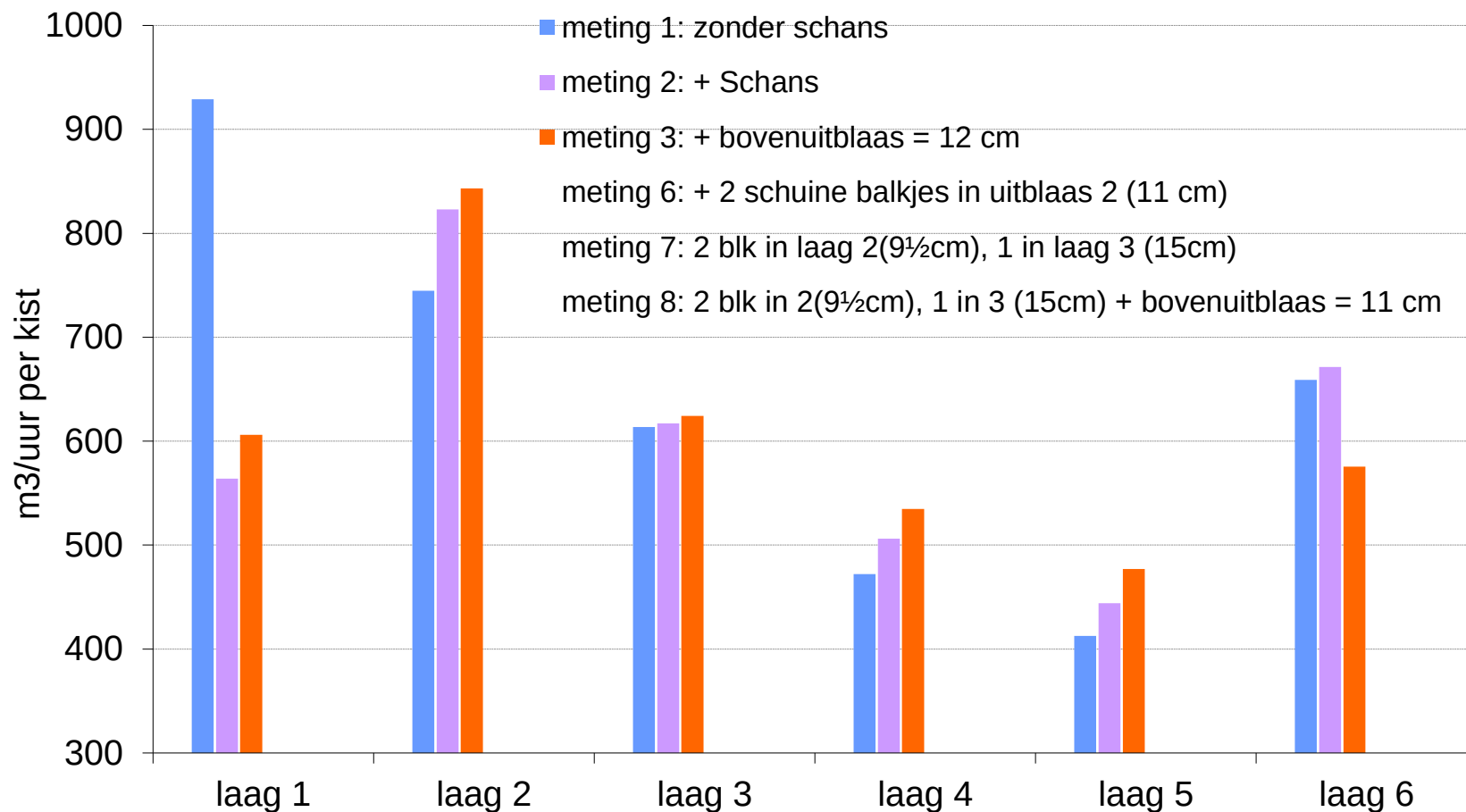
■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Resultaten



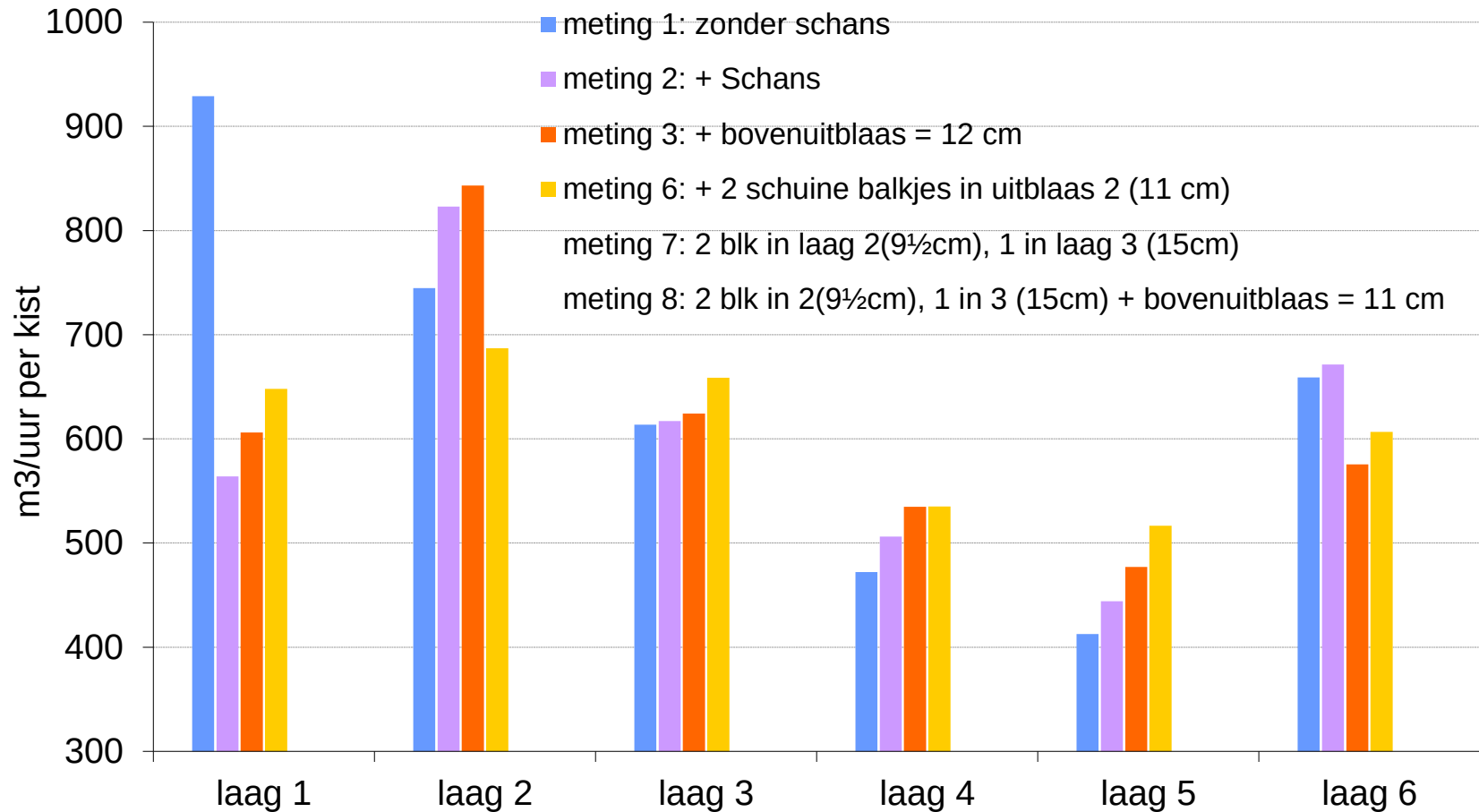
■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Resultaten



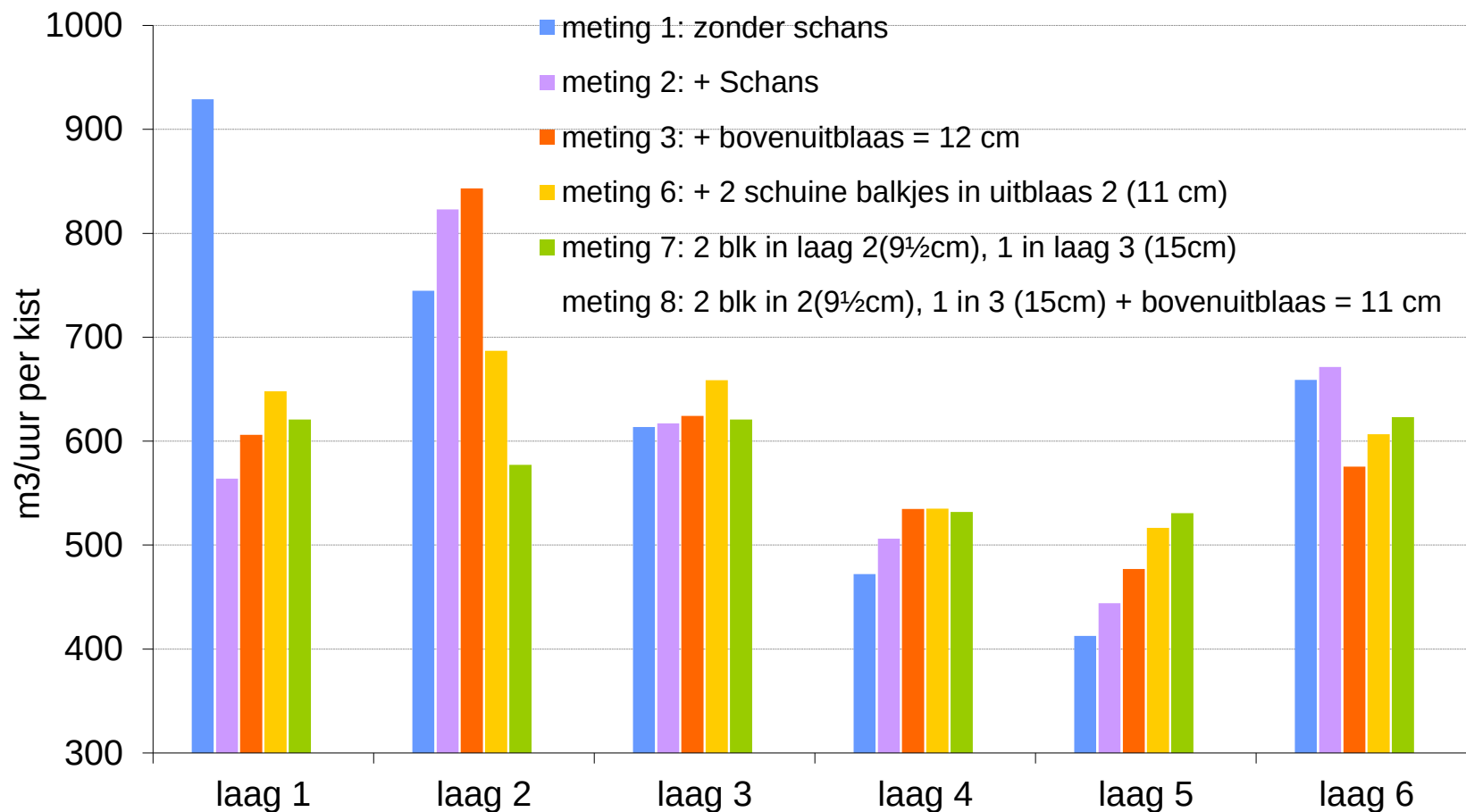
■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Resultaten



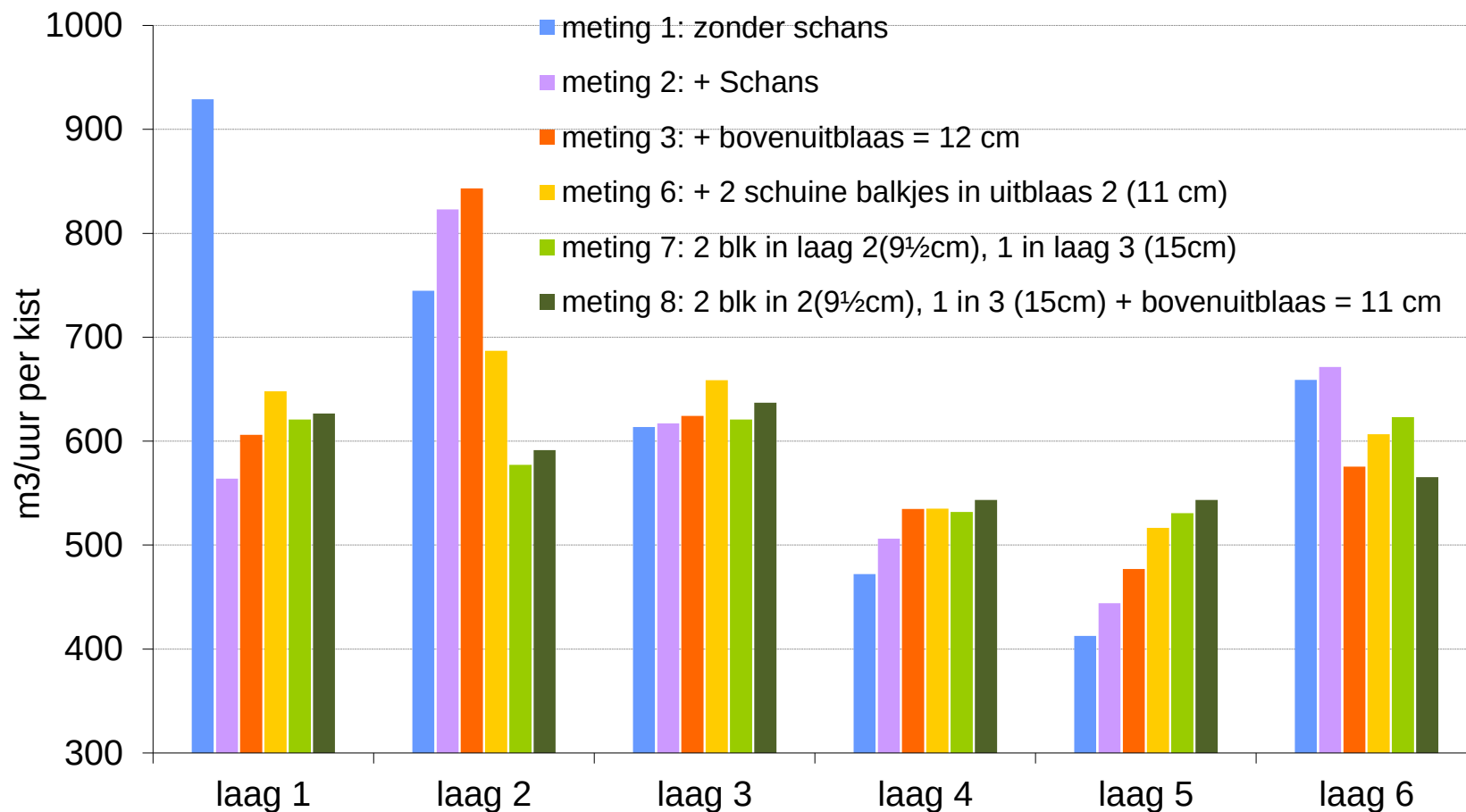
■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Resultaten



■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Resultaten



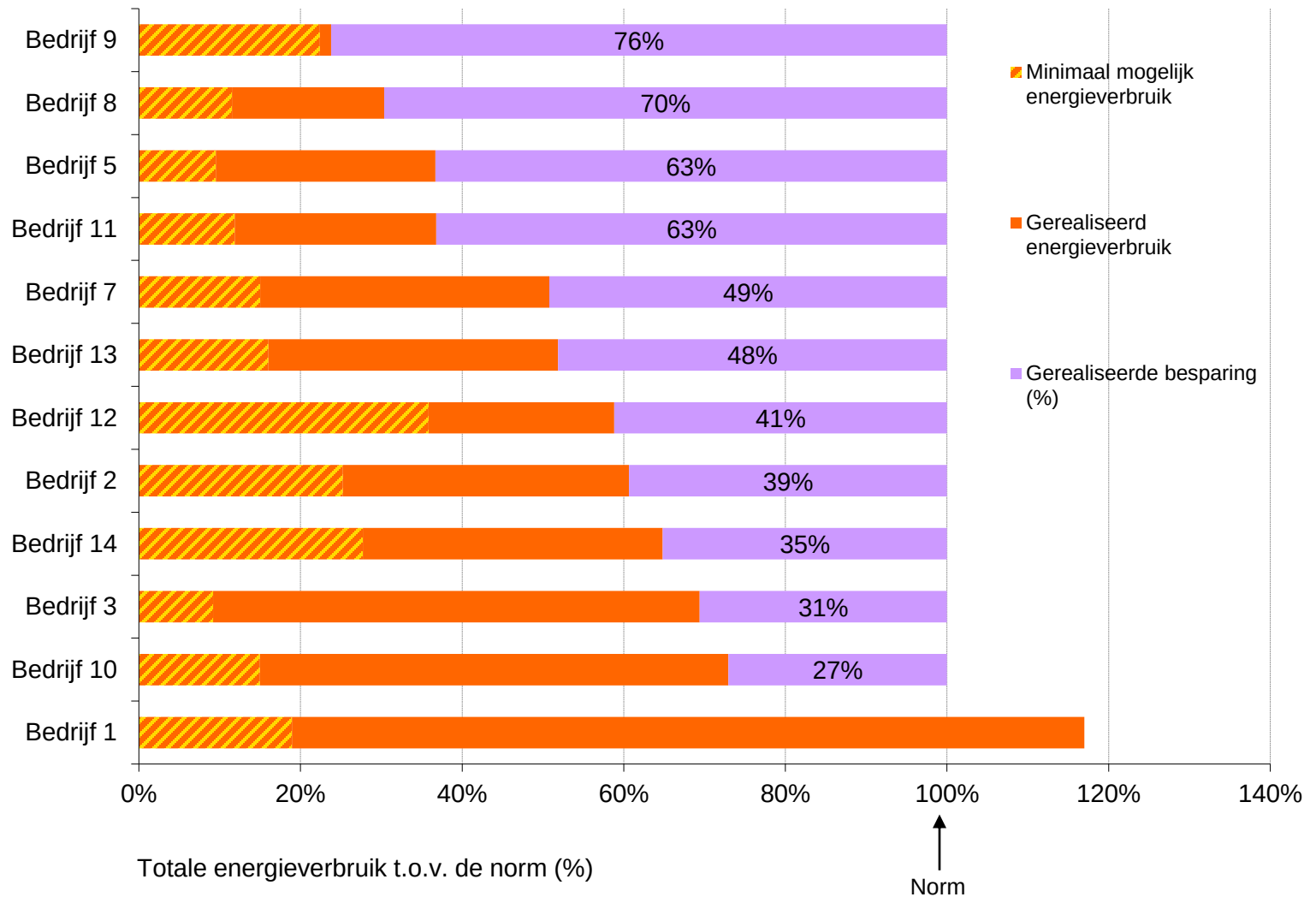
■ Terugtoeren met 25% → bespaart ruim 55%

Debietgestuurde circulatie

- Klimaatcomputer past het debiet automatisch aan
 - Op basis van debietmeting met pitotbuis
 - + Kistentelling
 - Door magazijnsysteem
 - Handmatig
 - Sensoren
 - + Gekozen instelling



Resultaat energiebesparing (gas + elektra)



Doel onderzoek naar luchtverdeling bij kistenbewaring Akkerbouw

■ Energiekosten verlagen

- Bij gelijkmatige luchtverdeling de ventilator terugtoeren → bespaart héél veel energie
- *En* er hoeft dan minder ventilatorwarmte teruggekoeld te worden

■ Kwaliteit verbeteren

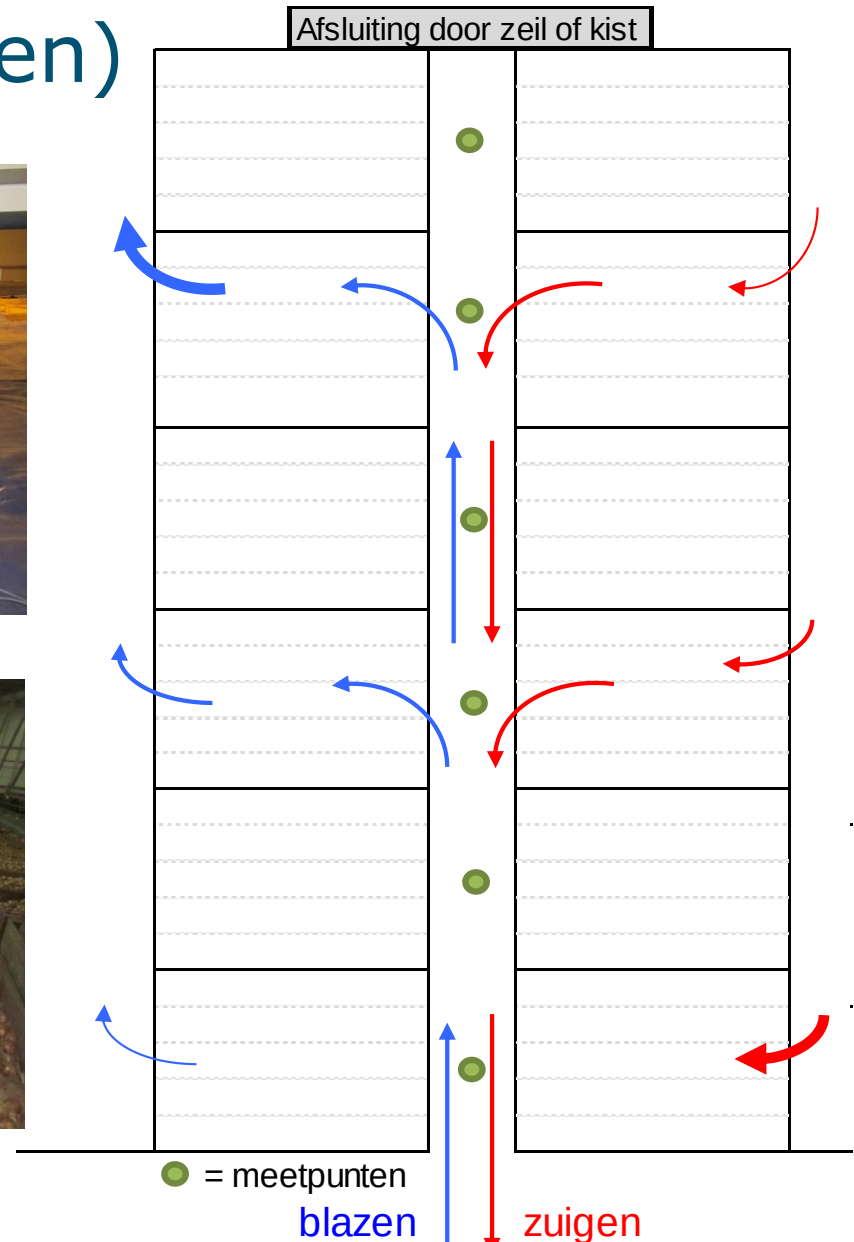
- Geen kisten met overmaat → minder uitdroging, *of*
- Geen kisten met tekort lucht → minder kans op bewaarziekten
- Sneller op temperatuur, sneller droog

Kistenbewaring (consumptieaardappels, pootgoed, uien/sjalotten)

■ Zuigen

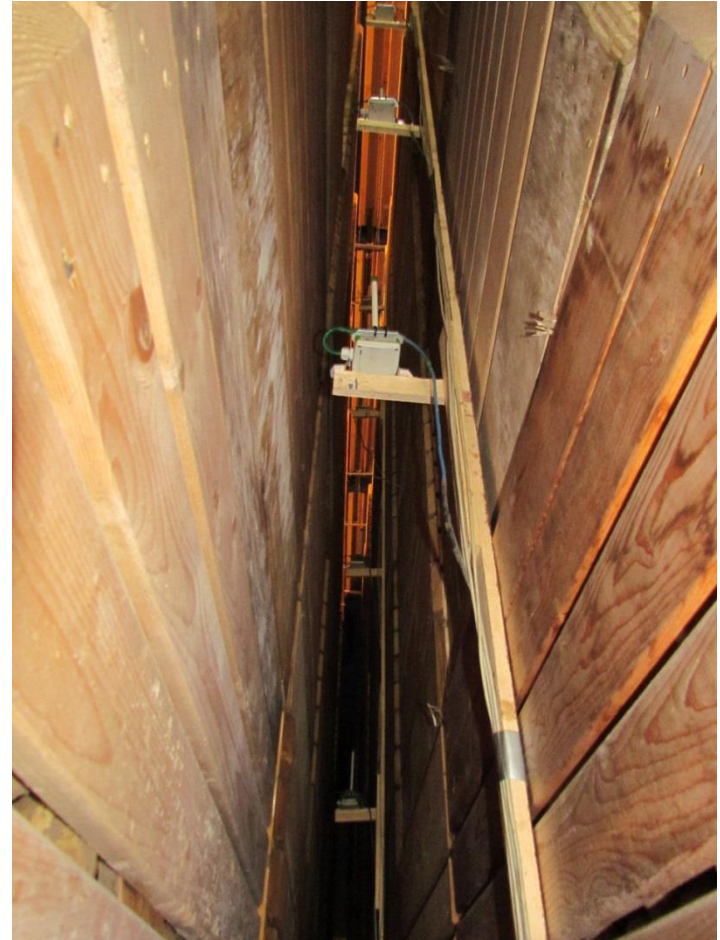


■ Blazen

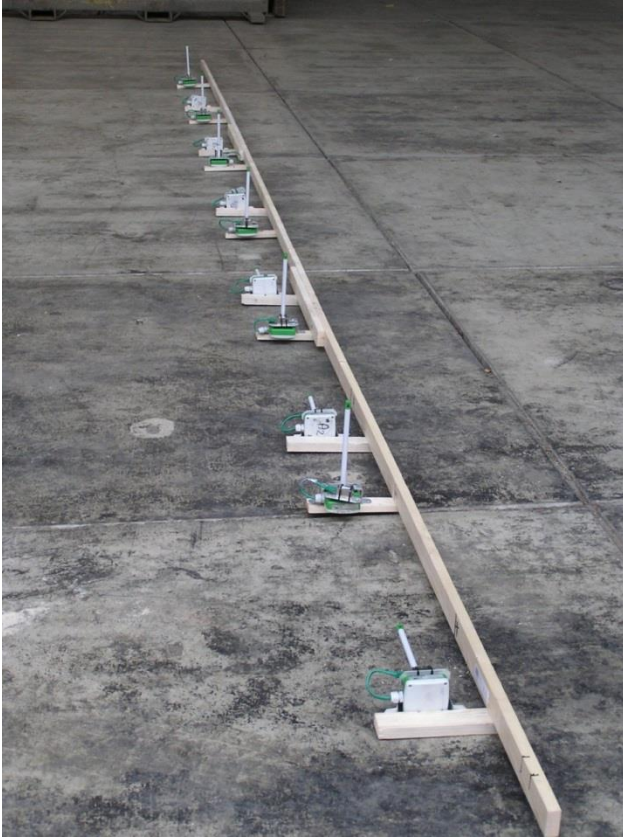


Werkwijze: in kaart brengen luchtstromen

- Meten in de ventilatorgang bij zuig- en blaassysteem

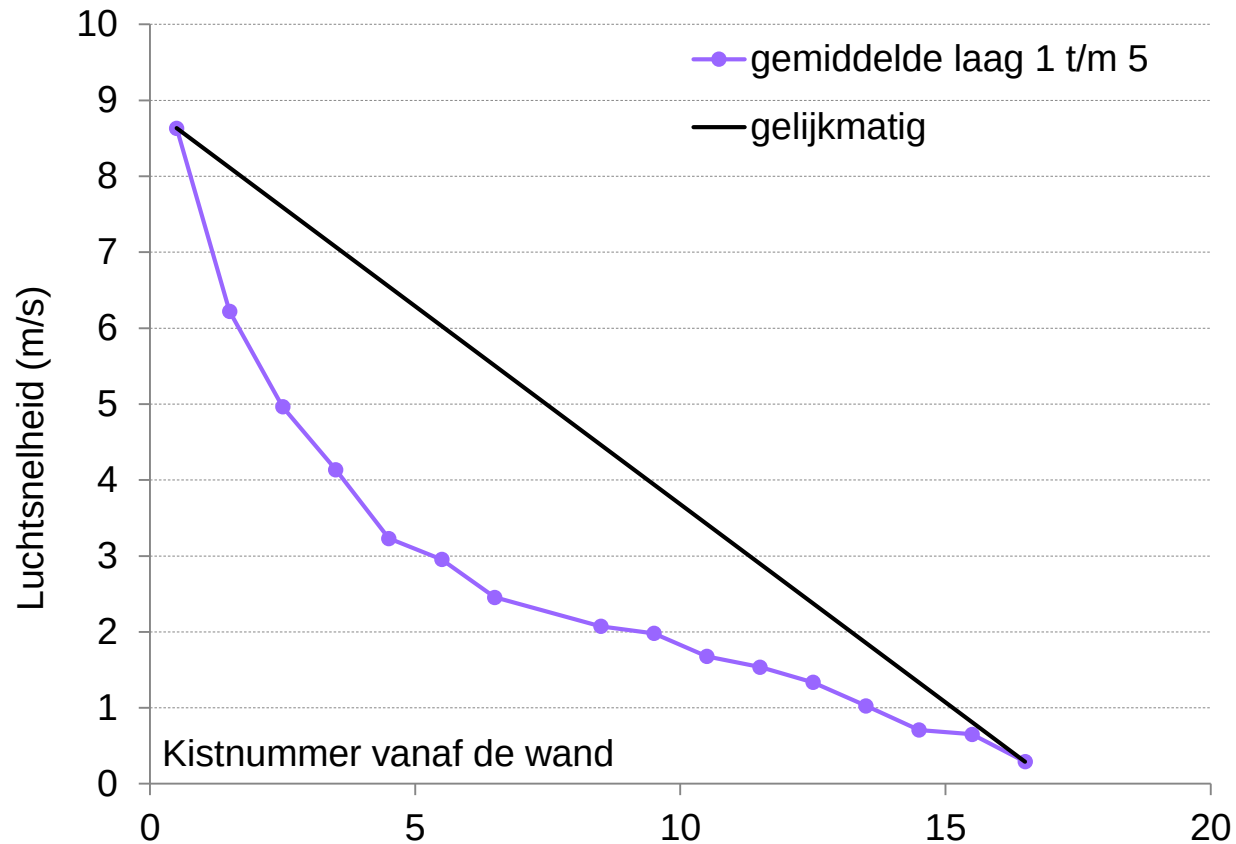


- Meten horizontale en verticale luchtstroom uittredende lucht blaassysteem



- Modelleren met CFD-modellen

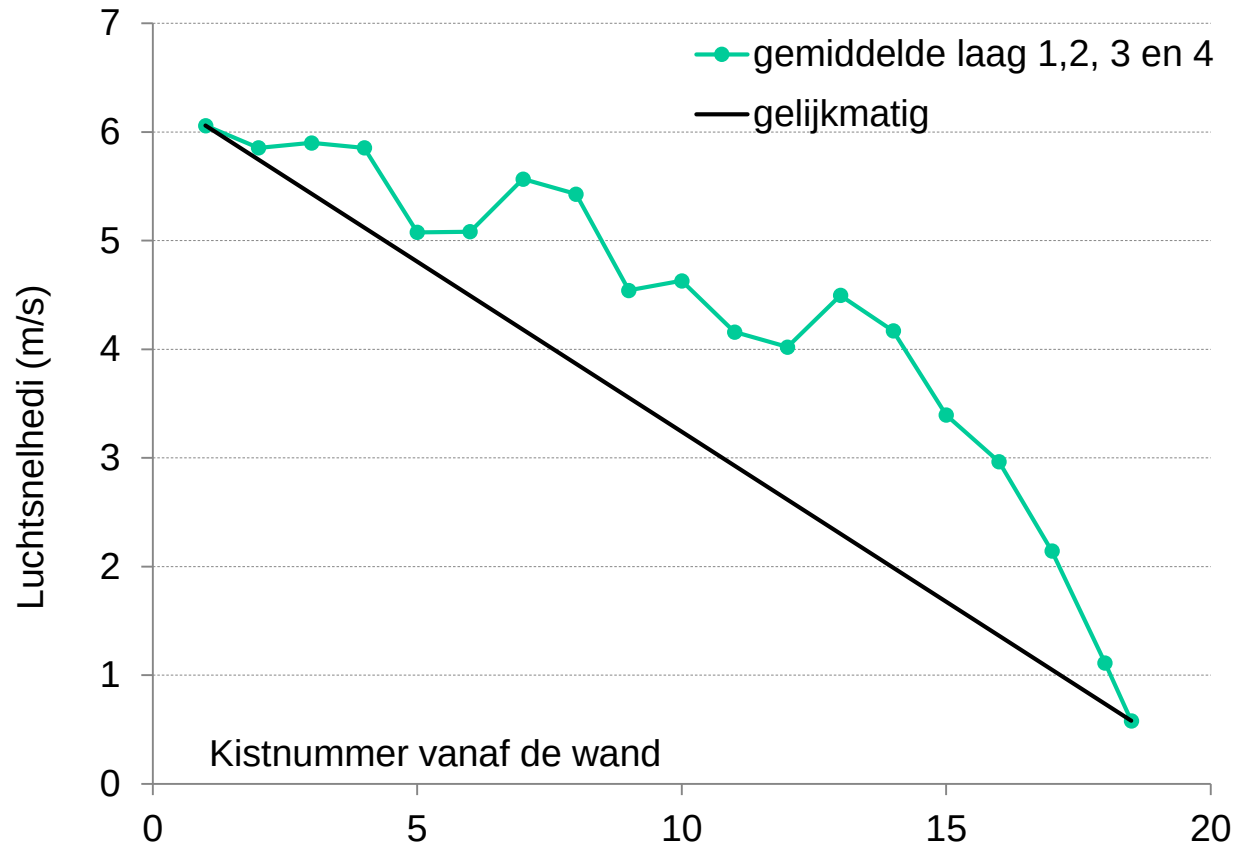
Meet resultaten zuigstelsysteem



Bevindingen zuigend systeem

- Kisten het dichtst bij de ventilator krijgen het meest
- Kisten in het midden en verder krijgen minder
- Bij kistinhoud met veel weerstand (fijne sjalotten met veel spul) gelijkmatiger verdeling
- Bij kisten met weinig weerstand (grote aardappels) ongelijkmatiger
- Ongeacht ventilatorstand

Meetresultaten blaassysteem

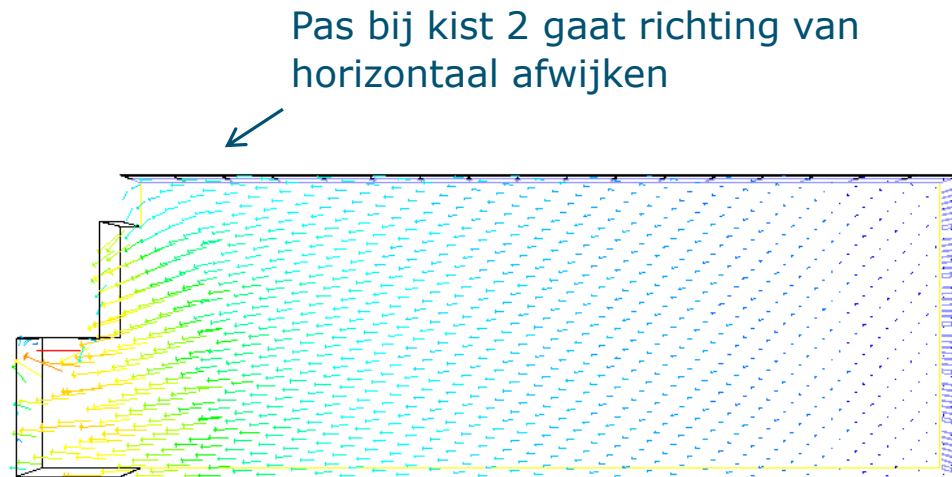
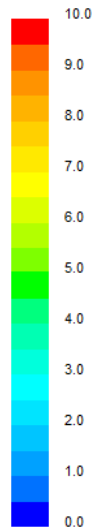


Bevindingen blazend systeem

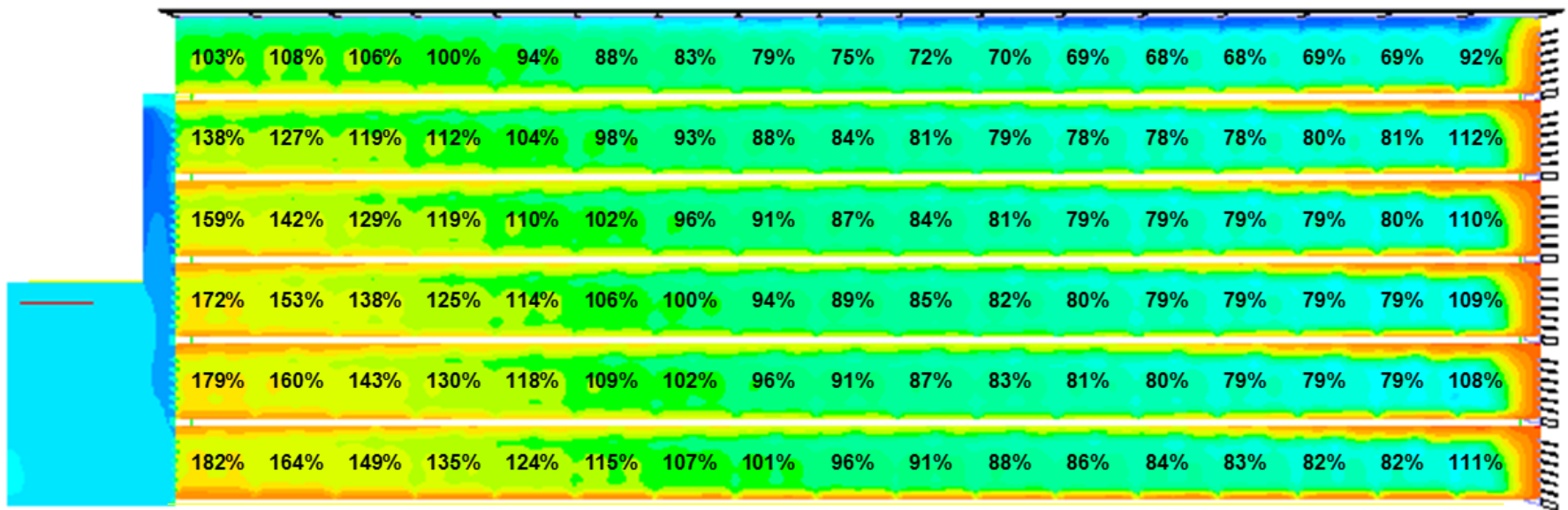
- Na kist 12 (idg) krijgen kisten veel meer dan gemiddeld
- Resultaat dus omgekeerd aan zuigsysteem
- En ook grilliger: want gemeten aan de turbulente kant van de ventilator
- Uittredende luchtstroom daarom vervolgens ook gemeten

Toepassen CFD-modellen Zuigsysteem, ventilatorkanaal.

richting

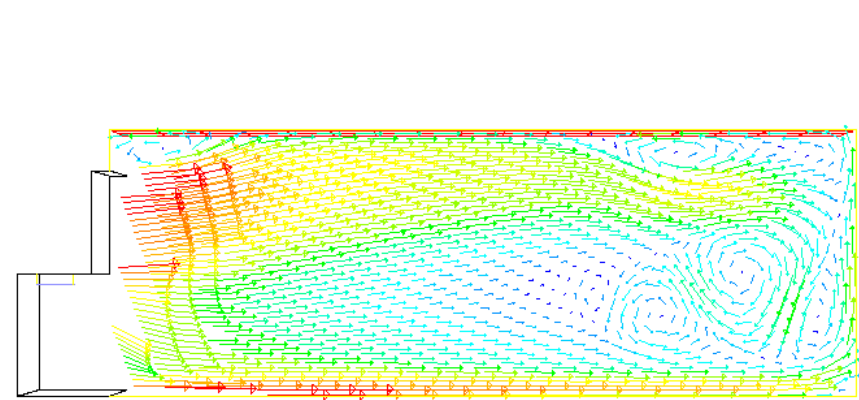


Resultante: ventilatie per kist (% t.o.v. het gemiddelde)

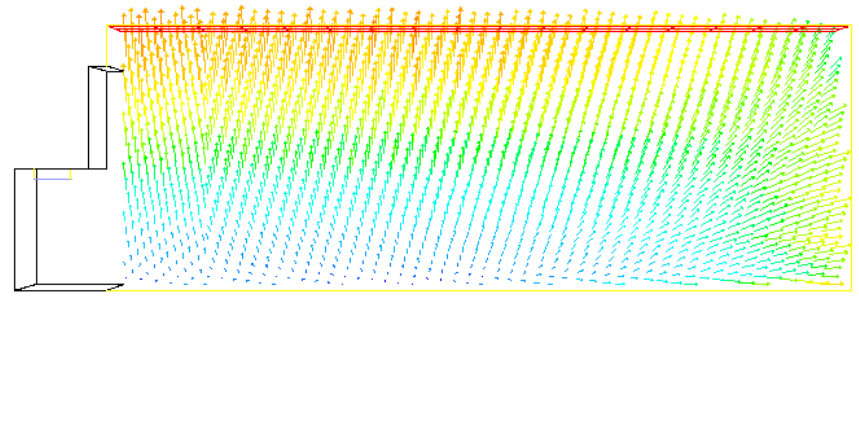


Blaassysteem, stromingsrichtingen

richting in
ventilatorkanaal

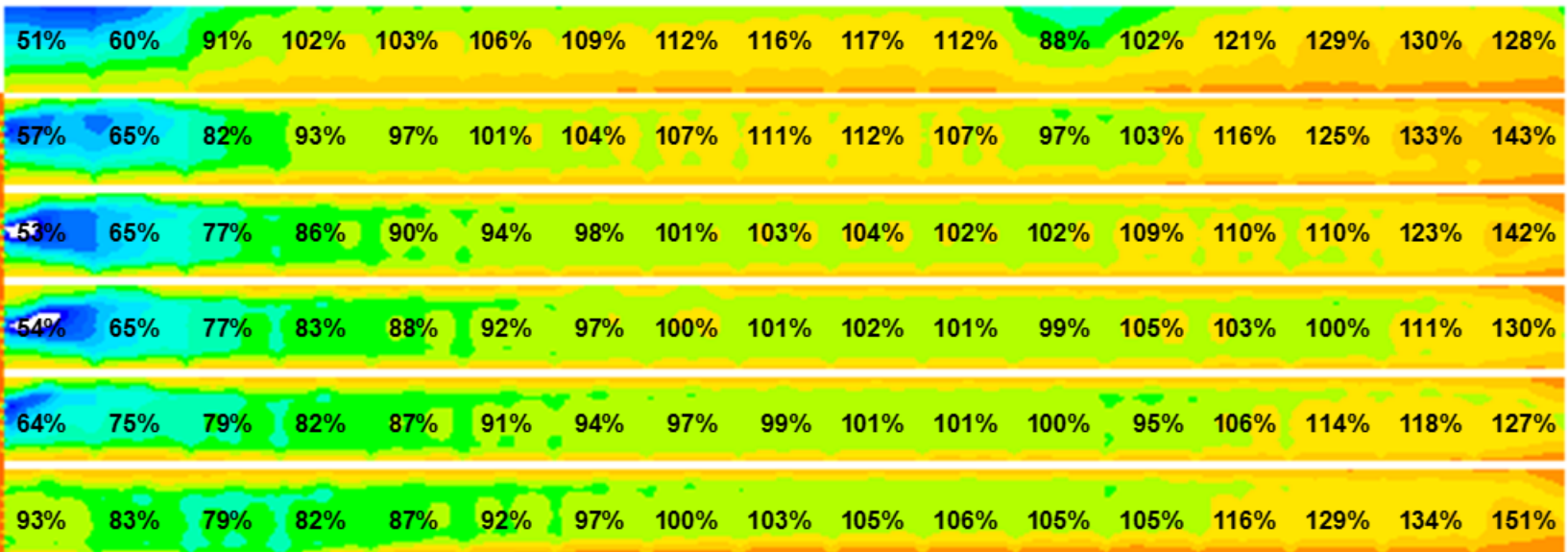


richting in
tussenkanaal
(uittredend)



*Let op!
Verschil in schaal*

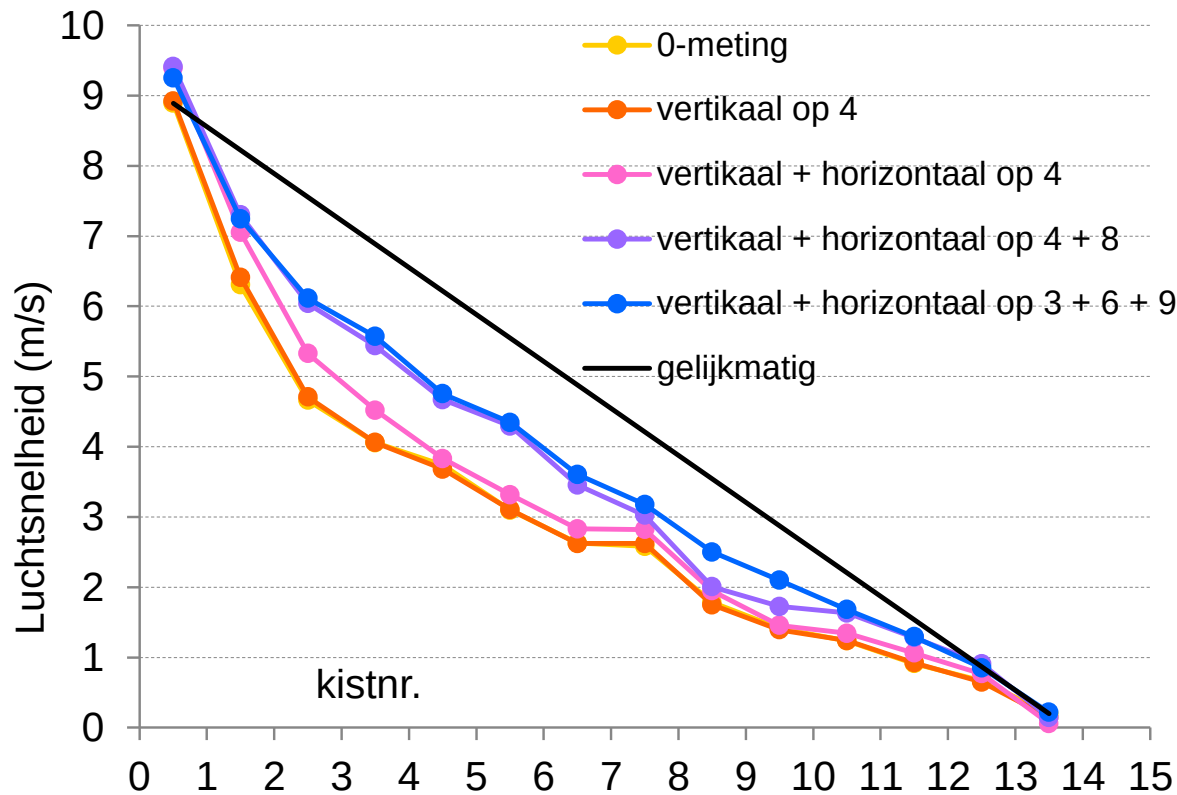
Resultante: ventilatie per kist (% t.o.v. het gemiddelde)



Bevindingen en lopend onderzoek:

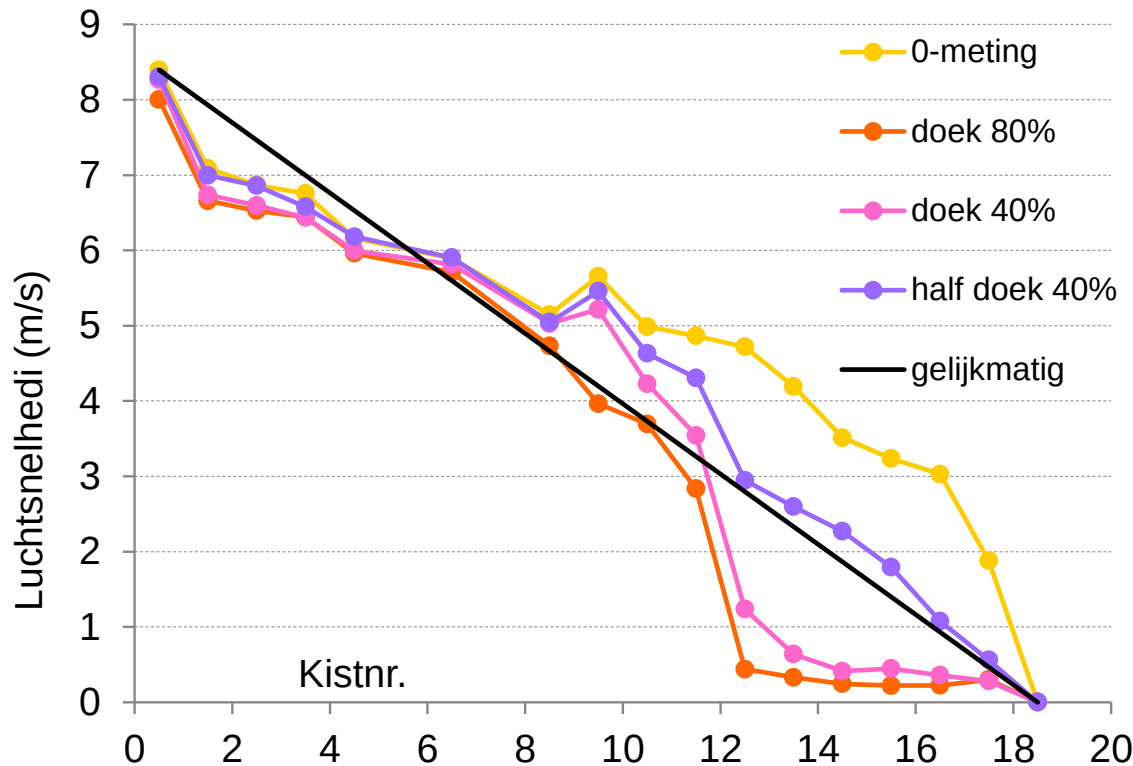
- Bij zuigsysteem krijgen de kisten het dichtst bij de ventilator meeste lucht
- Bij blaassysteem de kisten het verst van de ventilator
- Met materialen/structuren in de ventilatorgang en de tussengang de luchtstromen sturen zodat lucht gelijkmatiger over de kisten verdeeld wordt.

Testen doeken (80%) haaks op luchtstroom bij zuigsysteem



Testen winddoek bij **Blaassysteem**

- Doek tussen kist 12 en 13
- Alleen laag 2 gemeten



Bevindingen & vervolg

■ **Zuigend** systeem:

- Haaks op luchtstroom remmen is beste optie
- In 2 of 3 trappen
- Hiermee in de goede richting, maar het kan beter!
- Ander gaasachtig materiaal (stijver, stugger, dichter)
- Vooral op de bovenkant v. h. tussenkanaal



Bevindingen & vervolg

■ **Blazend** systeem:

- Met minder dicht doek in ventilatorkanaal
- Positie en type doek luistert erg nauw
- Effect nog niet helder

- andere materialen testen
- doek in de tussengang op het einde?
(spiegelbeeldig aan zuigend systeem)