SLIMME AARDAPPEL-BEWARING

AGENTSCHAP INNOVEREN & ONDERNEMEN

Vlaanderen is ondernemen

viaverda

UNIVERSITEIT GENT

ILVO

inagro
ONDERZOEK & ADVIES IN LAND- & TUINBOUW

Doelen

- Hoe beweegt en verdeelt de lucht zich in de bewaarloods?
  - Effect van de roostervloer
  - Effect van de constructie van de loods
- Wat gebeurt er tijdens de bewaring wanneer de knollen ademen?
  - Focus op warmte-uitwisseling
  - Focus op luchtvochtigheid
  - Focus op concentratie aan CO_2
- Vooruitzichten

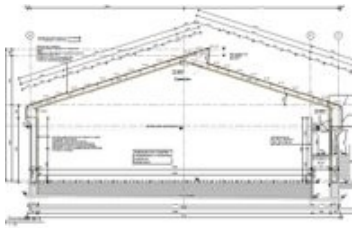
Hoe onderzoeken we dit?

We werken met modellen

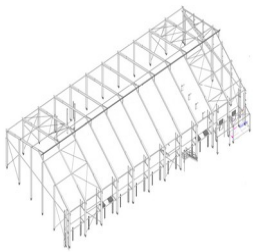
CFD = Computational Fluid Dynamics

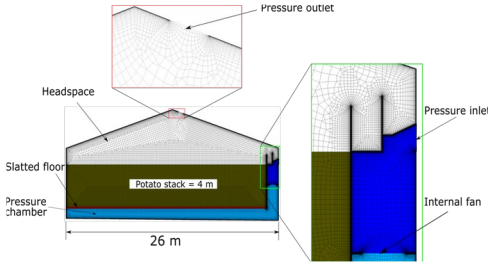
- CFD is een numerieke methode voor het benaderen (simuleren) van
  - Snelheid
  - Druk
  - Alle andere variabelen van gas of vloeistof (energie-inhoud, vochtgehalte, CO_2)

CFD – opeenvolgende stappen

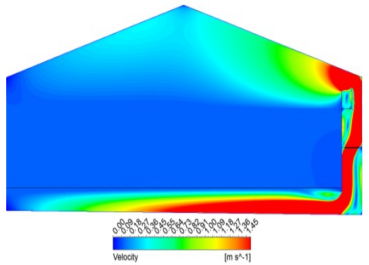


VOORBEREIDING VAN HET MODEL





VERWERKING VAN DE RESULTATEN



Pre-processing

- Geometrie vereenvoudigingen
- Randvoorwaarden
- Domein (2D/3D)
- Genereren mesh

Processing

- Grid onafhankelijkheid
- Keuze solver
- UDFs

Post-processing

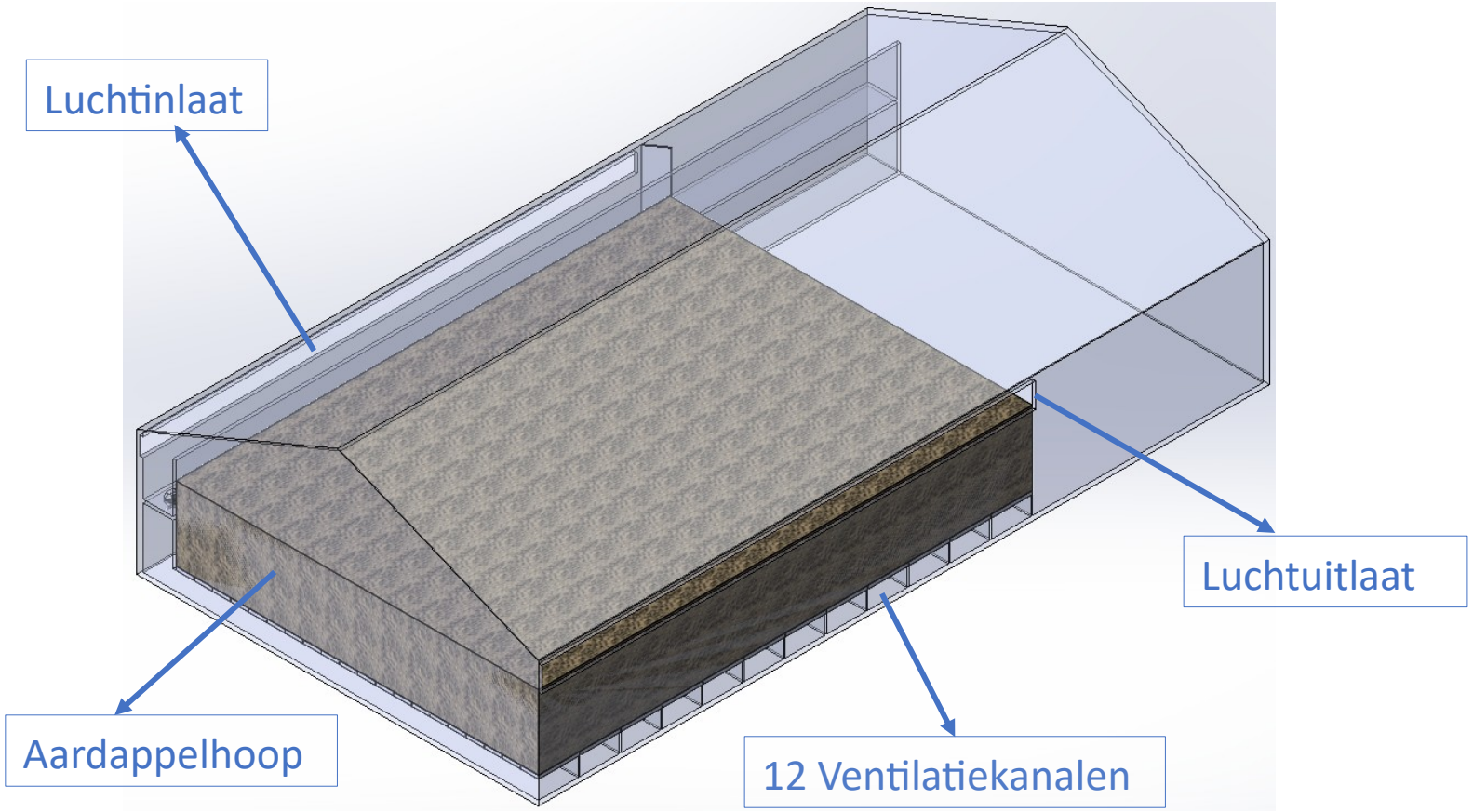
- Resultaten omzetten in V, P, debieten

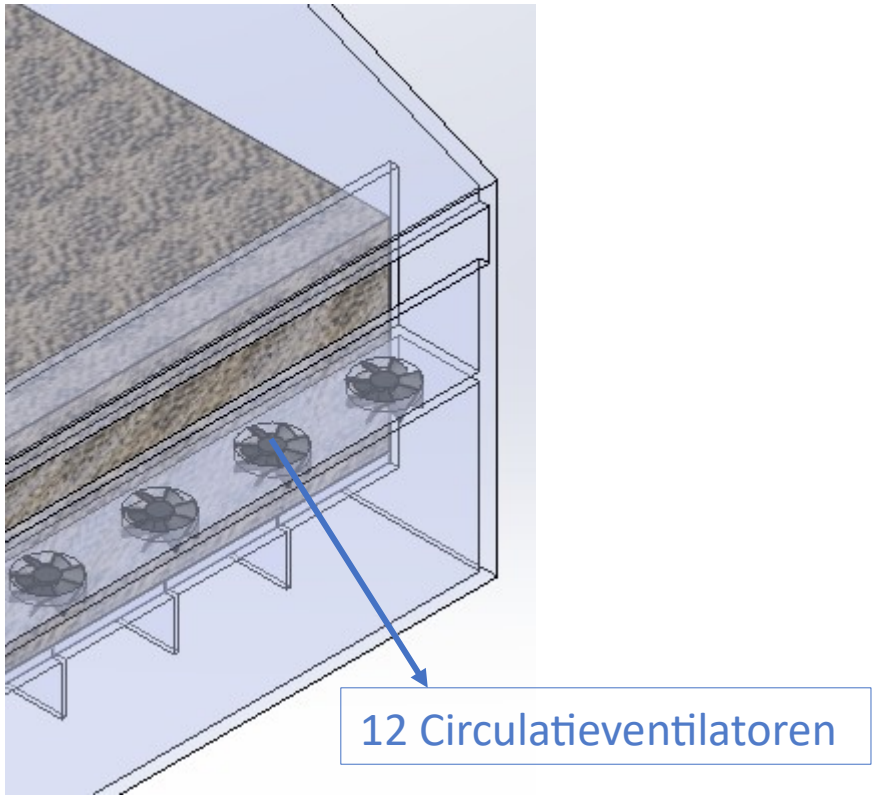
MODELBEREKENING

Voorbereidend werk (Pre-processing)

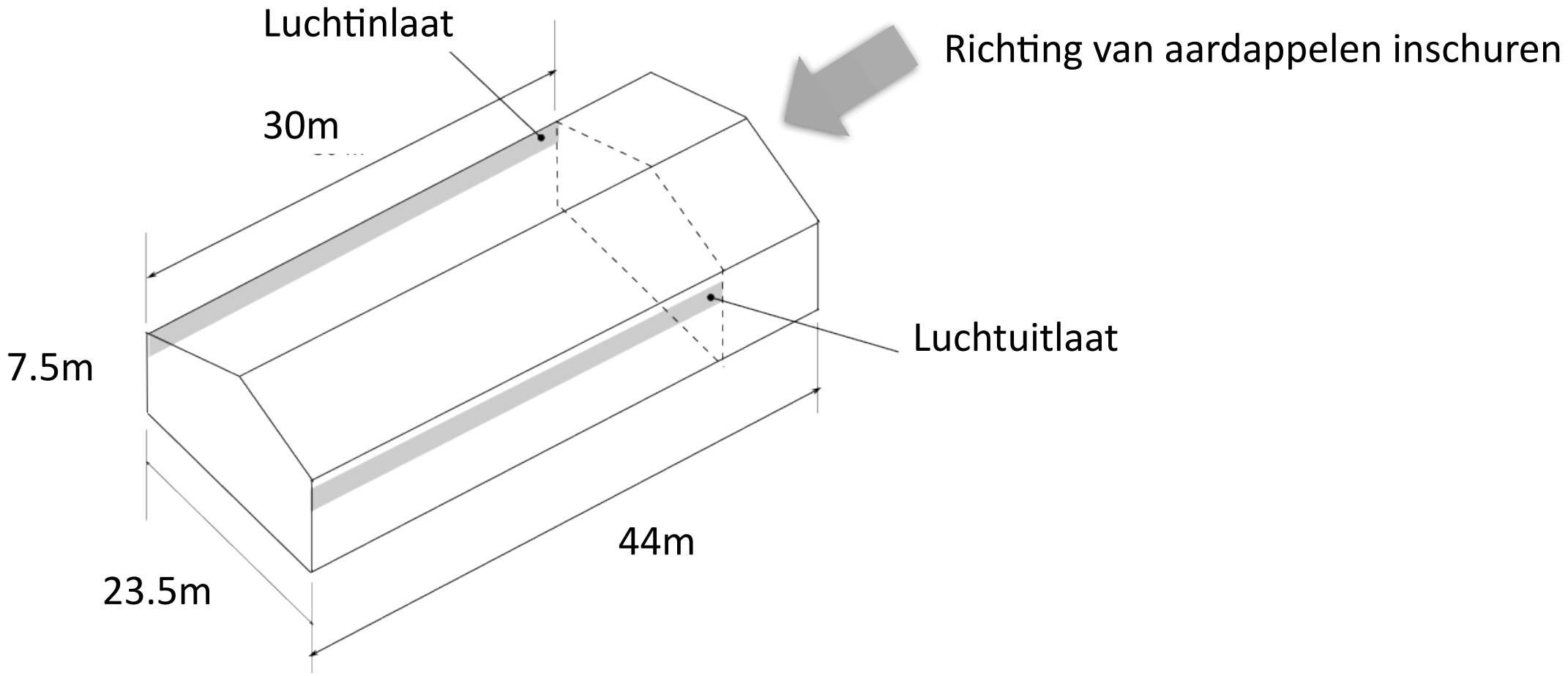
Grid – Ventilatorkarakteristiek – Roosterkarakteristiek – Turbulentiemodel – Tijdsafhankelijk J/N

Geometrie van de bewaarloods





Geometrie van de bewaarloods



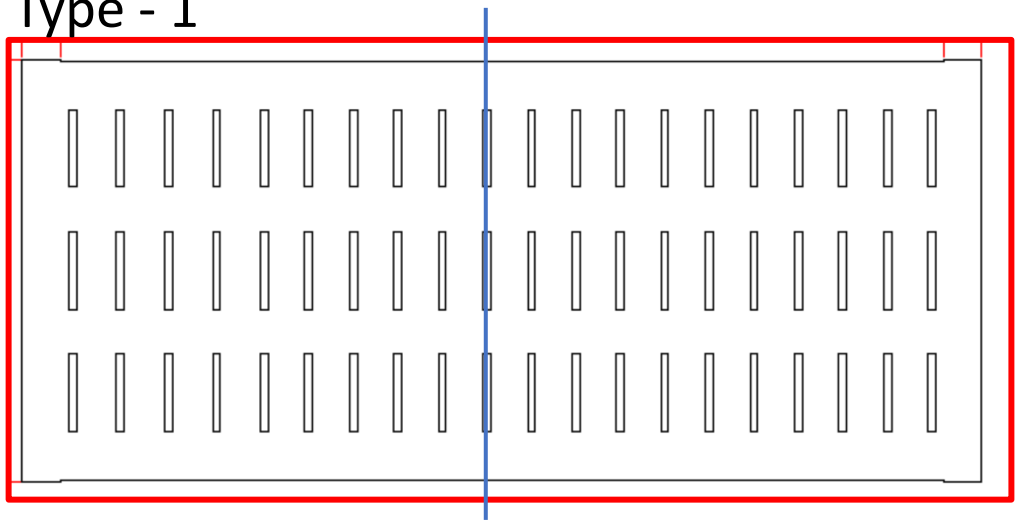
Hoe beweegt en verdeelt de lucht zich in de bewaarloods?

Effect roostervloer

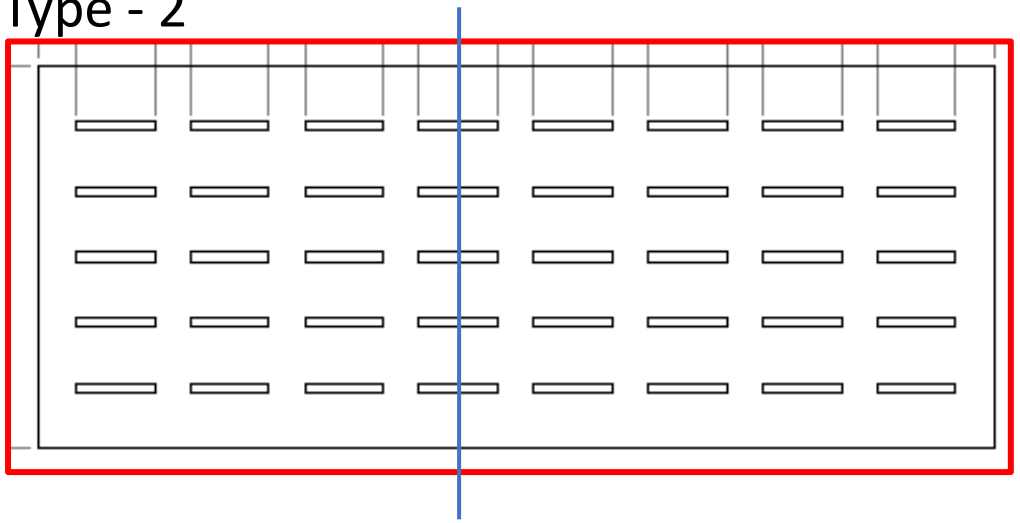
Effect constructie van de loods

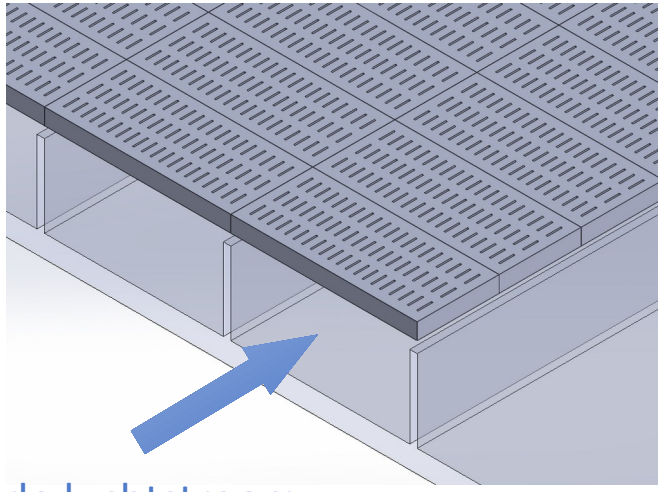
CFD model inputs - Roosterkarakteristiek

Type - 1

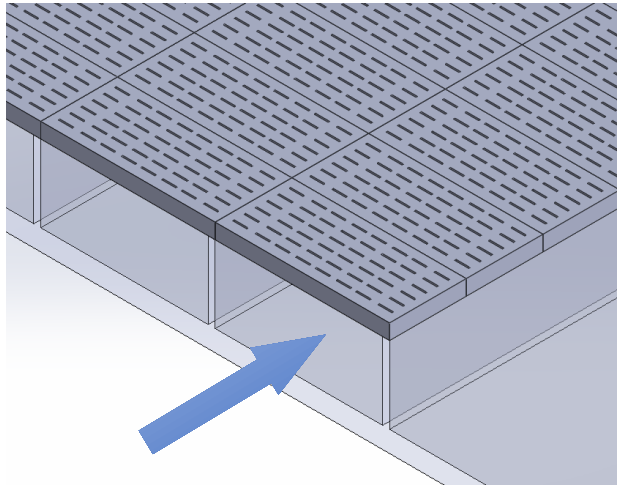


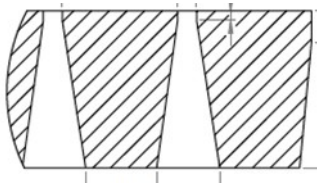
Type - 2





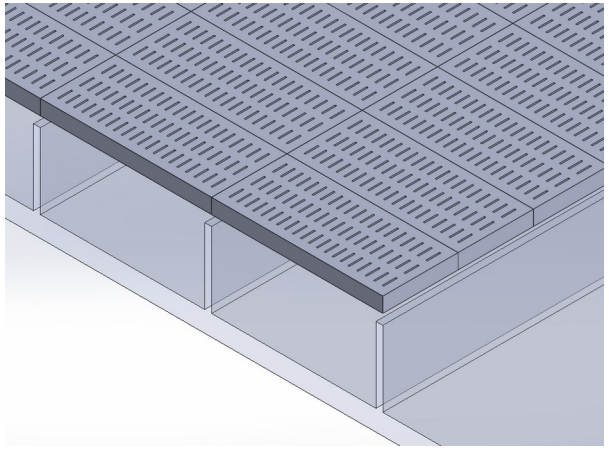
Richting van de luchtstroom

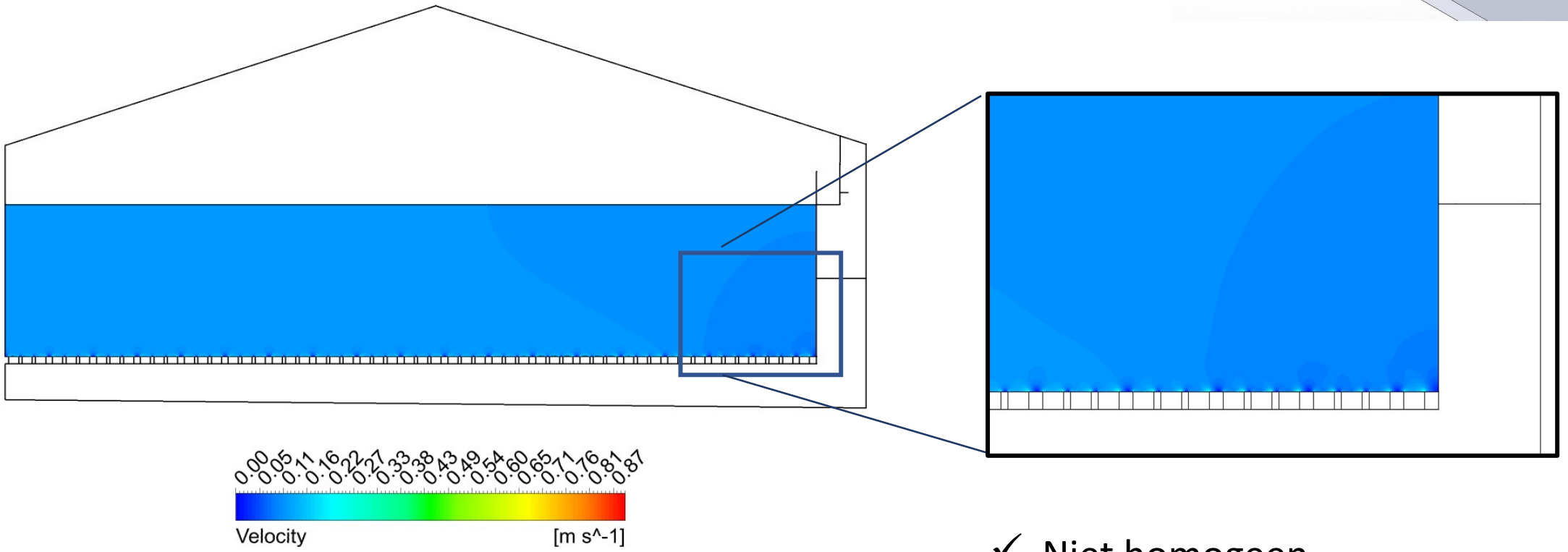




Richting van de luchtstroom

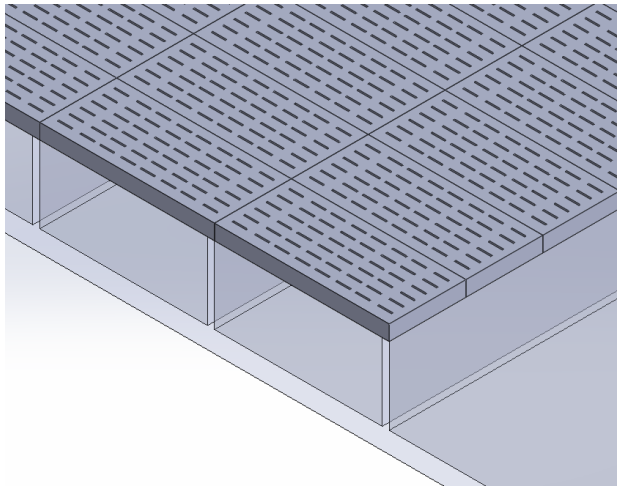
Verdeling van de luchtsnelheid doorheen de aardappelhoop: Type - 1

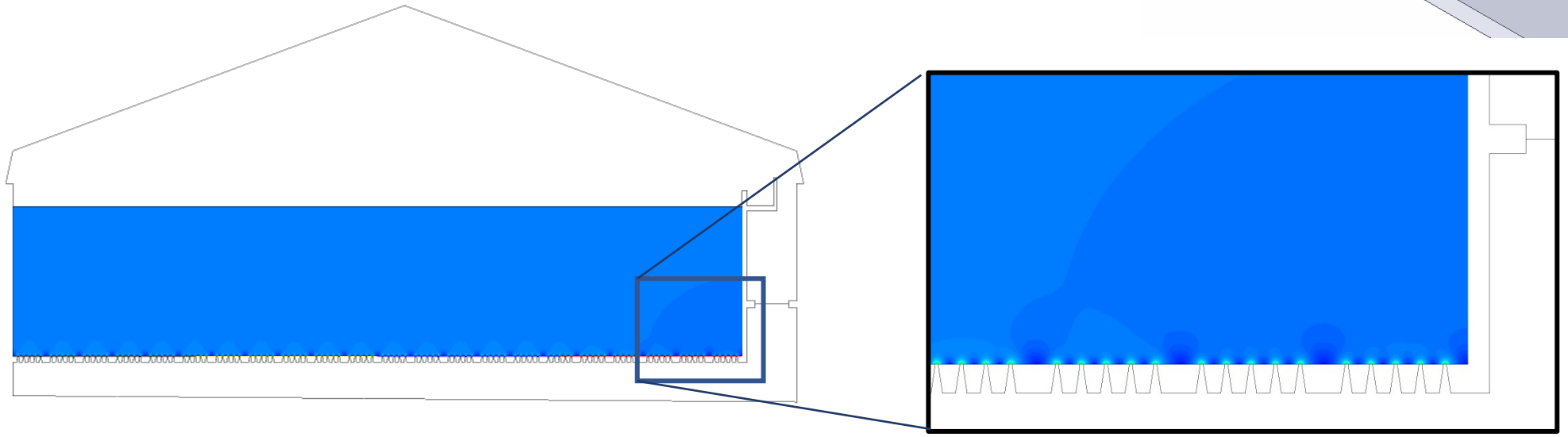


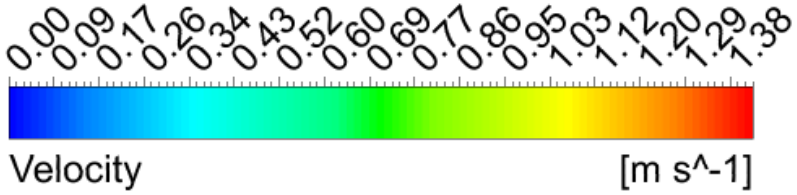


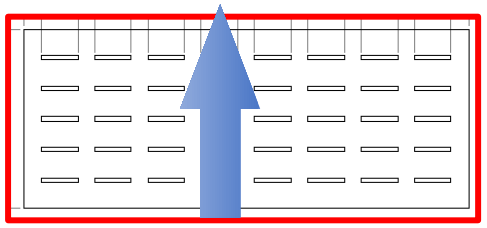
- ✓ Niet homogeen
- ✓ Lagere snelheden vooraan

Verdeling van de luchtsnelheid doorheen de aardappelhoop: Type - 2









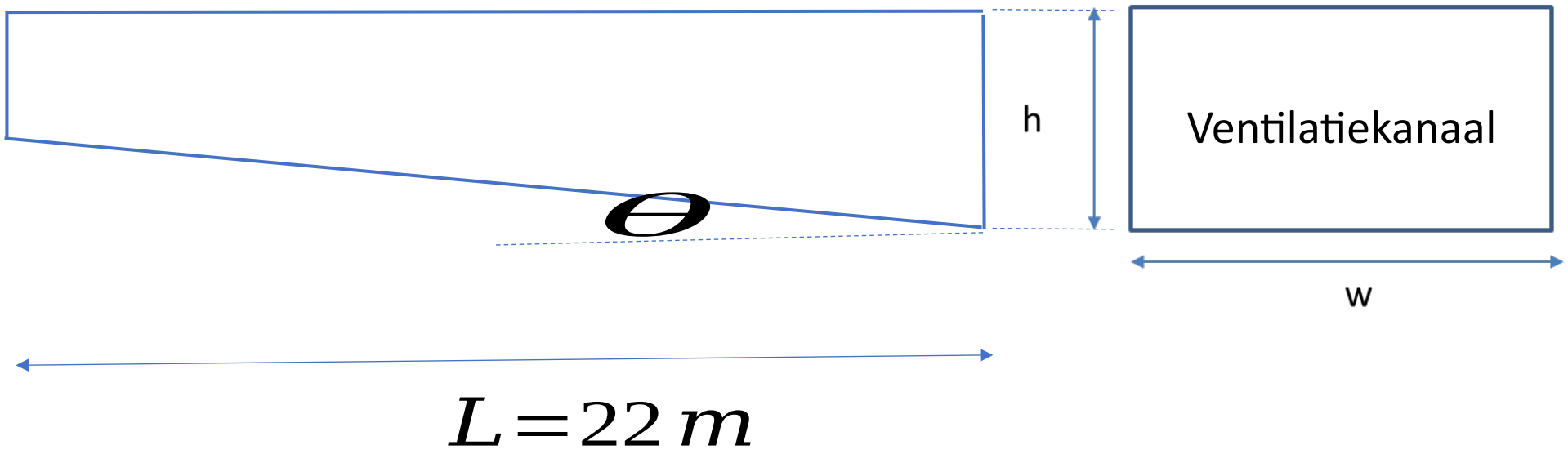
- ✓ Niet homogeen
- ✓ Lagere snelheden vooraan

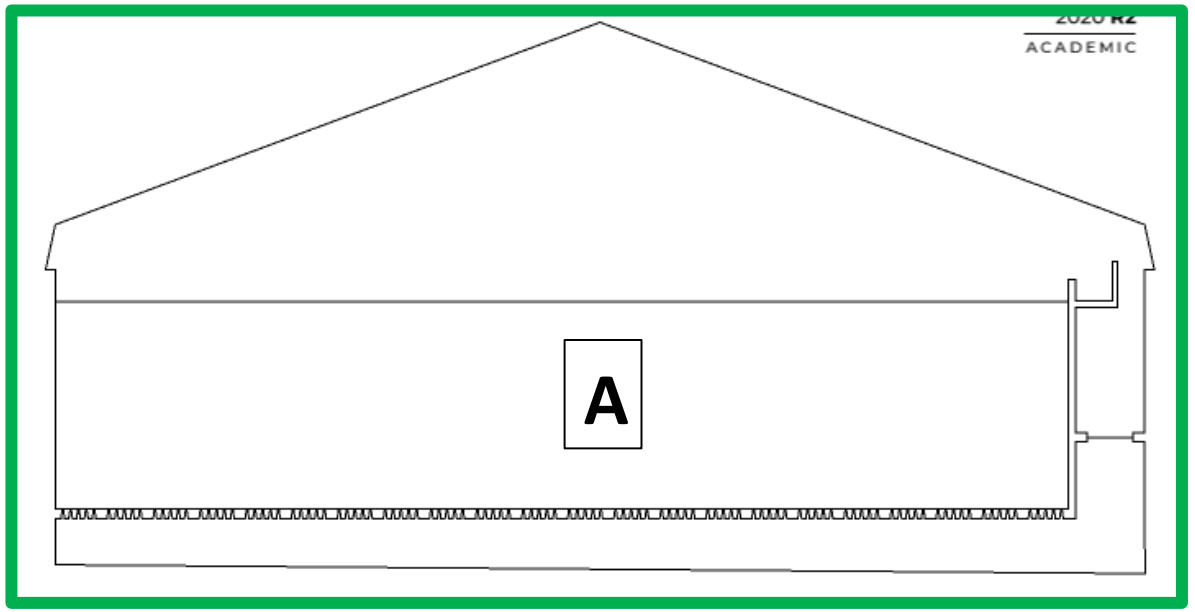
Hoe kunnen we de luchtverdeling doorheen de aardappelhoop homogeniseren?

Onderzoek gericht op de geometrie van de loods

Onderzoek geometrie van de loods

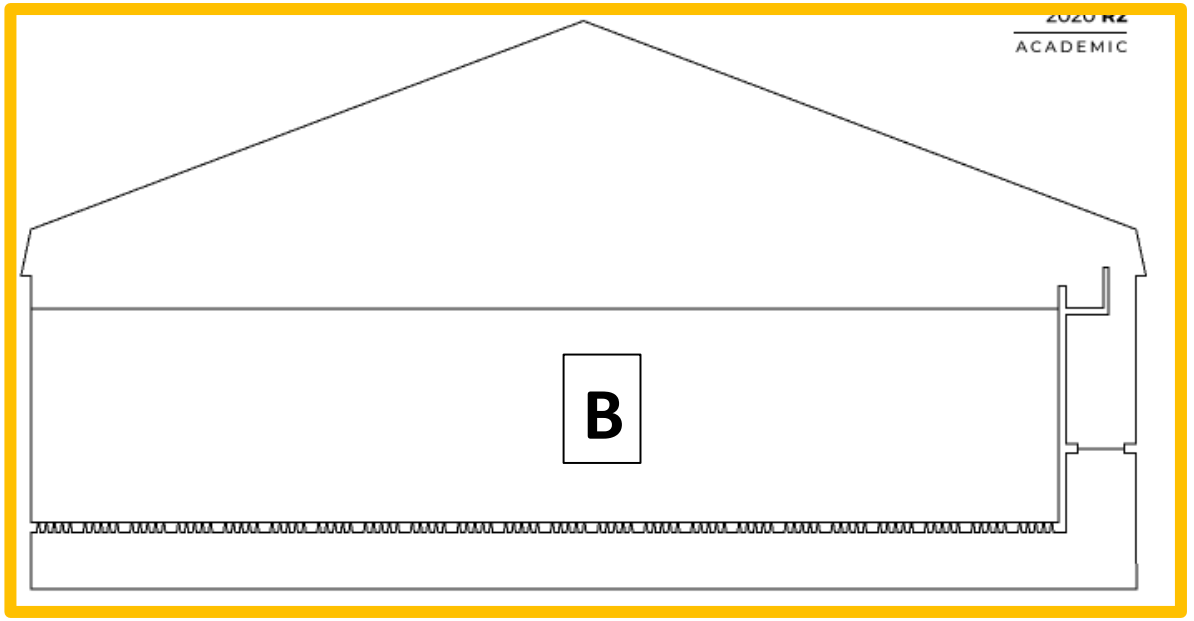
- Afmetingen van het ventilatiekanaal
- Helling van het ventilatiekanaal (
- Aangepaste porositeit van de roostervloer
- Plaatsing van de ventilator





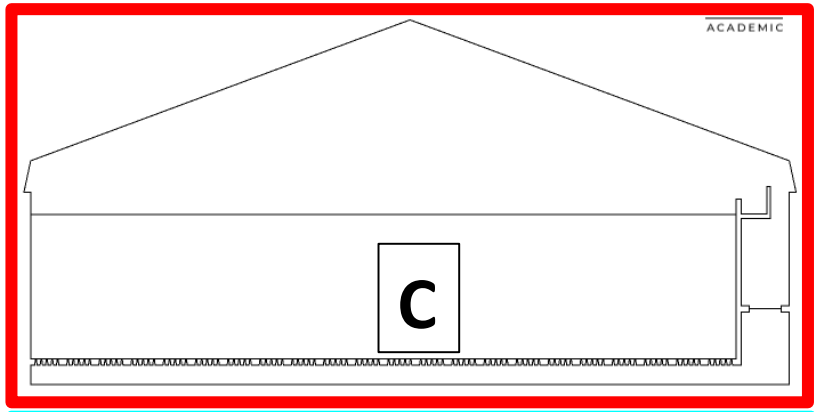
A

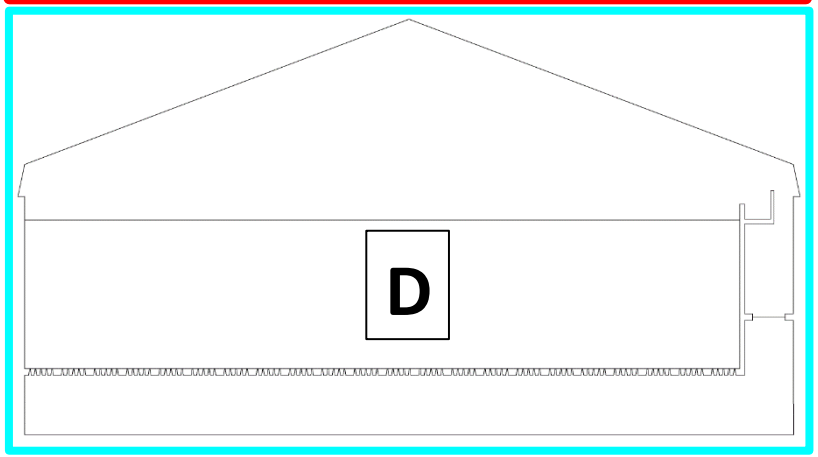
- **Referentie**
-

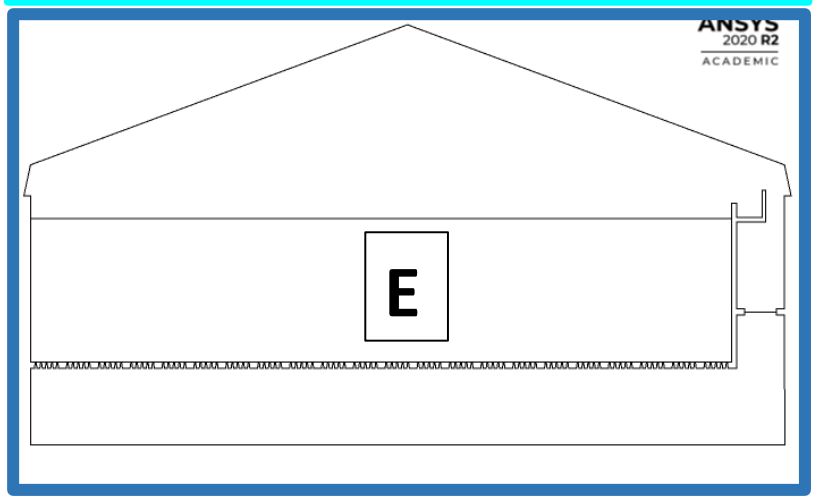


B

- **G**
-







C

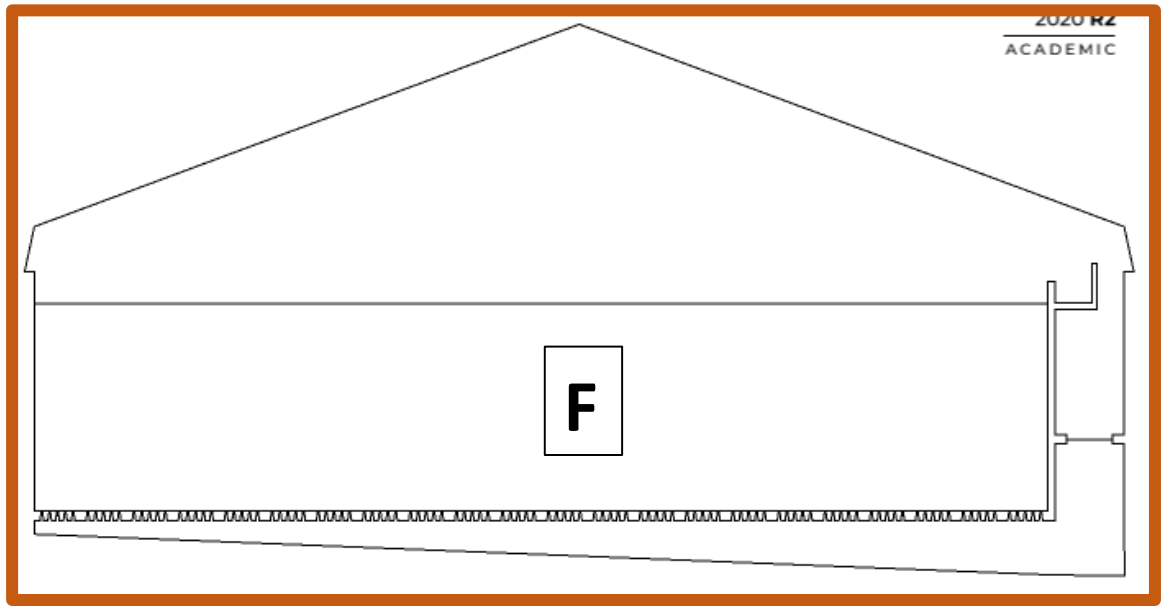
- **(x0.5)**

D

- **(x1.5)**

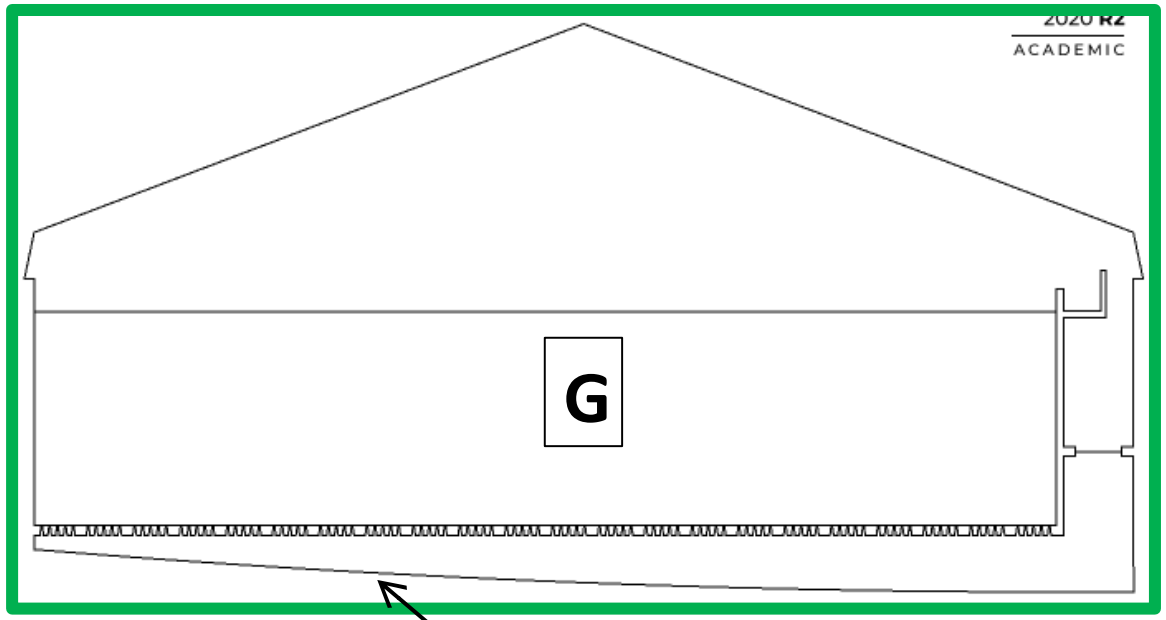
E

- geen helling
- **(x2)**



F

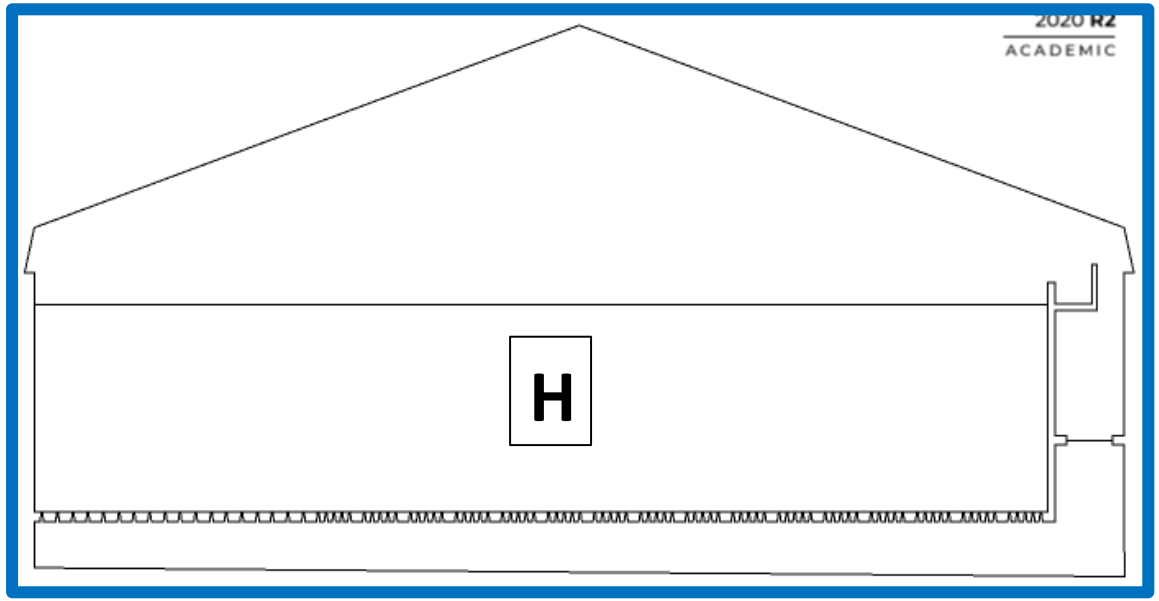
- **Helling recht** (h → h/4) **4%**

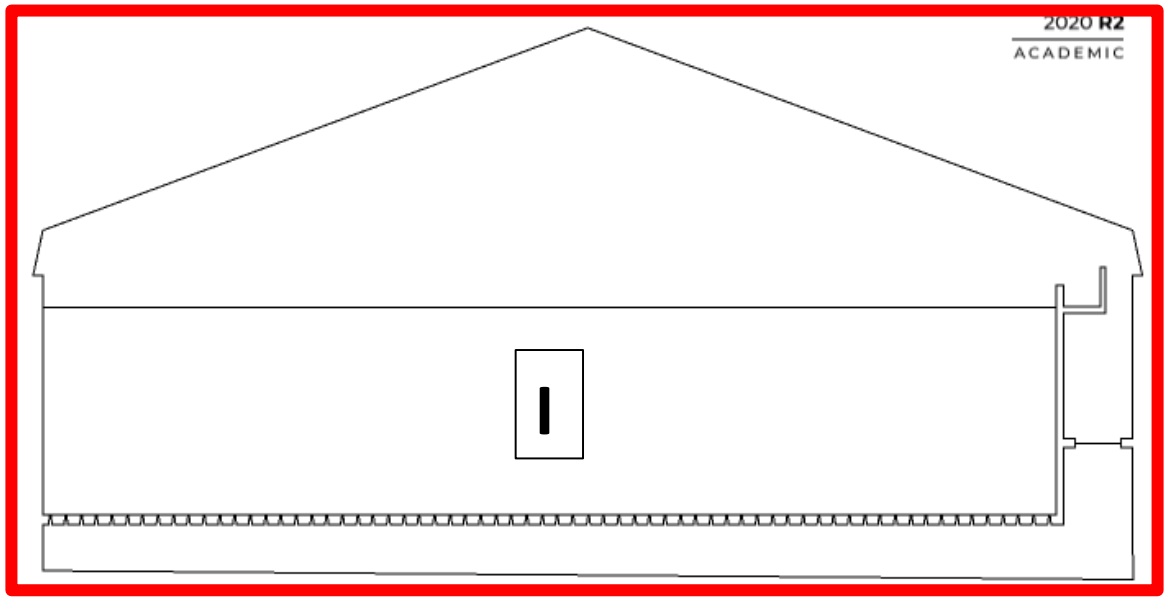


Gebogen vloeroppervlak (parabolisch)

G

- **Helling Parabolisch** (h → h/4)
-



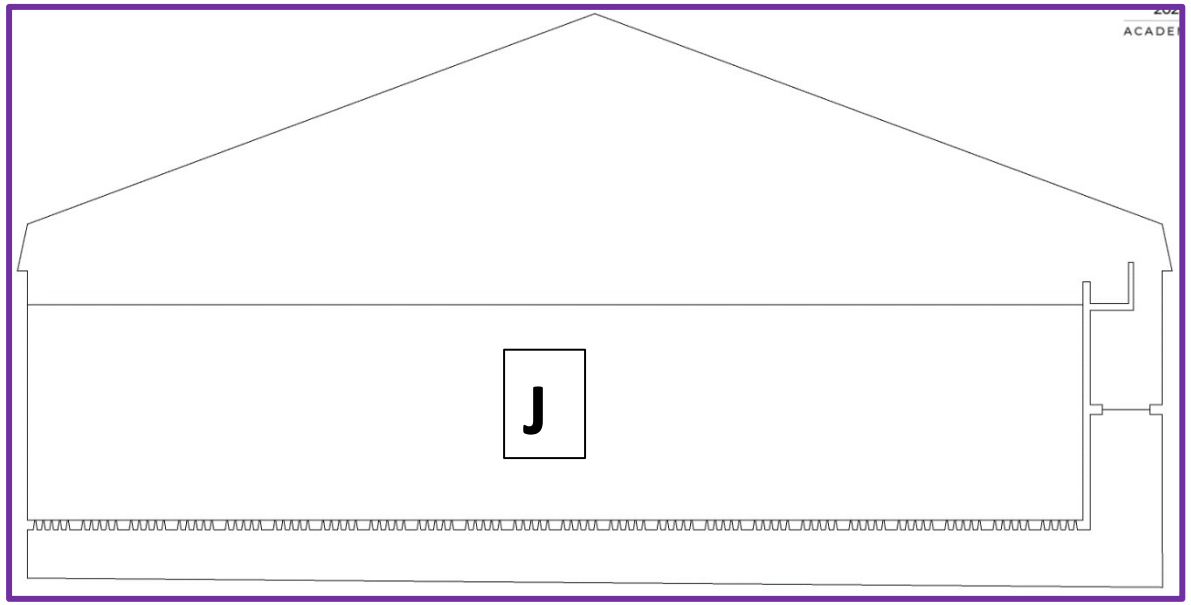


H

- Helling 1.5°
- **Achteraan openingen half gesloten**
-

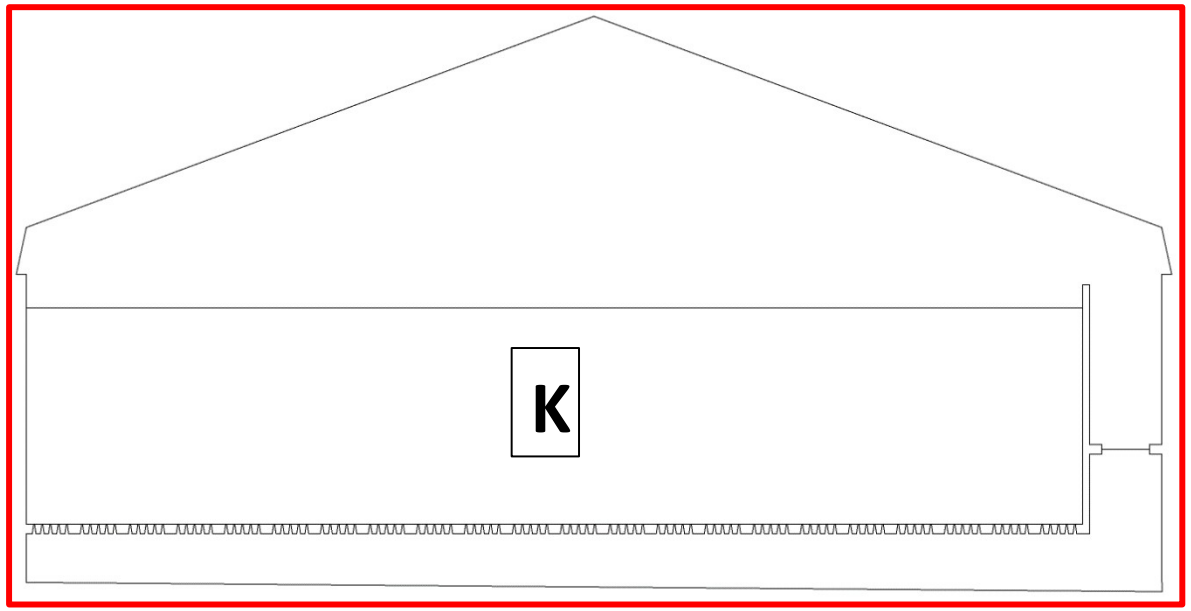
I

- Helling 1.5°
- **Openingen half gesloten**
-



J

- Heling 1.5°
- **Ventilatoren 75 cm hoger**
-



K

- **Geen gaanderij (obstructie)**
-

Resultaten kwalitatief
Hoe kijken we naar de volgende slides?

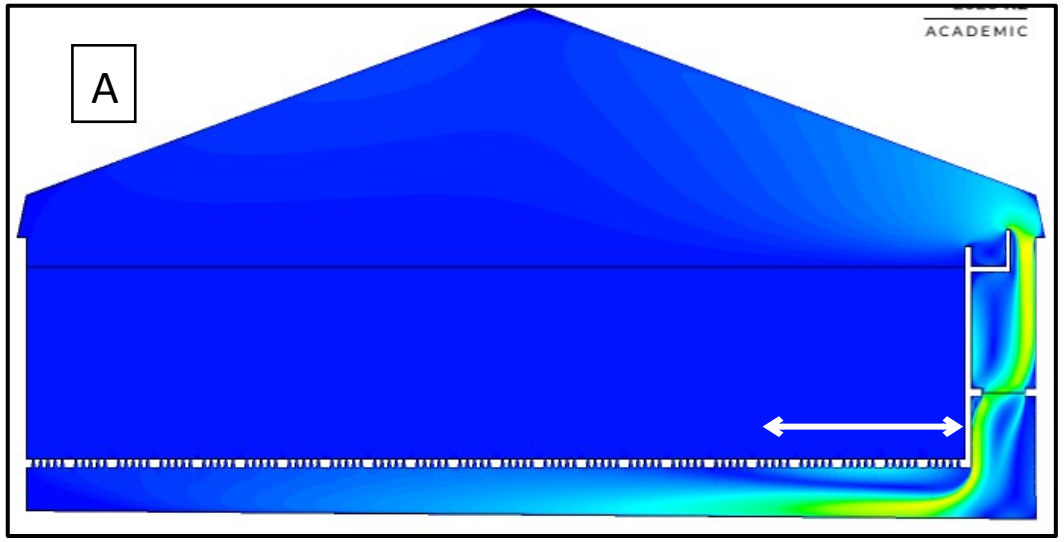
WAT? Luchtsnelheidsverdeling in het ventilatiekanaal

- De luchtstroom in de lengterichting van het kanaal toont hoe ver de lucht zich beweegt in het kanaal
- De luchtstroom dwars op de lengterichting (verticaal) en vaak zichtbaar net onder de roostervloer bepaalt de homogeniteit want toont hoe de lucht zich zal bewegen doorheen de aardappelhoop

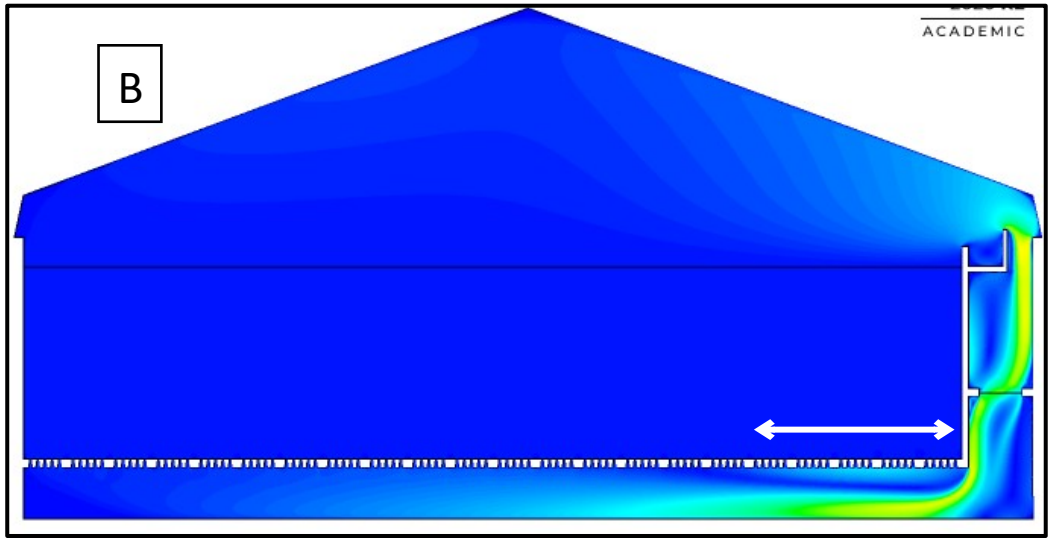
!! Dit zijn kwalitatieve beelden – later volgt een meer kwantitatief beeld

Verdeling van de luchtstroomsnelheid

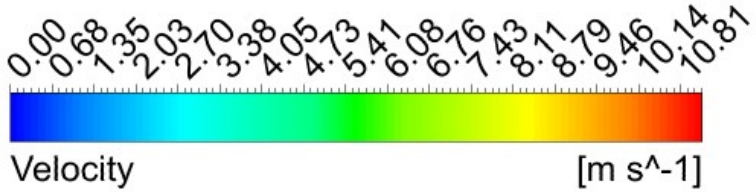
Helling 1.5°



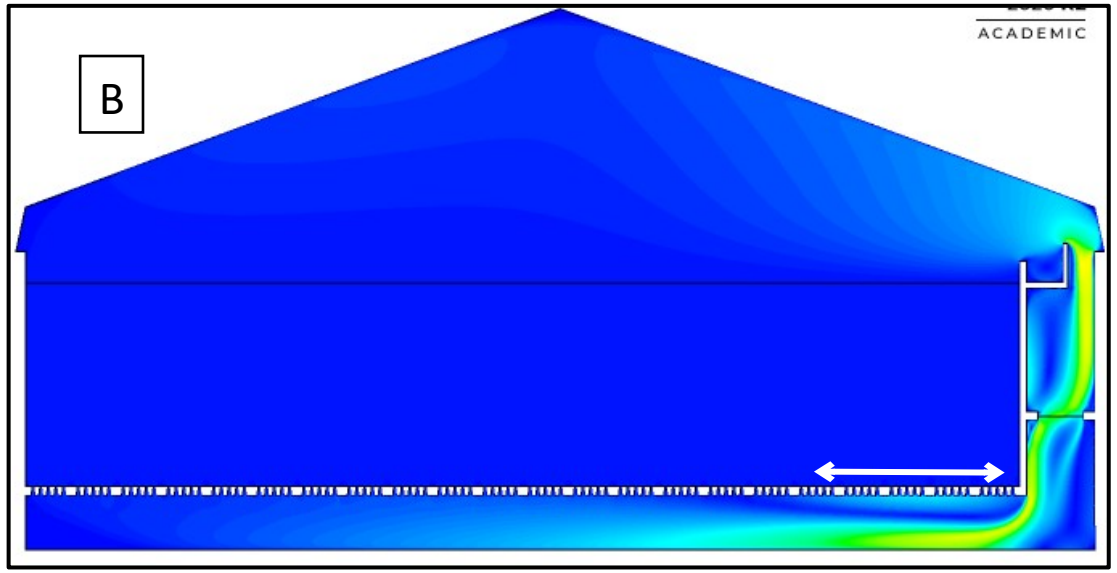
Geen helling 0°

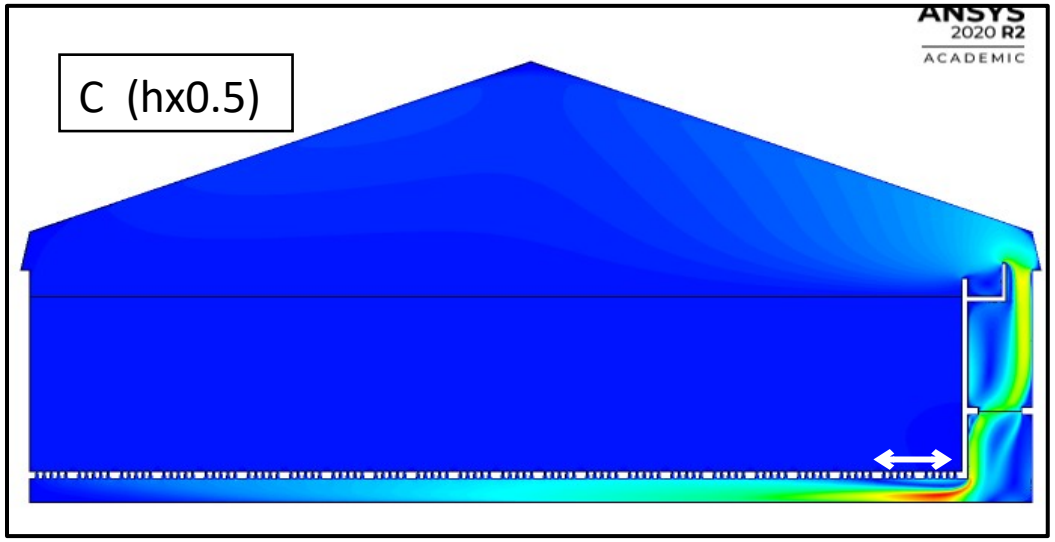


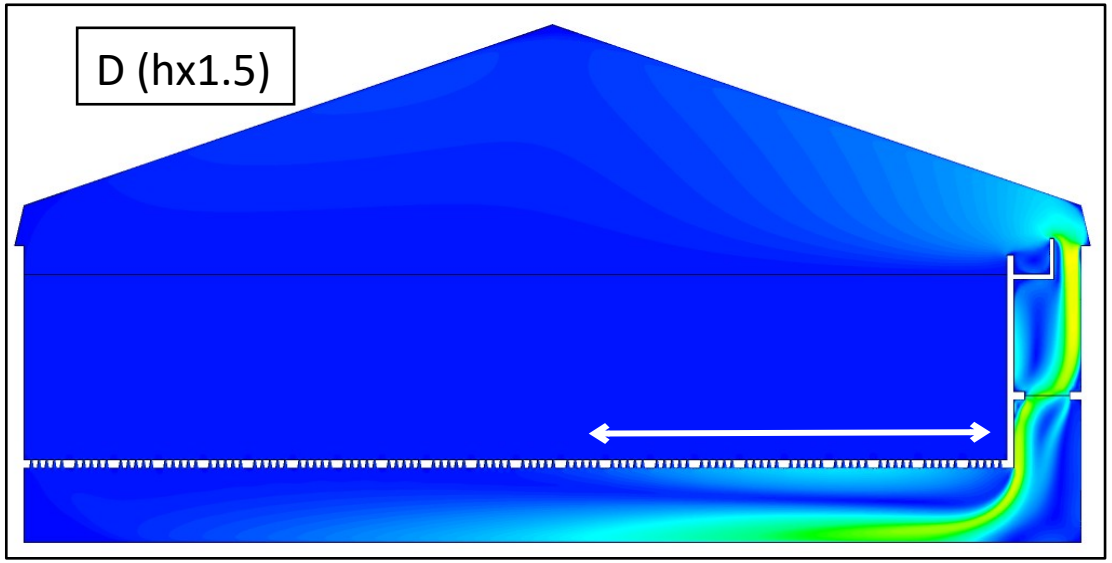
✓ Helling van 1.5° lijkt geen verschil te maken

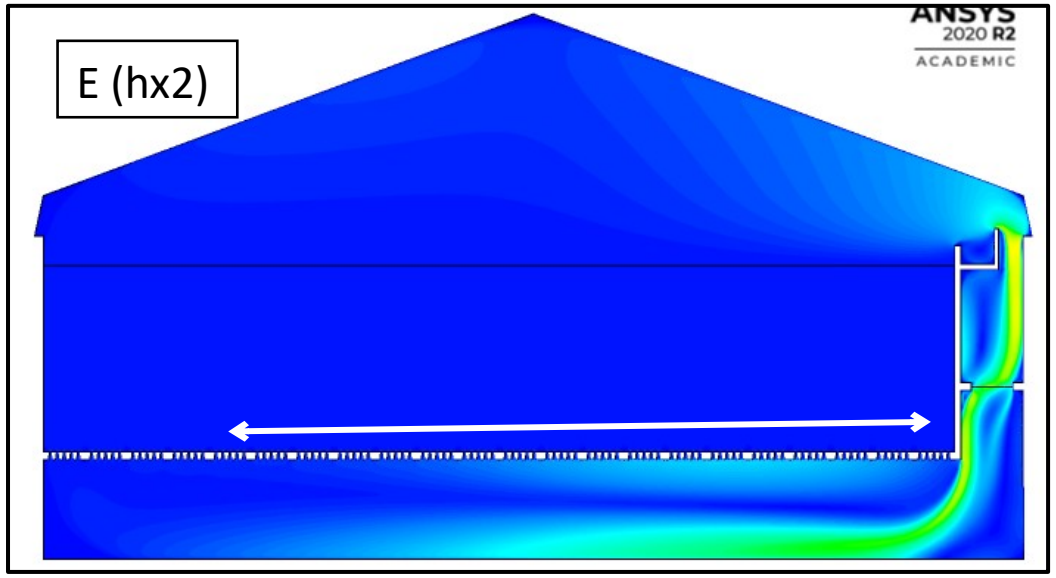


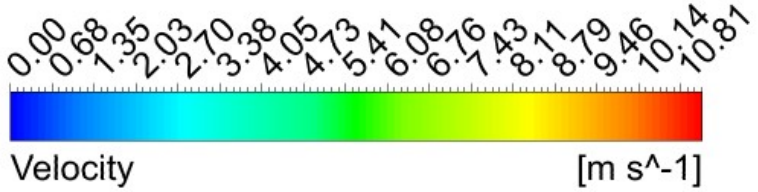
Verdeling van de luchtstroomsnelheid





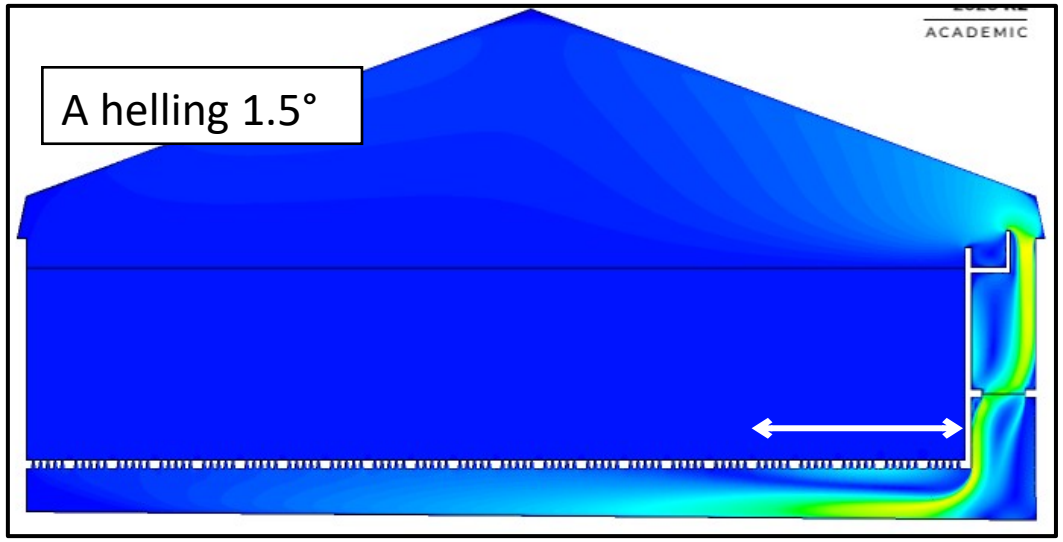


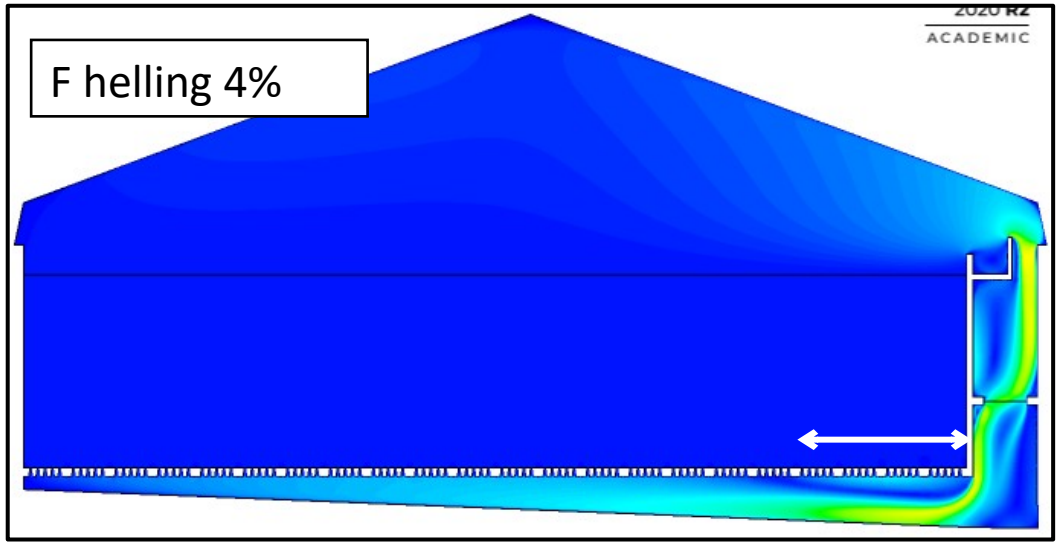


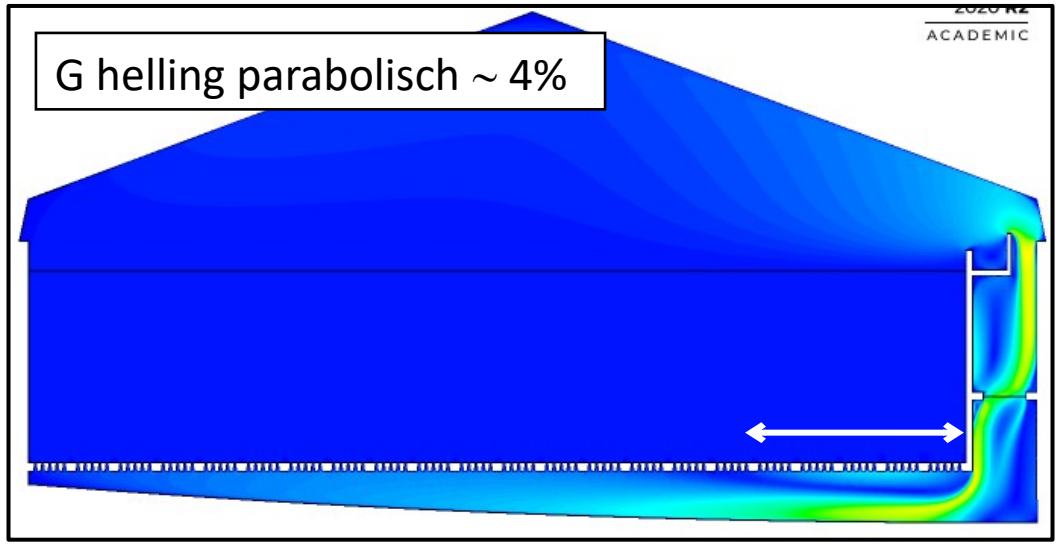


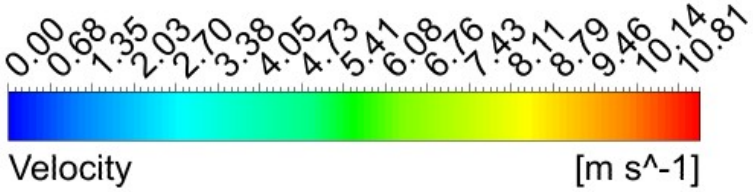
- ✓ Hogere kanalen geven betere luchtverdeling door de hoop
- ✓ Zeer lage kanalen verliezen veel energie vooraan

Verdeling van de luchtstroomsnelheid



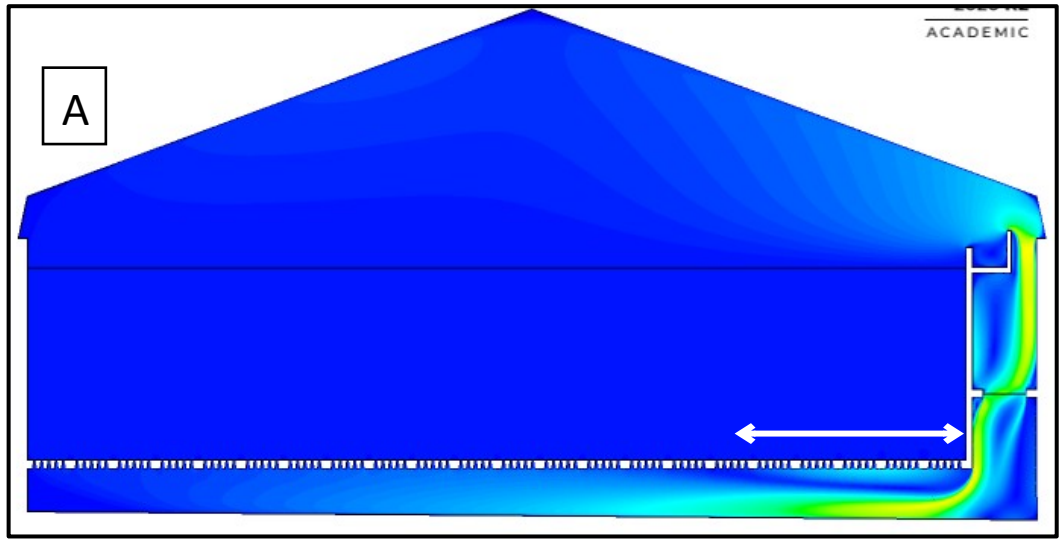




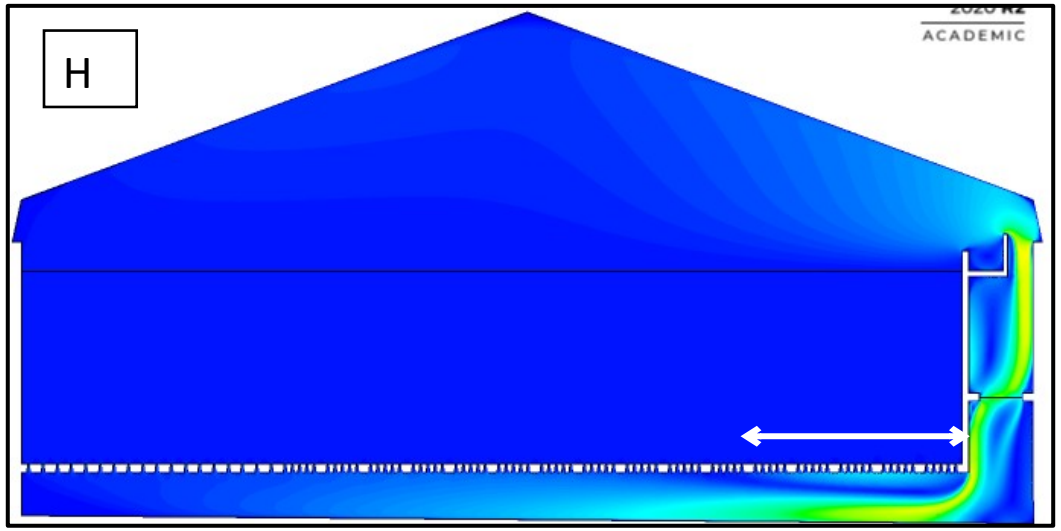


- ✓ Geen echte verschillen merkbaar
- ✓ Miniem voordeel van parabolisch helling

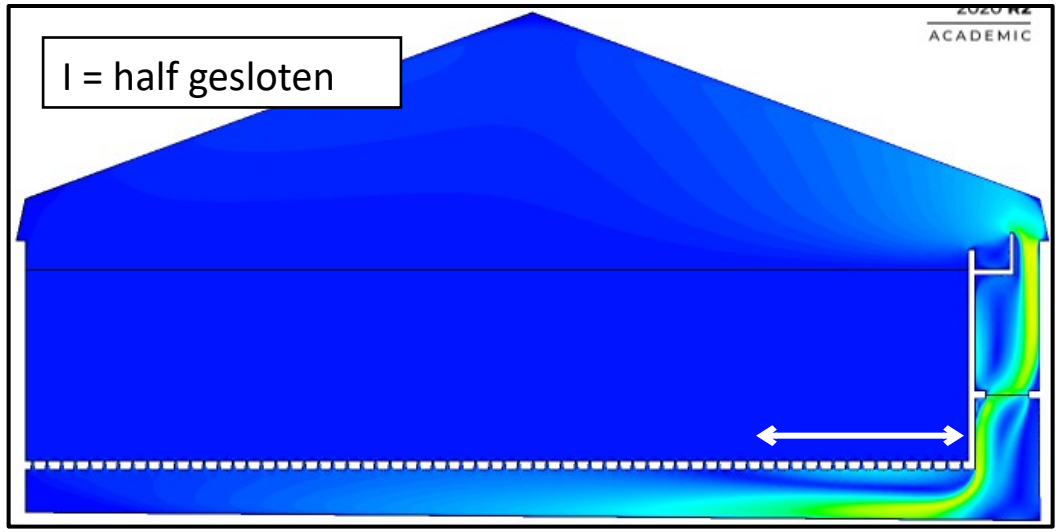
Verdeling van de luchtstroomsnelheid



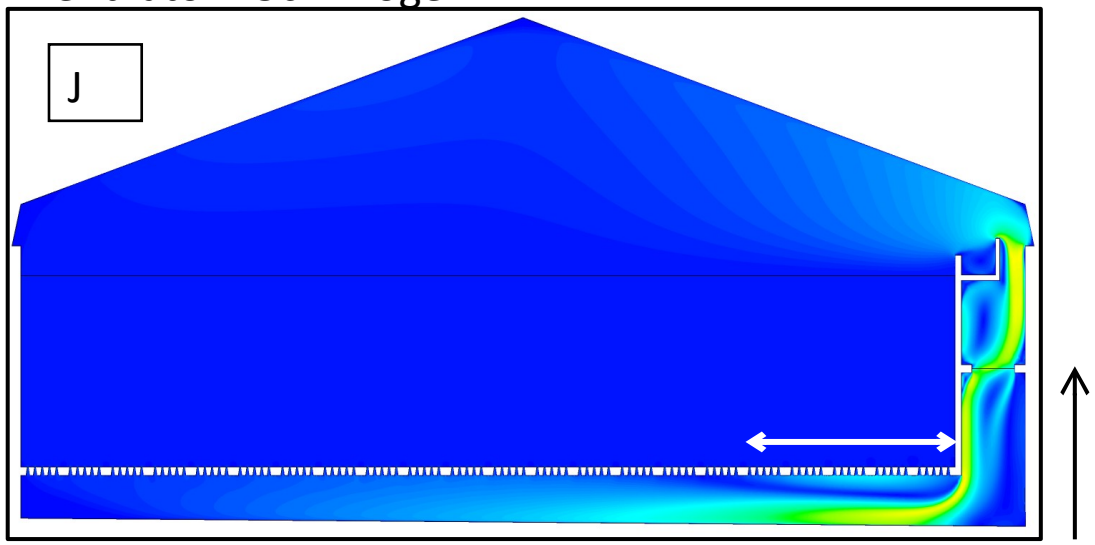
Openingen achteraan half gesloten

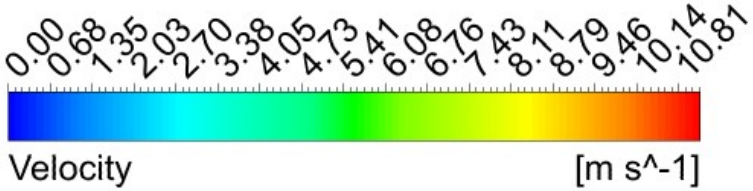


Openingen half gesloten



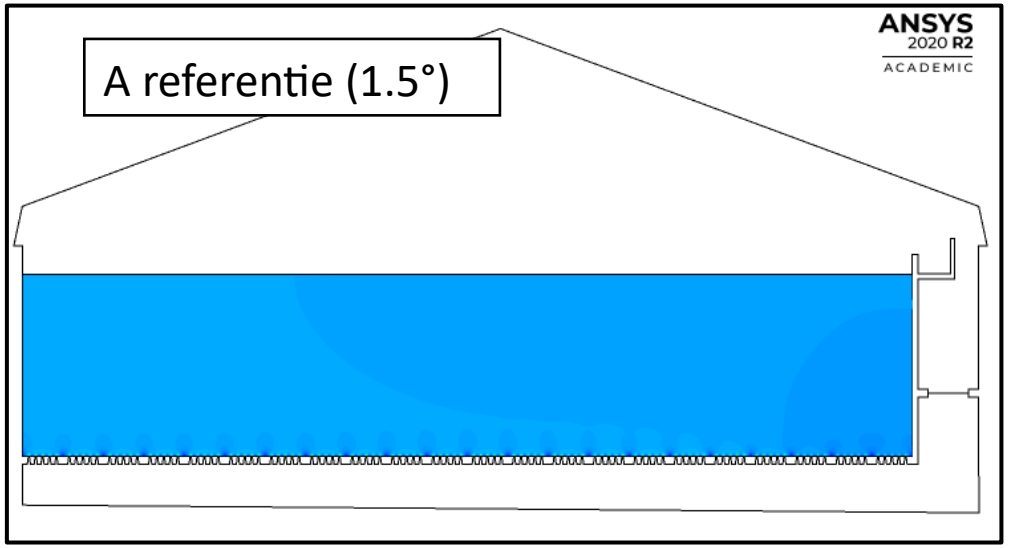
Ventilator 75cm hoger

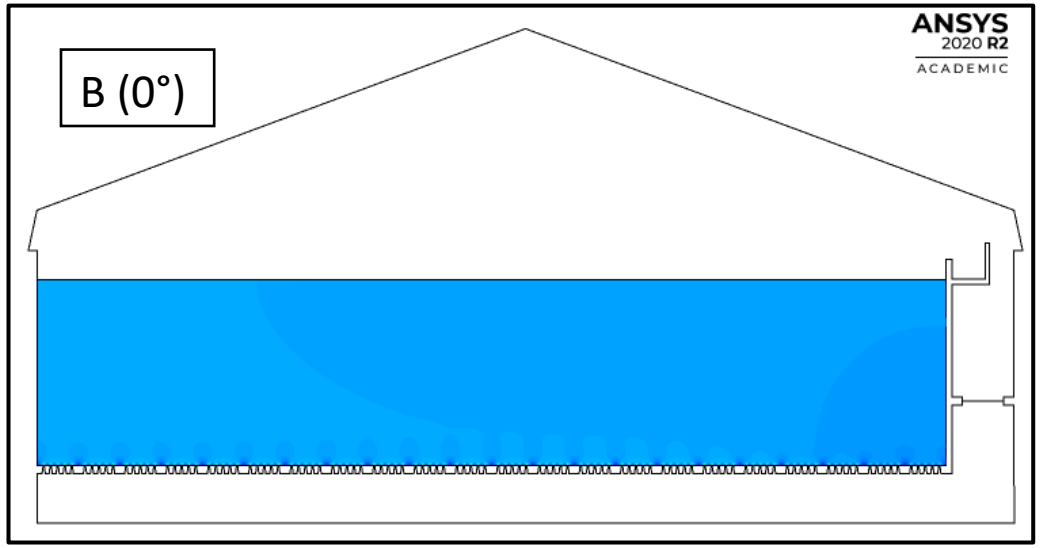


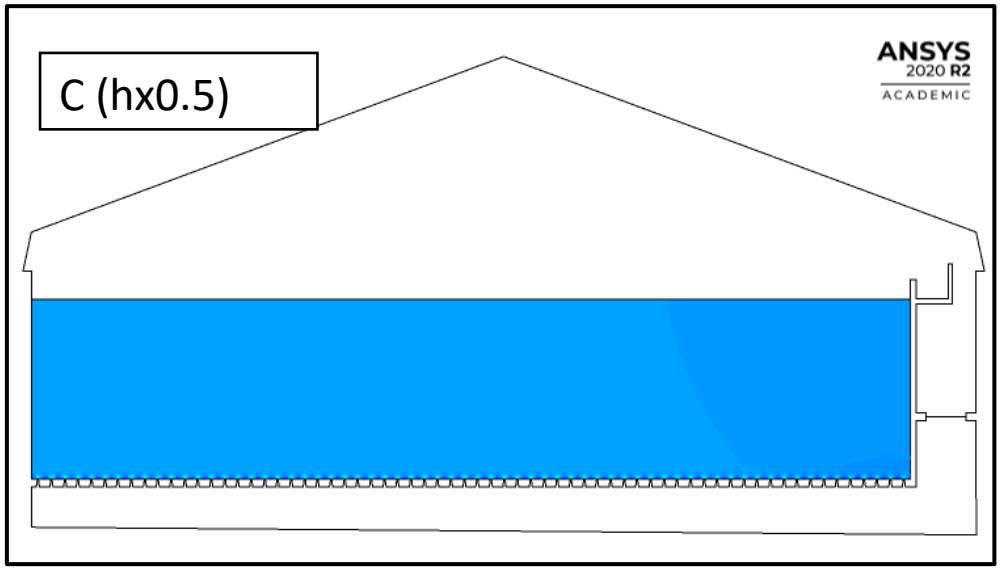


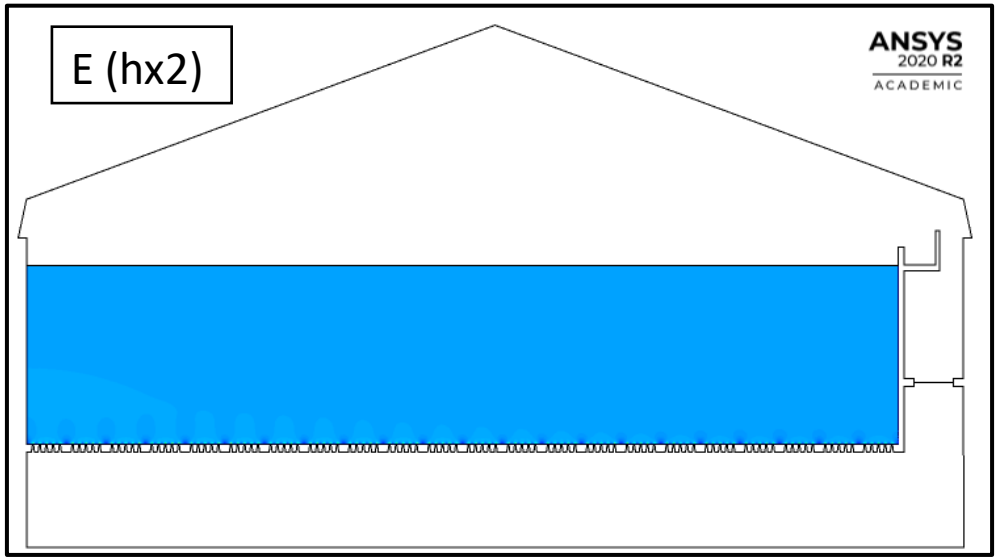
- ✓ Op deze beelden lijken er geen verschillen te zijn
- ✓ Kwantitatief zijn er wel duidelijke verschillen!

Verdeling van de luchtstroomsnelheid doorheen de aardappelhoop

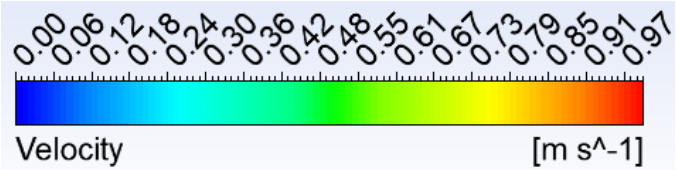








- ✓ Niet-homogene luchtstroom doorheen de hoop
- ✓ E (hoog kanaal) geeft bijna homogene luchtverdeling

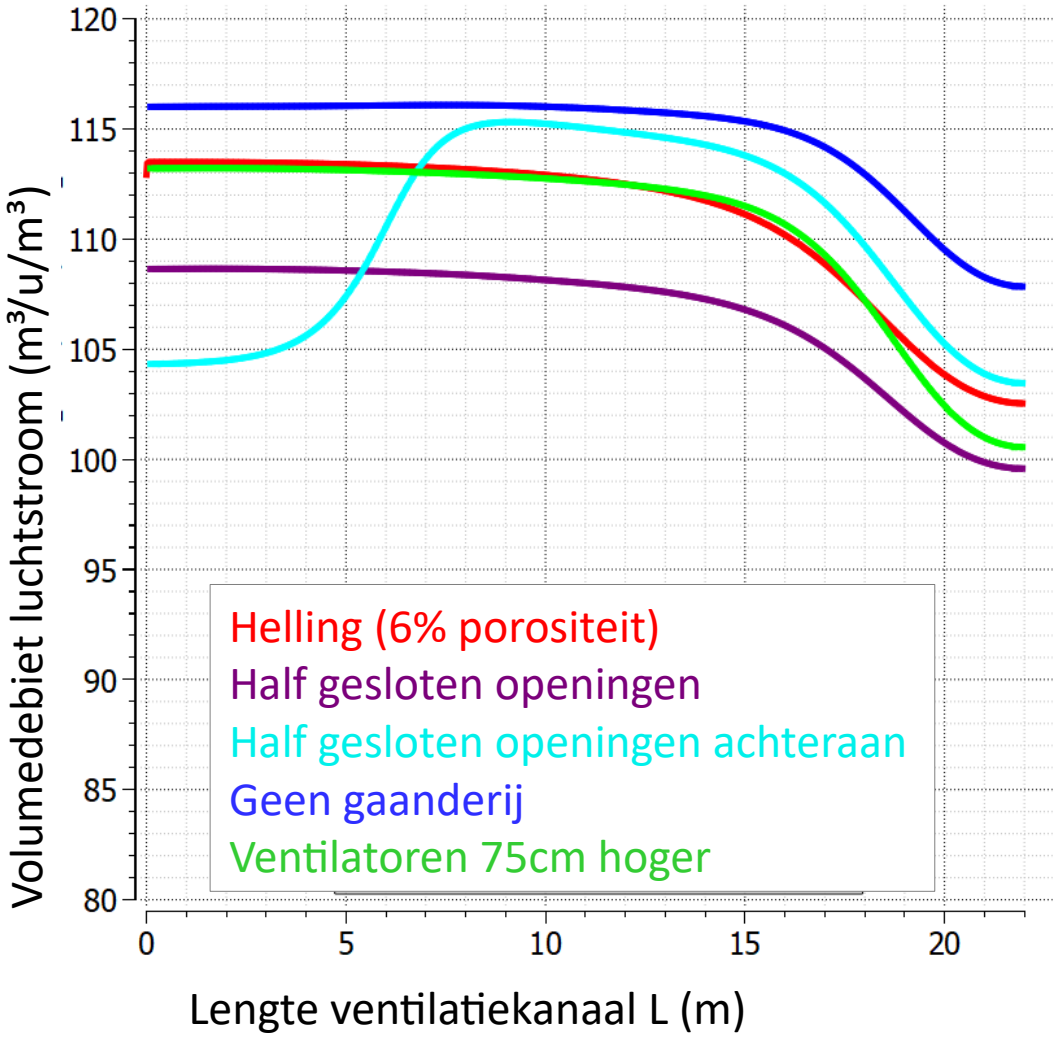


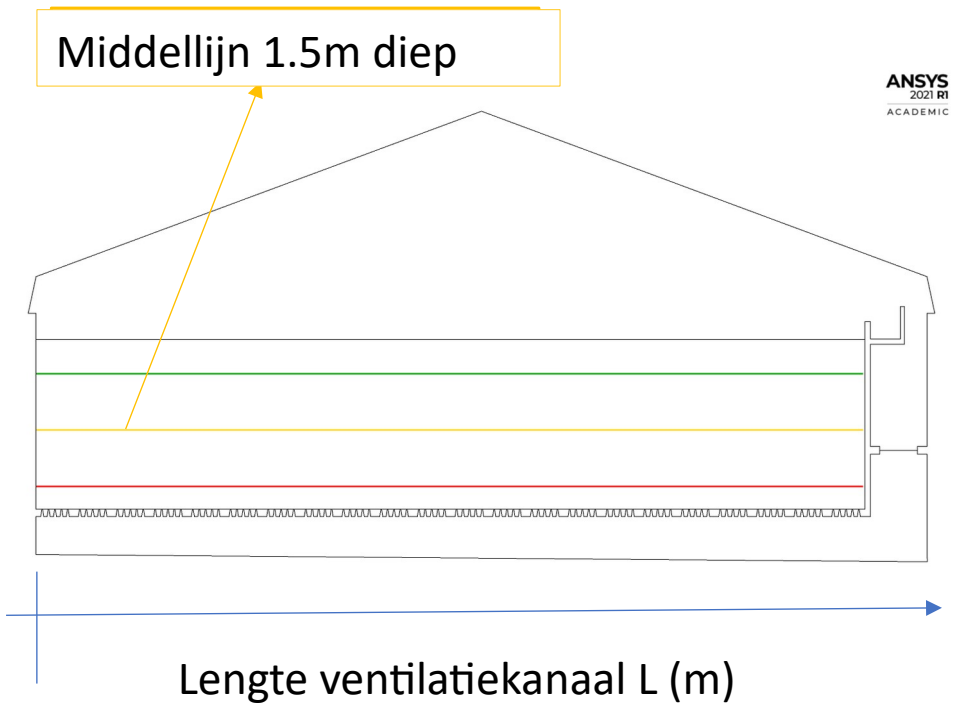
Resultaten kwantitatief
Hoe kijken we naar de volgende slides?

WAT? Luchtdebiet doorheen de aardappelhoop

- Hoe horizontaler de curve, hoe homogener de luchtstroming doorheen de aardappelen, hoe beter de bewaaromstandigheden
- Hoe hoger de curve, hoe energie-efficiënter de ventilatie, hoe lager de ventilatiekost

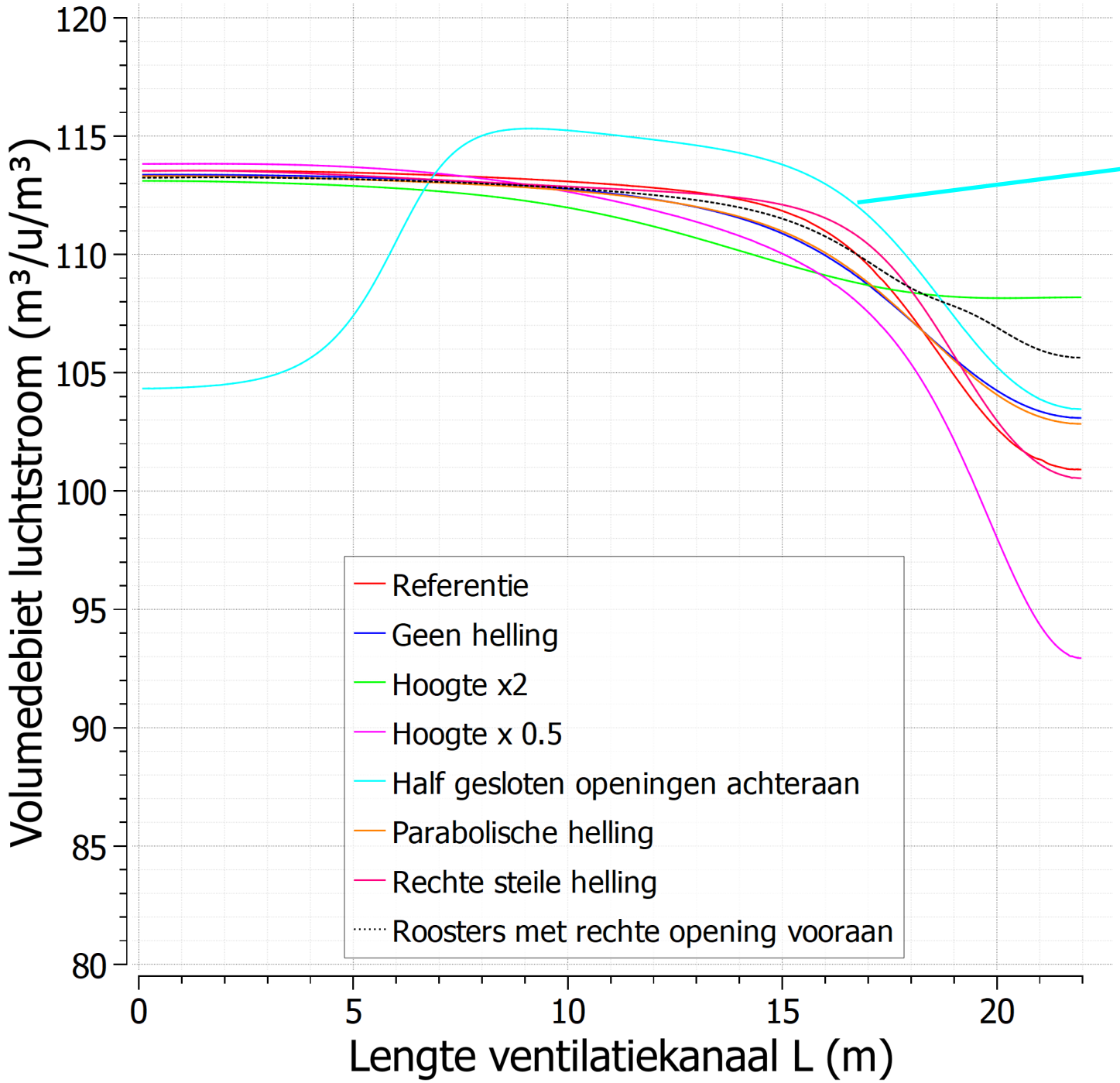
Vergelijking op basis van gemiddeld luchtdebiet – roostervloer en constructie-elementen





- ✓ Half gesloten = te laag debiet, niet uniform
- ✓ Half gesloten achteraan = zeer slecht
- ✓ Effect porositeit is groot! → **KANS**

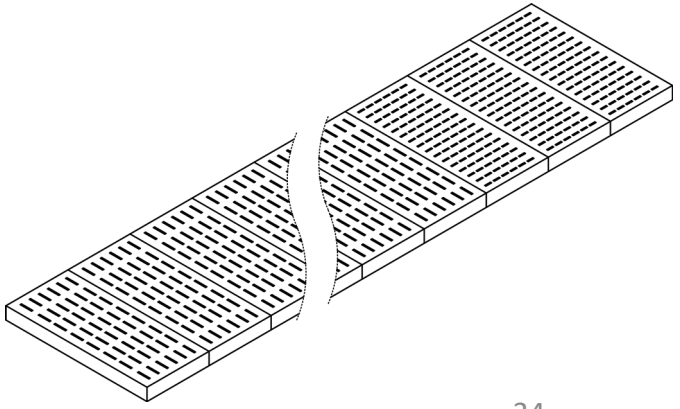
Vergelijking op basis van gemiddeld luchtdebiet

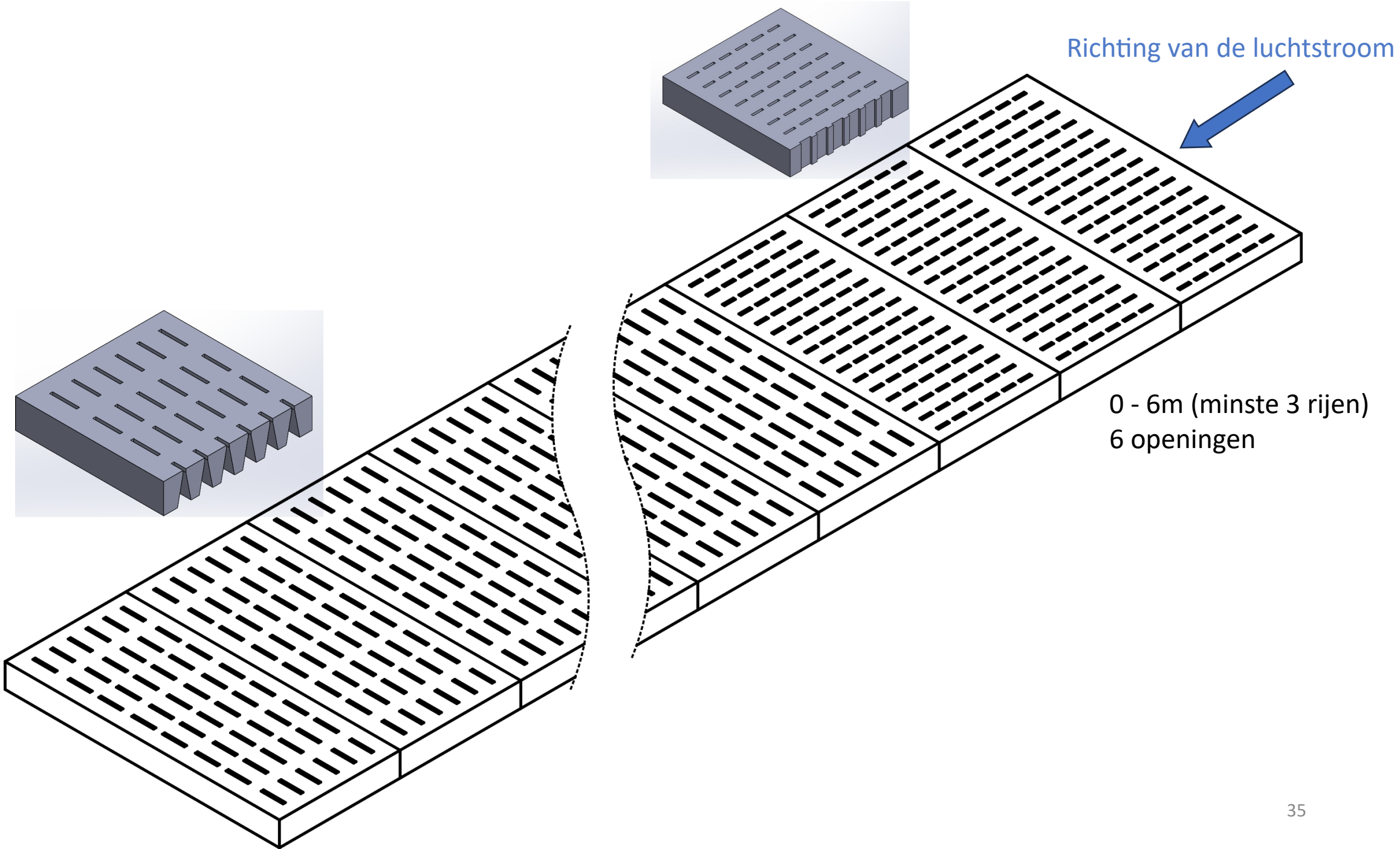


Variabele porositeit roostervloer

- ✓ Configuratie openingen
- ✓ Zonder grote investeringen

1.5m diep in de aardappelhoop




Richting van de luchtstroom
0 - 6m (minste 3 rijen)
6 openingen

Conclusie luchtbeweging

Slimme aardappelbewaring start met een optimale ventilatie

- Een (2x) hoger ventilatiekanaal geeft een meer uniforme verdeling van de luchtstroom doorheen de aardappelen
- De porositeit van de roostervloer (standaard 6% en egaal verdeeld) is een belangrijk ‘werkinstrument’ om homogeniteit te verhogen
- Een hellend ventilatiekanaal zorgt **niet** voor een meer uniforme verdeling van de luchtstroom doorheen de aardappelen

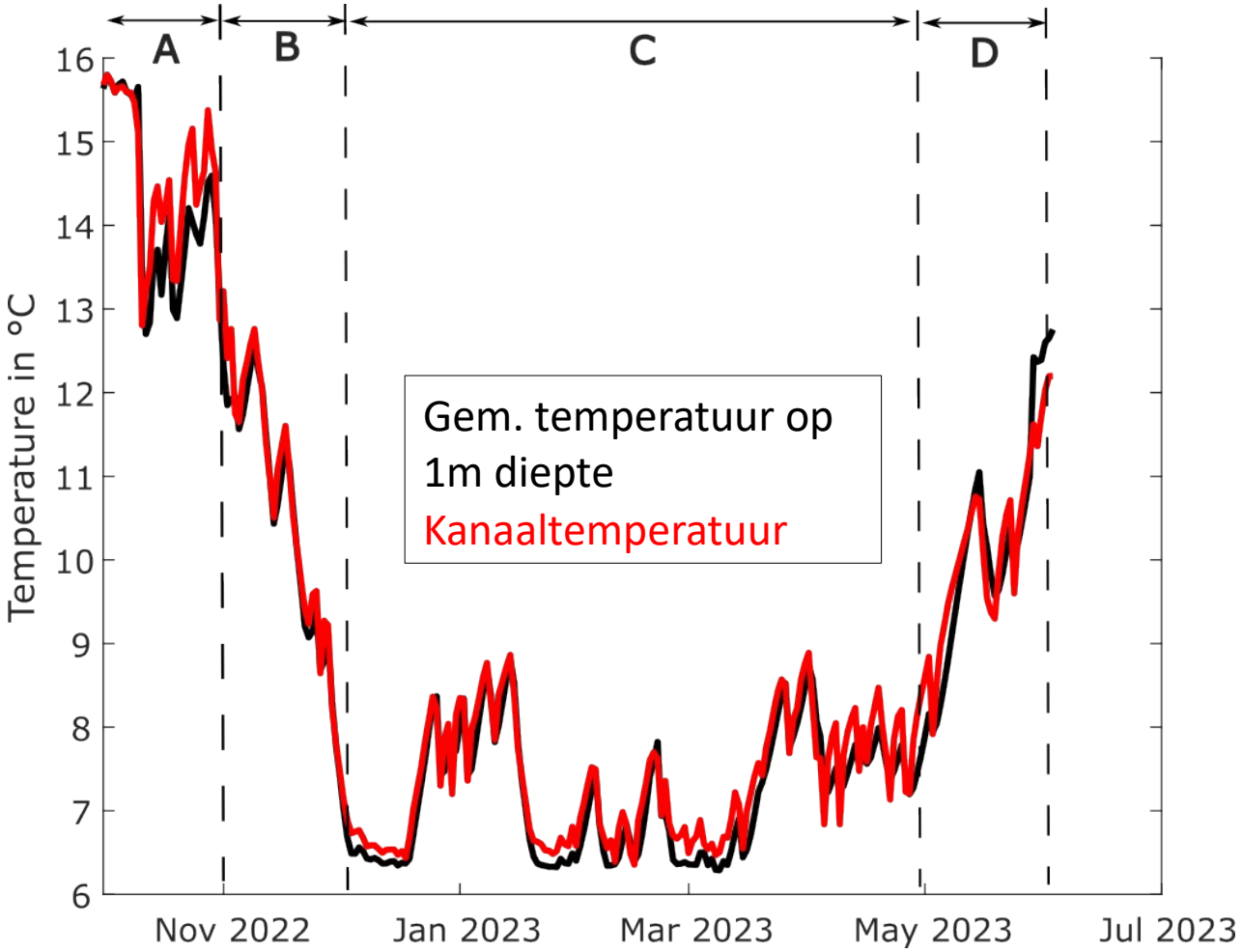
Wat gebeurt er tijdens de bewaring wanneer de knollen ademen?

Focus op warmte-uitwisseling

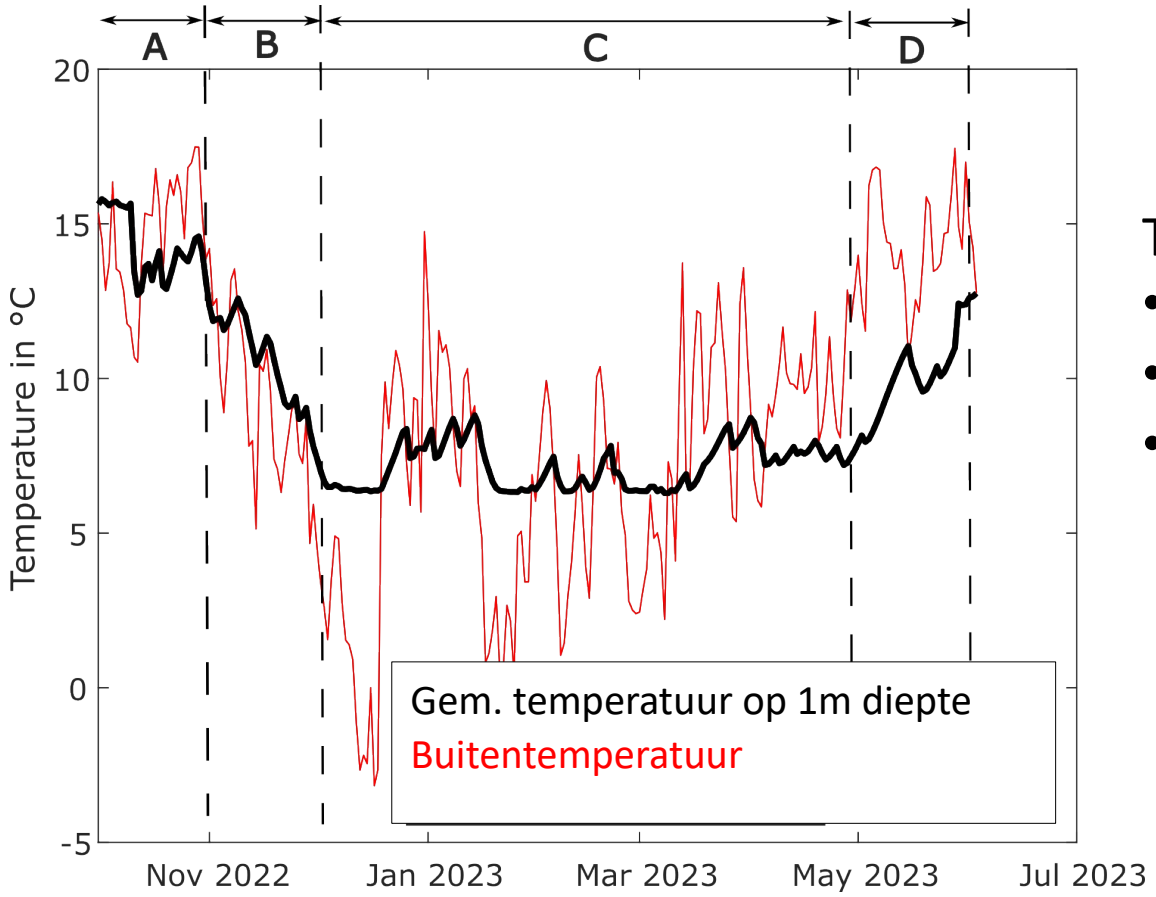
Focus op luchtvochtigheid

Focus op concentratie aan CO_2

Vier bewaarstadia



Vier bewaarstadia – Buiten-T



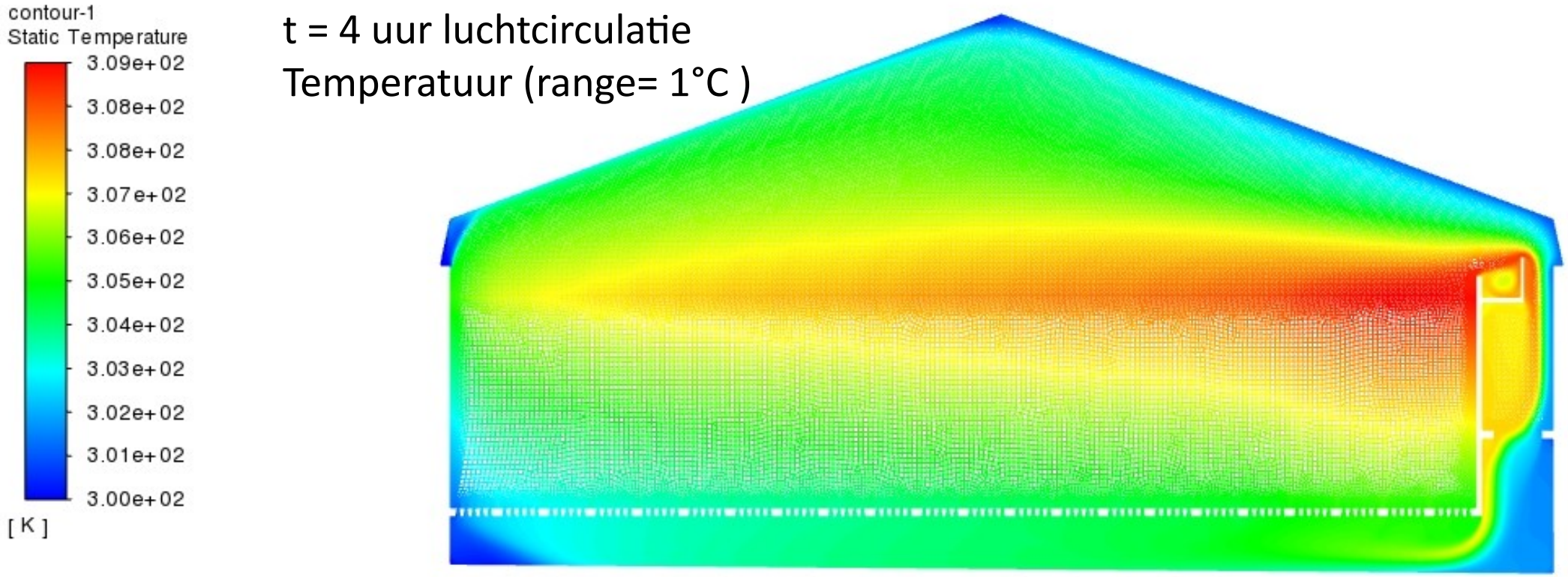
Temperatuursverschil met buiten-T

- A = 2.1 °C
- B = 1.6 °C
- C = 3 °C

Hoofdzakelijk interne luchtcirculatie

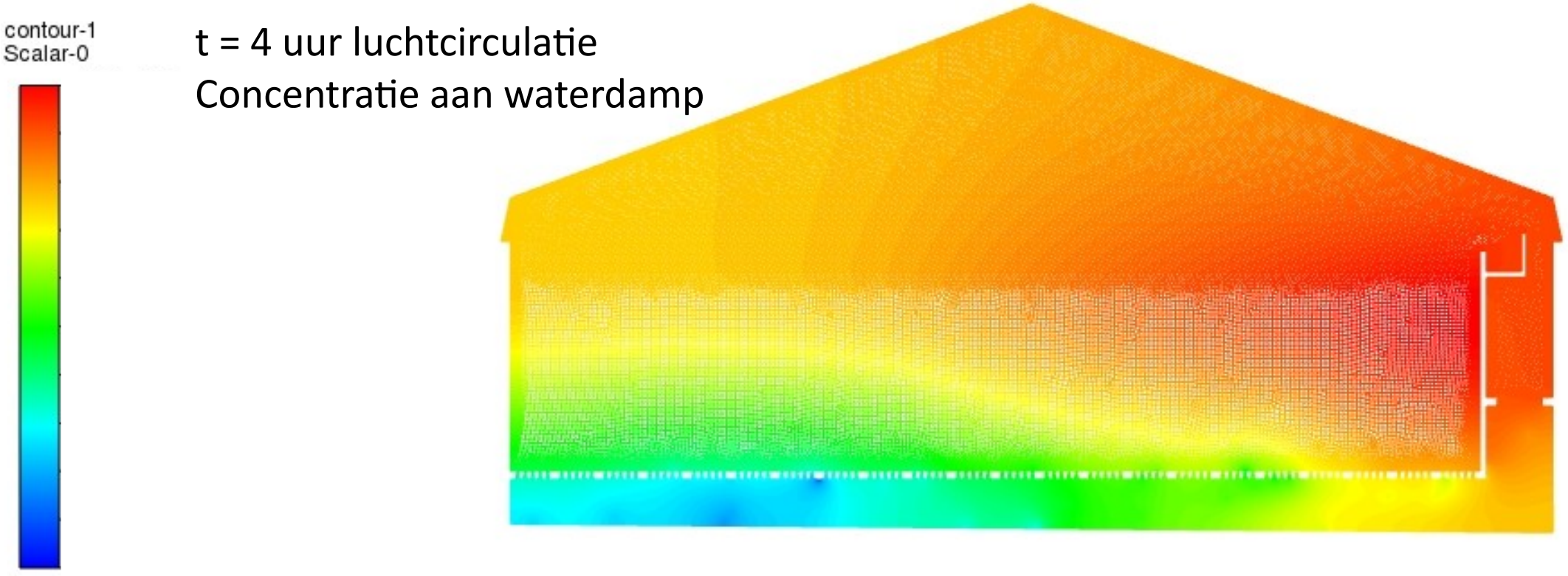
Warmte-uitwisseling: Temperatuursverdeling in de aardappelen

t = 4 uur luchtcirculatie
Temperatuur (range= 1°C)



- ✓ Hogere T in zones van lagere luchtstroming
- ✓ Gekend bij telers
- ✓ We meten dit na in een bewaarloods op verschillende locaties in de aardappelhoop (2024-2025)

Luchtvochtigheid:
Vochtverdeling (H_2O) in de aardappelen



t = 4 uur luchtcirculatie
Concentratie aan waterdamp

- ✓ Hogere luchtvochtigheid in zones van lagere luchtstroming
- ✓ De T loopt er sneller op → hogere respiratie → nog meer vochtproductie
- ✓ Accumulatie van waterdamp

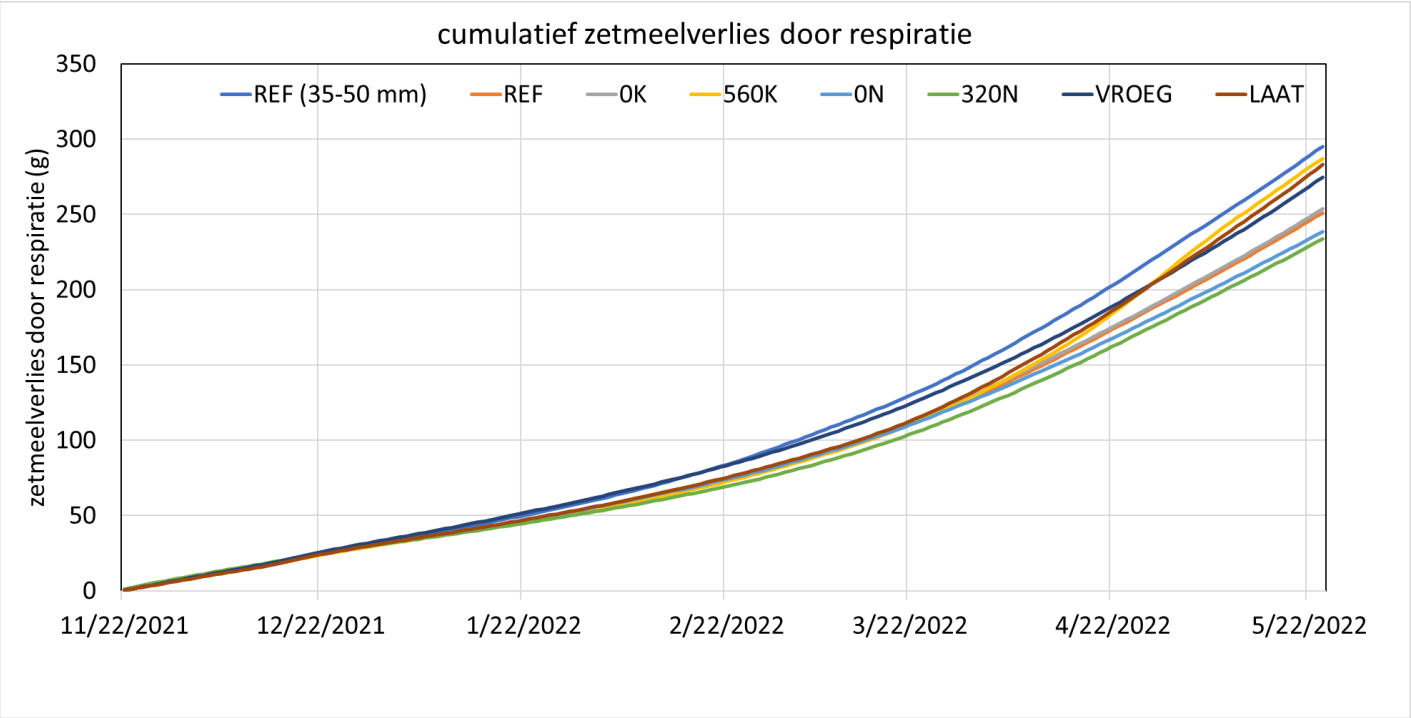
Conclusie

- Het model is bruikbaar om **accuraat** de luchtbewegingen en overdracht van warmte en massa (H_2O, CO_2) in de aardappelhoop te bepalen
- Door **details van de roostervloer** op te nemen in het model, krijgen we diepere inzichten in de luchtverdeling en mogelijke oorzaken voor bewaarproblemen
- Het model kan nu ook het **effect van ademhaling en transpiratie** van de knollen beoordelen

Vooruitzichten

Volgende stappen

- Effect van bewaaromstandigheden op CO_2-productie simuleren
- Volledige warmte- en massa-uitwisseling simuleren op supercomputers
- Respiratiecurves opstellen en inbrengen in het model om [Partijpaspoort] in rekening te brengen



Indien respiratie significant verschilt tussen behandelingen

→ apart respiratiemodel in het CFD-model

→ ander gedrag (warmteontwikkeling, vocht, CO_2)

→ aangepast ventilatieregime

= slimme bewaring

Dankjewel!

Contact:

Petrosdemissie.Tegenaw@ilvo.vlaanderen.be

Veerle.Vanlinden@ilvo.vlaanderen.be

ILVO