



CENTRAAL BUREAU VAN DE TUINBOUWVEILINGEN IN NEDERLAND

EINDRAPPORT

VERVOLG-ONDERZOEK OP VEILING ZON NAAR DE
INVLOED VAN EEN VERLAAGD CIRCULATIEVOUD:

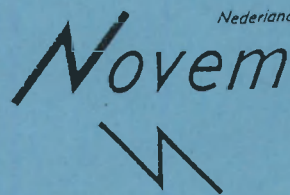
- OP HET ENERGIEVERBRUIK EN
- DE KWALITEIT VAN JONAGOLD APPELEN

Novem-project nr. 331113/2040

"Doorstroming belading koelcellen op veiling ZON"

door: G.J. van Heemst (veiling ZON)
J.C. Mann (CBT)
S.P. Schouten (ATO-DLO)
B.J.C. van der Wekken (TNO-IMET)

ref nr: 93/BE/184
datum : 31 december 1993



ato-dlo



TNO-Milieu en Energie



GRUBBENVORST

Coöperatieve Fruitveiling



„GELDERMALSEN EN OMSTREKEN" B.A.

COÖPERATIEVE VEILING ZUIDOOST-NEDERLAND B.A. (Z.O.N.)

INHOUDSOPGAVE

blz

1.	Inleiding	1
2.	Onderzoek door TNO naar energiebesparing	3
2.1	Toelichting op onderzoek TNO	3
2.2	Temperatuurmetingen	3
2.3	Energieverbruiksmetingen en energiekostenbesparing	5
2.4	Stromingstechnische metingen	6
2.5	Stromingsvisualisatie	9
2.6	Stromingstechnische berekeningen	10
2.7	Conclusies onderzoek TNO	12
2.8	Kostenindicatie TNO berekeningen voor andere cellen	12
2.9	Literatuurverwijzingen	12
3.	Onderzoek door ATO-DLO naar de kwaliteit	13
3.1	Toelichting op onderzoek ATO-DLO	13
3.2	Materiaal en methoden	13
3.3	Resultaten	14
3.3.1a	Gewichtsverlies	15
3.3.1b	Waterverbruik ontdooiwater	16
3.3.2	Rot	16
3.3.3	Kleur	18
3.3.4	Stevigheid	19
3.3.5	Inwendige afwijkingen	21
3.4	Conclusies en discussiepunten onderzoek ATO-DLO	22
3.5	Literatuurverwijzingen	24
4.	Eindconclusies en aanbevelingen	25
4.1	Eindconclusies	25
4.2	Aanbevelingen	26

Bijlagen 1a en 1b: Overzicht bepalingen bij uitslag
en na 2 weken nabewaring

Bijlage 2: Waterverbruik cellen 147 en 148

Fig 2.6.1 t/m 2.6.7: Grid-, snelheids-, temperatuurverdeling

1950827

1. INLEIDING

In 1990/91 is op veiling Geldermalsen in samenwerking met CBT, ATO-DLV, TNO-Milieu en Energie een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van een verminderd luchtdebiet op het energieverbruik en de kwaliteit van appels.

Het onderzoek vond zijn basis in een **TNO-rapport**: Optimalisatie van stroming en belading in koelhuizen middels een numerieke parameter studie (ref nr 90-124) d.d. mei 1990.

Het onderzoek van demonstratie-project nr 31.103/2040 is financieel mogelijk gemaakt door bijdragen van Novem, CBT en veiling Geldermalsen.

De resultaten van het onderzoek op veiling Geldermalsen zijn vastgelegd in een **eindrapport** (ref nr: 91/BE/168) d.d. 10 februari 1992. Dit rapport is verkrijgbaar bij het CBT.

In het onderzoek stonden de volgende onderdelen centraal:

- Toetsing door TNO van de in 1990 opgestelde ontwerpaanbevelingen van een koelcel;
- Meting door TNO van de besparing op ventilatorenergie;
- Beoordeling door ATO en veiling Geldermalsen van de kwaliteitseffecten tgv een verlaging van het luchtdebiet tijdens de bewaarperiode.

Uit het onderzoek kwamen als belangrijkste punten naar voren:

- De ontwerpaanbevelingen van TNO komen vrij nauwkeurig overeen met de praktijk;
- Tijdens de bewaarfase zijn de produkttemperaturen in beide cellen vrijwel gelijk geweest;
- Tijdens de bewaarfase hebben de ventilatoren in de proefcel 30% minder energie gebruikt bij 50% luchtdebiet;
- Een energiebesparing is gerealiseerd van 0,22 - 0,33ct per kg bij een electriciteitsprijs van 10 - 15 ct per kWh;
- De investeringskosten van de proefcel, gebouwd volgens de nieuwe ontwerpaanbevelingen van TNO, zijn gelijk aan een traditionele koelcel;
- Om een goede luchtdoorstroming te realiseren dienen de horizontale palletspleten niet geblokkeerd te zijn. Gelijksoortig fust in een koelcel is van groot belang;
- Er zijn weinig verschillen geconstateerd in fysiologische eigenschappen, zoals gewichtsverlies, rot, inwendige afwijkingen, kleur en stevigheid tussen beide cellen;
- Scald is direct na de uitslag niet geconstateerd, echter wél op Cox's O.P. na 12 dagen nabewaring bij 20°C nl: 5,5% in de controle cel en 9,9% in de proefcel.

In het eindrapport werden 3 aanbevelingen gedaan tot:

- Een vervolgonderzoek, waarbij zowel het energie- als kwaliteits- onderzoek herhaald zou worden;
- Een meer verklarend onderzoek naar scald ontwikkeling;
- Een studie naar luchtsnelheden en metabolieten, die scald ontwikkeling kunnen beïnvloeden.

Het **vervolgonderzoek** kon in 1992/93 uitgevoerd worden, toen veiling ZON 2 identieke koelcellen met een recht plafond voor de proef beschikbaar stelde. In deze koelcellen zijn 2 koelers tegen de achterwand gesitueerd. In de cellen kunnen 5 rijen stapelkasten 9 diep en 7 hoog weggezet worden. In elke cel kan, afhankelijk van het ras, ca 95.000 kg fruit opgeslagen worden.

Het vervolgonderzoek is getiteld: "Doorstroming belading koelcellen op veiling ZON" (Novem-project nr. 331113/204). Financiële bijdragen aan het project zijn verleend door Novem, CBT en veiling ZON. De uitvoering van de project is in handen geweest van TNO, ATO en veiling ZON.

Het project is begeleid door een projectgroep, waarin zitting hadden:

- J.C. Mann (CBT: voorzitter)
- G.J. van Heemst (veiling ZON: secretaris)
- S.P. Schouten (ATO-DLO)
- P.E.L. Soeriwardojo (contactpersoon Novem)
- B.J.C. van der Wekken (TNO)

Door veiling ZON zijn 10 herkomsten van Jonagold geselecteerd. Van elke herkomst is 1 stapelkist met zorg door de betreffende teler geplukt. Na aankomst op de veiling zijn de herkomsten direct in een koelcel geplaatst.

Door ATO-DLO zijn daarna, met hulp van veiling ZON, per herkomst 16 monsterzakjes van 25 vruchten samengesteld. Van de monsterzakjes is het gewicht bepaald. De monsterzakjes zijn vervolgens over 8 stapelkisten verdeeld. De monsters zijn in de bulk van een stapelkist gesitueerd.

De opslag van de monsters is in beide cellen identiek geweest. De monsters zijn in de middelste rij van beide cellen in de 4e en 5e kist van de 4e en 5e stapel geplaatst.

Na de inkoelperiode zijn 2 van de 3 ventilatoren van de koelers in proefcel 148 uitgeschakeld. Bij vragende koeling komen echter alle 3 ventilatoren van de koeler in. De bewaarcondities zijn ingesteld op: temp: 1-2 °C, O₂: 1,3% en CO₂: 4%.

Door TNO zijn in totaal 12 draadloze temperatuuropmeters in de 8 monstercellen geplaatst. In elke cel is ook de lucht intrede en uittrede temperatuur van de 2 koelblokken apart geregistreerd. Elke 15 min heeft een registratie plaats gevonden.

Het elektriciteitsverbruik van de koelerventilatoren is door TNO continue gemeten en vergeleken met de directe uitlezing van de kWh-meters. De energiemeting heeft betrekking op zowel de inkoel- als bewaarperiode. De inkoelperiode heeft geduurd van 1/10/'92 - 21/10/'92. De totale bewaarperiode omvat 27 weken namelijk van 21/10/'92 - 1/5/'93.

Na afloop van de bewaarperiode is door TNO het luchtdebiet door de koelers gemeten bij 100% ventilatorcapaciteit. Met behulp van het rekenpakket PHOENICS is voor beide cellen de stromings- en produkttemperatuurverdeling berekend.

Door veiling ZON zijn dagelijks de hoeveelheden condenswater uit de controlecel 147 en de proefcel 148 gemeten. De temperaturen zijn gecontroleerd en het energieverbruik is regelmatig door medewerkers van veiling ZON vastgelegd.

Door ATO-DLO zijn na de uitslag de volgende bepalingen gedaan:

- vaststellen gewichtsverlies
- beoordelen op bewaarziekten
- bepalen kleur
- bepalen stevigheid
- analyseren op inwendige gebreken
- vaststellen uitstalleven na 2 weken bij nabewaring à 20 °C

2. ONDERZOEK DOOR TNO NAAR ENERGIEBESPARING

2.1 Toelichting op onderzoek TNO

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de temperatuur-, energieverbruiks- en stromingstechnische metingen in twee identieke bewaarcellen van veiling ZON. De cellen zijn gelijkwaardig beladen, maar hebben een verschillend circulatievoud. Verder zijn ook de temperatuurverdeling en luchtsnelheidsverdeling in beide cellen berekend. De resultaten hiervan worden getoond en vergeleken met de meetresultaten.

De twee cellen zijn controlecel 147 en proefcel 148. Elke cel is voorzien van twee koelerblokken. De luchtstroming door elk koelerblok wordt verzorgd door drie ventilatoren bij 100% ventilatorcapaciteit.

Controlecel 147 is gedurende de testperiode steeds op 100% ventilatorcapaciteit ingeregeld, wat volgens de stromingstechnische metingen overeenkomt met een circulatievoud van 77 l/h.

Proefcel 148 is gedurende de bewaarperiode ingesteld op een ventilatorcapaciteit van 33%. Dit houdt in, dat per koelerblok alleen de middelste ventilator werkzaam is. Bij een vragende koeling is de ventilatorcapaciteit van proefcel 148 echter eveneens 100%. Volgens de metingen is het gemiddeld circulatievoud bij het 33% circulatie-regime 54 l/h.

De inslagperiode heeft betrekking op de periode van 1/10 - 15/10/'92. De inkoelperiode is in beide cellen gestart op 1/10/'92. Tijdens de inkoelperiode is de ventilatorcapaciteit van beide cellen 100%. Uit de energieverbruiksregistratie van proefcel 148 volgt, dat op 21/10/'92 de ventilatorregeling overgaat van het 100% naar het 33% regime. Verondersteld wordt, dat de bewaarperiode in beide cellen op 21/10/'92 is gestart. Het energieverbruik van beide cellen gaat vanaf deze datum afwijken. De datum van het einde van de bewaarperiode volgt eveneens uit de verbruiksregistratie en is 1/5/'93.

De hieronder gepresenteerde resultaten van de temperatuur- en energieverbruiksmetingen zijn gebaseerd op de bewaarperiode van 21/10/'92 tot 1/5/'93. Dit is een bewaarperiode van 27 weken.

2.2 Temperatuurmetingen

Op vier locaties wordt in elke cel de produkttemperatuur geregistreerd. De cellen zijn ingedeeld in 5 rijen met stapelkisten. Elke rij is weer opgebouwd uit 9 stapelkisten in lengterichting, waarbij in de hoogte een stapeling van 7 kisten wordt gehanteerd. Alleen bij de koelerblokken, die tegen de achterwand zijn gesitueerd, wordt een stapelhoogte van 6 kisten aangehouden. De produkttemperaturen worden gemeten in vier stapelkisten van de middelste rij (gezien vanuit intrede van de koeler). De stapelkisten zijn 4 en 5 hoog gesitueerd in de 4^{de} en 5^{de} stapel van de middelste rij. Er zijn 6 temperatuuropnemers geplaatst. Dat betekent, dat in twee stapelkisten elk twee opnemers zijn ondergebracht en in twee stapelkisten elk één opnemer (zie tabel 2.2.1 en 2.2.2).

In elke cel is bovendien de lucht intrede en uittrede temperatuur van de twee koelerblokken apart geregistreerd.

De lucht- en produkttemperaturen worden gemeten met standalone temperatuurrecorders. Deze recorders bestaan uit een temperatuursensor, een RAM geheugeneenheid en een ingebouwde voeding. Hiermee is het mogelijk om zonder draadverbinding tussen het in- en uitwendige van de cel de temperaturen te registreren. Bij een cel met een gecontroleerde atmosfeer (CA-bewaring) heeft dit grote voordelen, omdat het gevaar van lucht lekkage bij kabeldoorvoeren door de celwanden vermeden wordt. De nauwkeurigheid van deze recorders is in de orde van 0,1 - 0,2 K. De registraties vonden iedere 15 minuten plaats.

De resultaten van de produkttemperatuurregistraties tijdens de bewaarperiode van 21/10/'92 tot 1/5/'93 (27 weken) zijn weergegeven in de tabellen 2.2.1.a en 2.2.2.a voor de cellen 147 en 148.

Tabel 2.2.1.a Produkttemperaturen in controlecel 147
(100% ventilatorcapaciteit).

Locatie middelste rij	Recorder Tui No.	Gem. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	St.dev. (K)
4 ^{de} stapel 4 hoog	11890644	1,9	1,7	2,2	0,1
4 ^{de} stapel 5 hoog	11890656	2,0	1,9	2,2	0,1
5 ^{de} stapel 4 hoog	11890670 11890649	1,8 1,9	1,7 1,8	2,0 2,1	0,1 0,1
5 ^{de} stapel 5 hoog	11890668 11890658	1,8 2,6	1,7 2,0	2,0 3,1	0,1 0,3

Uit de metingen blijkt, dat de recorder met Tui No. 11890658 een relatief hoge gemiddelde temperatuur van 2,6°C en een relatief grote standaard deviatie van 0,3 K registreert. Aangenomen wordt dat deze temperatuurrecorder niet correct gefunctioneerd heeft.

Tabel 2.2.2.a Produkttemperaturen in proefcel 148
(33% ventilatorcapaciteit).

Locatie middelste rij	Recorder Tui No.	Gem. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)	St.dev. (K)
4 ^{de} stapel 4 hoog	11890645	1,6	1,5	1,8	0,1
4 ^{de} stapel 5 hoog	11890674	1,6	1,4	1,8	0,1
5 ^{de} stapel 4 hoog	11890654 11890669	1,5 1,5	1,4 1,3	1,7 1,7	0,1 0,1
5 ^{de} stapel 5 hoog	11890659 11890650	1,8 1,6	1,6 1,4	1,9 1,7	0,1 0,1

De geregistreeerde produkttemperaturen kunnen als volgt samengevat worden:

	gem temp (°C)	min temp (°C)	max temp (°C)	st dev (K)
cel 147 (100% vent cap)	1.8-2.0	1.7-1.9	2.0-2.2	0.1
cel 148 (33% vent cap)	1.5-1.8	1.3-1.6	1.7-1.9	0.1

Conclusie: - De temperaturen in het produkt hebben in beide cellen gevarieerd in de orde van 0.2 - 0.3 K.

De resultaten van de luchttemperatuurregistraties zijn weergegeven in de tabellen 2.2.1.b en 2.2.2.b voor de cellen 147 en 148.

Tabel 2.2.1.b Luchttemperaturen in controlecel 147

Locatie koeler	Recorder Tui No.	Gem. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)
Uittrede	11900680	1,25	0,0	2,5
	11910002			
Intrede	11900692	1,7	1,2	2,2
	11900689			

Tabel 2.2.2.b Luchttemperaturen in proefcel 148

Locatie koeler	Recorder Tui No.	Gem. (°C)	Min. (°C)	Max. (°C)
Uittrede	11900680	1,1	0,0	2,2
	11910002			
Intrede	11900692	1,5	1,3	1,7
	11900689			

De geregistreeerde luchttemperaturen kunnen als volgt samengevat worden:

	gem temp (°C)	min temp (°C)	max temp (°C)	st dev (K)
cel 147 (uit - in)	1.25-1.7	0.0-1,2	2,5-2,2	-
cel 148 (uit - in)	1.1 -1.5	0.0-1.3	2.2-1.7	-

- Conclusies:
- De gemiddelde intrede en uittrede lucht van de koelers is in proefcel 148 is 0.0 - 0.3 K lager geweest dan in controlecel 147.
 - De koeler intrede en uittrede temperaturen blijken niet goed bepaalbaar te zijn uit de temperatuurregistraties. De koeler is vragend enkele perioden per uur gedurende enkele minuten. De bemonsteringstijd van 15 minuten is hierdoor te lang voor een correcte temperatuurregistratie.
 - De gemiddelde lucht intrede en uittrede temperaturen zijn eenvoudig bepaald door middeling van de maximale en minimale temperatuur tijdens een cyclus met en zonder koeling.

2.3 Energieverbruiksmetingen en energiekostenbesparing

Naast de temperatuurmetingen is continu het elektriciteitsverbruik van de koelerventilatoren gemeten. Deze meting is uitgevoerd met een speciaal voor dit doel door TNO gebouwde 16 kanaals logical unit met periodieke registratie van de relevante informatie op printstroken (per 24 uur en cumulatief). De nauwkeurigheid van deze registratie is groot. De registratie van het elektriciteitsverbruik van de koelerventilatoren is vergeleken met de directe uitlezing van kWh-meters. De afwijking is minder dan 1 promille.

De elektriciteitsverbruiksmetingen van de koelerventilatoren hebben eveneens betrekking op de bewaarperiode van 21/10/'92 tot 1/5/'93 (= 27 weken).

Het energieverbruik van de ventilatoren van controlecel 147 is 4.713 kWh geweest. Bij proefcel 148 is een energieverbruik van de ventilatoren van 1.778 kWh geregistreerd. Het elektriciteitsverbruik van de koelerventilatoren van proefcel 148 komt daardoor uit op 38% van het elektriciteitsverbruik van cel 147. Dit betekent dat, bij een instelling van 33% van de ventilatorcapaciteit van proefcel 148, de resterende 5% verbruikt wordt door de ventilatoren tijdens de 100% instelling, wanneer de koeling vragend is.

Proefcel 148 verbruikt 2.935 kWh of 62% minder elektriciteit voor aandrijving van de ventilatoren dan controlecel 147. Deze energie komt in de cel vrij en moet vervolgens weggekoeld worden.

Uitgaande van een gemiddelde koudefactor van 1.2 [1] betekent dit een additionele energiebesparing van $2.935 \text{ kWh} / 1.2 = 2.446 \text{ kWh}$. De totale besparing aan ventilatorenergie komt hiermee op $2.935 + 2.446 = 5.381 \text{ kWh}$ tijdens een bewaarperiode van 27 weken.

Uit het energieverbruik van de ventilatoren kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Conclusies: - Het energieverbruik van de ventilatoren in proefcel 148 is 62% lager geweest dan in cel 147 nl:
- | | |
|----------|---|
| .cel 147 | 4.713 kWh |
| .cel 148 | 1.778 kWh (= 38% t.o.v. cel 147) |
| Vershil | <u>2.935 kWh</u> (= -62% electriciteit) |
- Bij een koudefactor van 1.2 komt de additionele energiebesparing uit op: $2.935 / 1.2 = 2.446 \text{ kWh}$.
 - Een totale besparing aan ventilatorenergie komt neer op $2.935 + 2.446 = \underline{5.381 \text{ kWh}}$.
 - Bij een electriciteitsprijs van $f 0,10$ à $f 0,15$ per kWh is een energiebesparing bereikt van: $f 538,10$ à $f 807,15$. Dit komt neer op een energiebesparing van: 0.6 à 0.9 ct/kg per 27 weken.

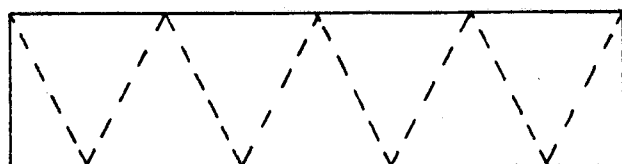
2.4 Stromingstechnische metingen

Na afloop van de bewaarperiode is in de cellen 147 en 148 het luchtdebiet door de koelers gemeten door middel van snelheidsmetingen over het koeleroitblaasoppervlak. Daarbij is gebruik gemaakt van een DANTEC anemometer, type 54N60. Uit ijkingen is gebleken dat de maximale afwijking tussen de werkelijke en aangegeven waarde $dV_{\max} = 1.1\%$ bedraagt in de range van de gemeten snelheden.

Het luchtdebiet is in beide cellen gemeten bij een ventilatorcapaciteit van 100%. Om het luchtdebiet te bepalen zijn integratiemetingen uitgevoerd. Dit houdt in dat over een vaste, in te stellen tijdsduur, (in deze metingen 60 sec.) het meetapparaat automatisch een aantal snelheidsmetingen uitvoert.

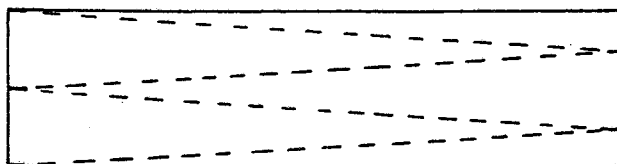
Elke seconde wordt een meting verricht. De metingen worden vervolgens (automatisch) gemiddeld. Vermenigvuldiging met het koeleruitblaspoppervlak geeft dan het luchtdebiet.

Tijdens de integratiemetingen is de snelheidsmeter langzaam over het koeleruitblaspoppervlak bewogen volgens een vast patroon, zie figuur 2.4.1. Deze bewegingssnelheid is zeer laag in vergelijking met de gemeten luchtsnelheden. Bovendien is de bewegingsrichting loodrecht op de (vereiste) aanstroomrichting van de snelheidsmeter, waardoor de beïnvloeding van de beweging op de meting verwaarloosbaar klein is.



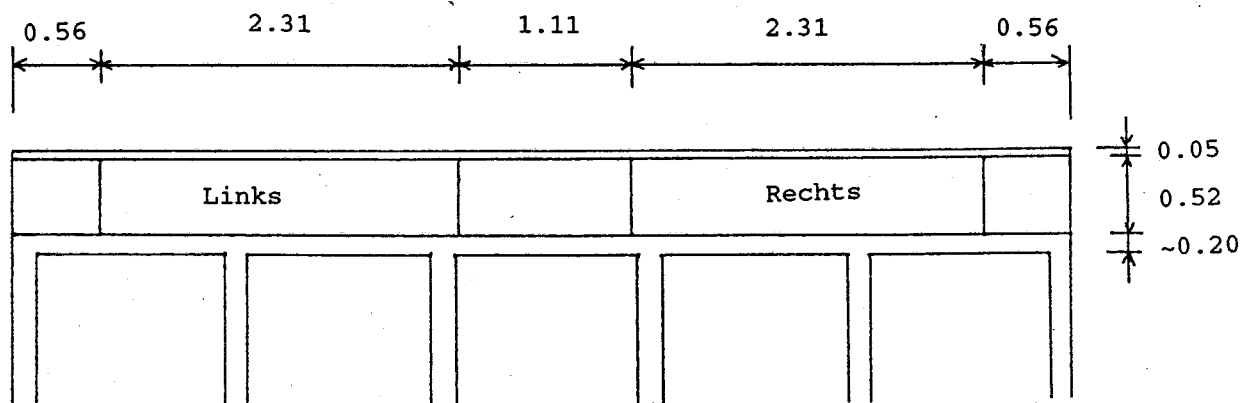
Figuur 2.4.1: Bewegingspatroon snelheidsmeter bij eerste meting

Iedere integratiemeting is een keer herhaald volgens een ander patroon van beweging over het koelerooppervlak, zie figuur 2.4.2. Geschat wordt dat de afwijking tussen werkelijk en op deze wijze gemeten koelerdebiet kleiner dan 10% is.



Figuur 2.4.2: Bewegingspatroon snelheidsmeter bij herhaalde meting

Het aanzicht van het koeleruitstroomoppervlak van beide cellen is getekend in figuur 2.4.3. gezien vanaf de voorzijde (ingang) van de koelcel. De twee te onderscheiden delen van het uitstroomoppervlak zijn genummerd met L(inks) en R(echts). Voor beide delen is het luchtdebiet bepaald.



Figuur 2.4.3: Aanzicht koeleruitstroomoppervlak

De resultaten van de metingen in de controlecel 147 en proefcel 148 zijn vermeld in de tabellen: 2.4.1. en 2.4.2.

Tabel 2.4.1 Luchtdebiet aan koeleruitblaaszijde bij cel 147

Deeloppervlak	snellheid	luchtdebiet
	m/s	m ³ /s
L	3,56	4,58
L herh.	3,52	4,53
R	3,48	4,48
R herh.	3,43	4,42
Gem.	3,50	4,50
Gem. totaal luchtdebiet = 9,01 m ³ /s = 32.420,0 m ³ /h		

Tabel 2.4.2 Luchtdebiet aan koeleruitblaaszijde bij cel 148

Deeloppervlak	snellheid	luchtdebiet
	m/s	m ³ /s
L	3,40	4,38
L herh.	3,25	4,18
R	3,49	4,49
R herh.	3,32	4,27
Gem.	3,37	4,33
Gem. totaal luchtdebiet = 8,66 m ³ /s = 31.180,0 m ³ /h		

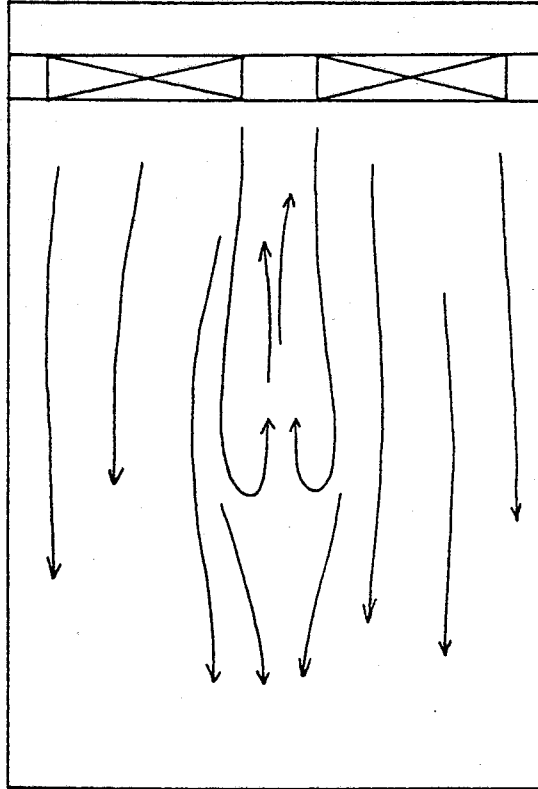
De meetresultaten van het *luchtdebebiet* aan de koeleruitblaaszijde bij 100% ventilatorcapaciteit kan als volgt samengevat worden:

luchtdebiet:	1 koeler		2 koelers	
	min (m ³ /s)	max (m ³ /s)	gem (m ³ /s)	gem (m ³ /s)
controlecel 147	4.42	4.58	4.50	9.01
proefcel 148	4.18	4.49	4.33	8.66

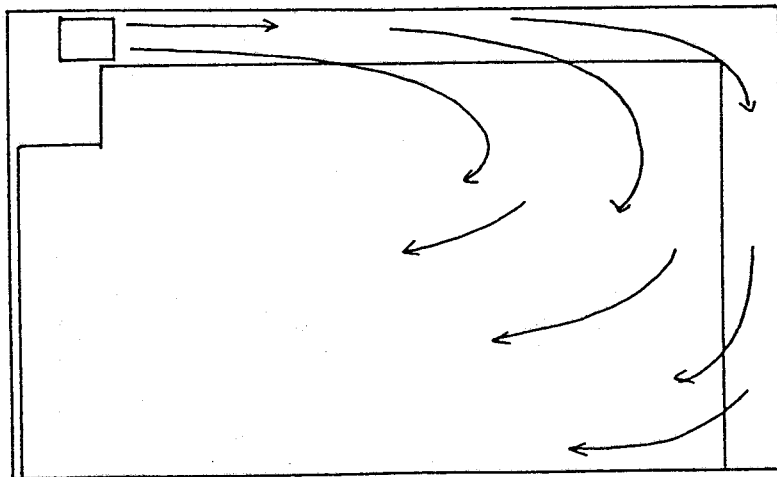
Conclusies: - Het luchtdebiet in beide cellen is vrijwel even groot bij een ventilaticapaciteit van 100%.
- Herhaalde metingen in controlecel 147 resp proefcel 148 leveren vrijwel dezelfde waarden op als de eerste metingen. De afwijking tussen eerste en de herhaalde meting bedraagt maximaal 1,4% resp 5%.

2.5 Stromingsvisualisatie

Het stromingspatroon in beide cellen is bepaald door middel van rookproeven. De visuele waarnemingen zijn vastgelegd in figuren 2.5.1 en 2.5.2.



Figuur 2.5.1: Gemeten stromingspatroon boven het produkt (bovenaanzicht, 100% ventilatorcapaciteit)



Figuur 2.5.2: Gemeten stromingspatroon in langsdoorsnede (zijaanzicht, 100% ventilatorcapaciteit)

Aan de hand van de visuele waarnemingen kan men over het stromingspatroon de volgende conclusies trekken:

- Het stromingspatroon blijkt in beide cellen vrijwel hetzelfde te zijn.
- Boven het produkt blijkt tussen beide koelerblokken een smal, maar langgerekt wervelgebied aanwezig te zijn, veroorzaakt door de niet uniforme uitstroming over de breedte van de cel. Op zich hoeft dit geen ongewenste situatie op te leveren zolang de stroming door het produkt gelijkmatig is.
- De worp van de ventilatoren is ver: een groot deel van de lucht bereikt de ruimte aan de voorzijde van de cel.
- De stroming wordt niet ongunstig beïnvloed door het verschil in de breedte van de spleet aan de voor- en achterzijde van de cel.

NB: Bij veiling Geldermalsen [1] werd als ontwerpregel gehanteerd, dat de spleet aan de voorzijde gelijk diende te zijn aan de spleet aan de achterzijde. Hier betrof het echter een cel met verlaagd plafond.

2.6 Stromingstechnische berekeningen

Met behulp van het rekenpakket PHOENICS is voor beide cellen de stromings- en produkttemperatuurverdeling berekend.

In het PHOENICS-pakket wordt het domein (in dit geval de koelcel) opgedeeld in een groot aantal rechthoekige blokjes, de elementen. Deze gridverdeling is getekend in figuur 2.6.1.

Voor ieder element wordt de balans van binnenkomende en uitgaande hoeveelheid massa, impuls en warmte bijgehouden. De te berekenen grootheden worden dan per element zo vastgesteld, dat in alle elementen deze balansen gelijktijdig in evenwicht zijn (in feite de wet van behoud van massa, impuls en energie, toegepast op elk element). De berekende grootheden zijn per element constant verondersteld. Dit leidt tot een discrete benadering van de werkelijke verdeling van de grootheden.

Eén van de uitgangspunten bij de opzet van het PHOENICS-model is dat de palletbelading in langsrichting in reeksen naast elkaar in de koelcel is geplaatst, waarbij de spleten tussen deze reeksen gelijk zijn. In dat geval is de plaatsing van de palletbelading symmetrisch.

Voor het rekendomein is daarom de helft van een reeks pallets met de helft van de aangrenzende spleet genomen. Het midden van de reeks pallets en het midden van de spleet worden beschouwd als een symmetrievlak. Deze symmetrieveronderstelling heeft als voordeel, dat het totaal aantal gridpunten aanzienlijk kan worden beperkt. Daardoor kunnen de rekentijden binnen acceptabele grenzen blijven. Op deze wijze wordt een volledig driedimensionaal stromingsbeeld berekend. Mogelijke zijwand-effecten, zoals die in de praktijk kunnen optreden, worden echter niet in rekening gebracht.

Ook het langgerekte wervelgebied, dat bij de stromingsvisualisatie is gevonden, kan door deze opzet niet door het rekenmodel worden berekend.

De koeler is gemodelleerd als een "blok" met een instroom- en uitstroomopening. Bij de uitstroomopening stroomt een hoeveelheid lucht uit de koeler. Deze hoeveelheid lucht en de luchttemperatuur zijn bepaald uit de stromingstechnische metingen (hoofdstuk 2.4).

Voor controlecel 147 kunnen daarvoor de gemeten snelheden worden gebruikt.

Proefcel 148 is echter gedurende de bewaarperiode ingesteld op een ventilatorcapaciteit van 33%, behalve als de koeling vragend is.

Uit de resultaten van de vermogensmeting is bepaald, dat in proefcel 148 de gemiddelde uitblaassnelheid 70% van de "100%-instelling" bedraagt, bij een verondersteld gelijkblijvend ventilatorrendement. Deze waarde is in de berekeningen gebruikt.

Voor de berekening van de produkttemperaturen is van het volgende model uitgegaan:

In de palletbelading wordt door het fruit warmte geproduceerd. Een deel van deze warmte wordt in de palletbelading overgedragen van het fruit naar de doorstromende lucht. Een ander deel van de warmte wordt naar de zijwanden van de palletbelading geleid en daar op de langsstromende lucht overgedragen.

De rekenresultaten van de snelheidsberekeningen zijn weergegeven in de bijlagen: figuren 2.6.2 en 2.6.3 (controlecel 147) en figuren 2.6.5 en 2.6.6 (proefcel 148).

Uit de *snelheidsberekeningen* kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Het stromingsbeeld verandert nauwelijks bij een verlaging van het koelerdebiet.
- De werp blijkt in een vergelijking met de stromingsvisualisatie (figuur 2.5.2), in de praktijk wat groter te zijn dan in de berekeningen.
- De overeenstemming tussen visualisatie en berekeningen is verder redelijk tot goed.

De rekenresultaten van de produkttemperaturen zijn weergegeven in de bijlagen: figuur 2.6.4 (controlecel 147) en figuur 2.6.7 (proefcel 148).

Uit de *temperatuurberekeningen* kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- De produkttemperaturen hebben, in het gebied waar de metingen zijn uitgevoerd, gevarieerd van:

	berekend	gemeten
. controlecel 147	1.5 - 1.9°C	1.7 - 2.2°C
. proefcel 148	1.4 - 1.8°C	1.3 - 1.9°C

- De produkttemperatuur is sterk afhankelijk van de plaats in de kisten.
- De berekende waarden volgens het PHOENICS model stemmen goed tot zeer goed overeen met de gemeten waarden.

2.7 Conclusies onderzoek TNO

- Een verlaging van het circulatievoud van 77 l/h (100% regime) naar 54 l/h (33% regime) heeft géén waarneembare invloed op de produkttemperatuur en produkttemperatuurverdeling.
- Een verlaging van het circulatievoud van 77 l/h naar 54 l/h betekent bij een elektriciteitsprijs van f 0,10 à f 0,15 per kWh een kostenbesparing van 0.6 à 0.9 ct/kg per 27 weken.
- De stromingsverdeling blijkt voor beide circulatieregimes vrij gunstig te zijn. Er is geen verschil in stromingsbeeld waargenomen tussen beide regimes.
- De berekende waarden volgens het PHOENICS model stemmen goed tot zeer goed overeen met de gemeten waarden.

2.8 Kostenindicatie berekeningen TNO voor andere cellen

- De kosten van de stromings- en temperatuurberekeningen van een cel met dezelfde geometrie als de proefcellen, bedragen voor de eerste berekening ca f 6.000,-- en voor elke volgende berekening ca f 2.500,-- inclusief rapportage en kleurenplots. De benodigde invoer bestaat uit het koeler uitblaasdebiet, de uitblaastemperatuur en de produktgegevens.
- De kosten van de stromings- en temperatuurberekeningen van een cel met een afwijkende geometrie bedragen voor de eerste berekening ca f 10.000,--. Voor elke volgende berekening wordt ca f 2.500,-- inclusief rapportage en kleuren-plots begroot. De benodigde invoer bestaat uit geometrie-gegevens, het koeler-uitblaasdebiet, de uitblaastemperatuur en de produktgegevens.

2.9 Literatuurverwijzingen

- [1] J.M. van Eijden-van Overbeeke, R.J.M. van Gerwen, J.C. Mann en S.P. Schouten:
Onderzoek naar de invloed van het luchtdebiet op energieverbruik en de kwaliteit van appels in een proefcel met een verlaagd plafond,
Novem-demonstratieproject nr.31.103/2040 op veiling Geldermalsen (ref nr: CBT: 91/BE/168).
- [2] H. van Oort en R.J.M. van Gerwen:
Optimalisatie van stroming en belading in koelhuizen middels een numerieke parameterstudie (ref nr: TNO: 90-124).

3. ONDERZOEK DOOR ATO-DLO NAAR DE PRODUKTKWALITEIT VAN JONAGOLD

3.1 Toelichting op onderzoek ATO-DLO

In samenwerking met TNO, CBT en ATO-DLO zijn in de jaren 80 computermodellen ontwikkeld voor de berekening van de luchtstroming en de produkttemperatuur in fruitkoelcellen.

Deze modellen zijn gebruikt voor ontwerpaanbevelingen van enkele nieuwe cellen, die in 1990 op de veiling Geldermalsen zijn gebouwd.

Gedurende het seizoen 1990/1991 werd onderzoek verricht in 2 cellen (nl een traditionele cel en een cel volgens het nieuwe concept). Hierbij bleek, dat verschillen in de kwaliteit van Cox's O.P. en Schone van Boskoop pas naar voren kwamen 14 dagen na uitslag na een warme nabewaring van 20°C. De hoeveelheid scald op Cox's O.P. uit de nieuwe cel bleek toen groter te zijn dan op de vruchten uit de controle cel (lit 1). Verder bleek de invloed van de plaats binnen de cel van zeer geringe betekenis. Een vervolgonderzoek werd noodzakelijk geacht, Veiling Z.O.N. te Grubbenvorst bood daartoe de mogelijkheid. Bij het vervolgonderzoek werden weer 2 cellen vergeleken, die beide volgens het nieuwe concept waren gebouwd. Tijdens de proef verschilde het circulatievoud in beide cellen sterk.

Tijdens de eerste proef op veiling Geldermalsen werden 9 posities in de cel bij het onderzoek betrokken. Daar echter de invloed van deze variabele nauwelijks aantoonbaar bleek, werd voor de vervolgproef op veiling Z.O.N. een meer bescheiden opzet gemaakt. Daar in het voorgaande onderzoek op veiling Geldermalsen scald werd geconstateerd en scald voor het ras Jonagold voor de veiling Z.O.N. soms nog een belangrijk probleem kan zijn, werd voor dit ras gekozen.

In dit rapport wordt het onderzoek besproken naar de beïnvloeding van een aantal kwaliteitskenmerken van Jonagold, door bewaring tot begin mei 1993 in cellen met een normaal en een verlaagd circulatie regime.

3.2 Materiaal en Methodes

Produkt

Er werden 10 herkomsten Jonagold in het onderzoek betrokken, waarvan de oogst eenmalig door de teler werd verricht in stapelkisten. De oogst vond plaats binnen een kort tijdsbestek om de cellen niet te lang te laten wachten op het CA klimaat. Het produkt werd op de veiling eerst in een koelcel geplaatst tot de definitieve plaatsing in 2 proefcellen 147 en 148.

Inslag

Voor de definitieve inslag werd het proefmateriaal uit de door de telers geleverde stapelkisten genomen en in wijdmazige zakken overgebracht. Van elke herkomst werden 16 zakjes (met elk 25 vruchten) verdeeld over 8 proefkisten, waarvan er in elke cel 4 werden geplaatst. De inhoud van de 8 proefkisten bestond uit 20 zakjes van de 10 telers.

In totaal ging het om 500 vruchten van de 10 herkomsten plus vulmateriaal. De plaatsing van de monsters in de proefkisten was steeds dezelfde. Alle 20 zakjes werden centraal in de bulk van de kist ingegraven (de kans op scald is hier het grootst). Op de bodem van de kisten werd, na een laagje losse vruchten als vulpartij, de eerste laag van 10 zakjes van 10 herkomsten aangebracht en vervolgens daarop de tweede laag. Bij alle zijwanden werd een zekere ruimte opengelaten, die opgevuld werd met losse vruchten. Tenslotte werd een toplaag van losse vruchten over de monsters gelegd.

De zakjes werden gelabeld evenals de proefkisten. De proefkisten werden op de plaatsen 5 en 6 gezet in de derde (midden) rij op hoogte 4 en 5.

Bewaring

Het sluiten en afbranden van de beide cellen 147 en 148 heeft tegelijkertijd plaats gevonden. In beide cellen heersten daarna de volgende condities: 1-2°C en 1.3% O₂ - 4% CO₂.

De bewaring werd voortgezet tot begin mei 1993 (= 27 weken).

Uitslag

Na de uitslag werden de volgende bepalingen uitgevoerd:

- a. Vaststellen gewichtsverlies d.m.v. weging van het produkt. Alle 160 zakjes werden gewogen zowel bij in- en uitslag.
- b. Beoordelen op bewaarziekten. Bepaald werden de aantallen rot, scald en gaaf van 1 monster van 25 vruchten (steeds 1 van de 2 zakjes per kist/herkomst). Het resterende monster van 25 vruchten van dezelfde herkomst werd bestemd voor latere bepalingen na een shelf life periode van 14 dagen nabewaring bij 20°C.
- c. Bepalen kleur. Van het monster onder b. werden 15 vruchten op kleur beoordeeld met behulp van de Minolta kleurmeter. De waarde van dit instrument geeft de mate van groen aan. Als deze waarde daalt, wordt de vrucht in zekere mate geel.
- d. Bepalen stevigheid. Met een penetrometer wordt van hetzelfde monster als onder c. de stevigheid bepaald aan dezelfde 15 vruchten.
- e. Analyseren op inwendige gebreken. De 15 vruchten onder c en d werden doorgesneden en beoordeeld op de verschillende vormen van bruinverkleuring.
- f. Vaststellen uitstalleven. Het resterende zakje per herkomst/kist werd bij 20°C in de cel gedurende 2 weken nabewaard. Opnieuw werden daarna de kleur, stevigheid en inwendige gebreken vastgesteld.

3.3 Resultaten

Daar de behandeling in deze proef niet is herhaald, kunnen geen uitspraken worden gedaan over de statistische betrouwbaarheid van eventuele verschillen. Strikt genomen kan alleen iets worden gezegd over de gemiddelden. Worden echter de kisten in de cellen en/of de herkomsten als herhalingen beschouwd, dan kunnen uitspraken wat aannemelijker worden gemaakt.

Naast de berekening van de gemiddelden werden daarom ook statistische analyses uitgevoerd (zie bijlagen 1a en 1b).

3.3.1a Gewichtsverlies

In de figuren 3.3.1 en 3.3.2 zijn de gemiddelde gewichtsverliezen per kist en per herkomst weergegeven.

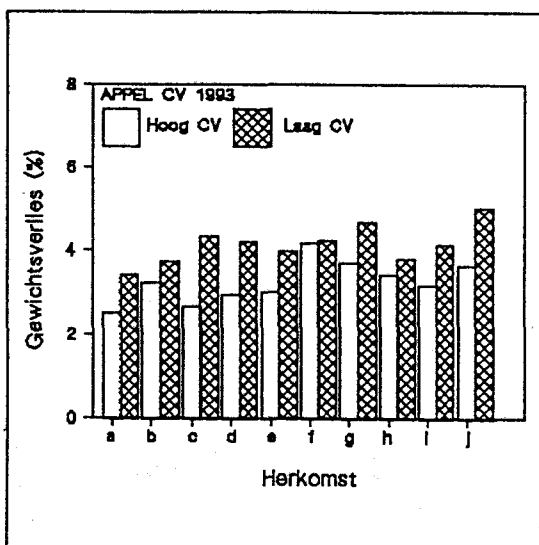


Fig 3.3.1: Invloed van de herkomst op het gewichtsverlies bij uitslag.

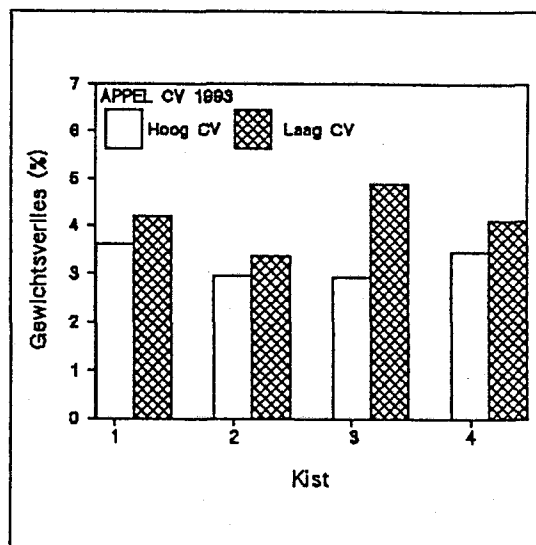


Fig 3.3.2: Invloed van de celplaats op het gewichtsverlies bij uitslag.

In figuur 3.3.1 is voor elke herkomst een groter gewichtsverlies geconstateerd bij een laag circulatievoud t.o.v. een hoog circulatievoud.

Ook in figuur 3.3.2 blijkt op elke plaats het gewichtsverlies bij een laag circulatievoud het hoogst.

Worden de statistische analyses uitgevoerd als aangeduid in 3.3, dan blijkt de invloed van het circulatievoud op het gewichtsverlies aantoonbaar.

Enigszins verrassend mag het waargenomen effect worden genoemd. Het gemiddelde gewichtsverlies voor hoog en laag circulatievoud blijkt resp: 3.24% en 4.15% te zijn. Het omgekeerde werd min of meer verwacht. Immers wanneer de circulatie wordt teruggedraaid, wordt er ook minder warmte in de cel gebracht. Daar deze warmte via de verdamper uit de cel moet worden gewerkt en dit nu eenmaal niet anders dan via enig vochtverlies kan gebeuren, werd bij een verlaging van het circulatievoud minder vochtverlies verwacht. Mogelijk wordt door de verlaging van de circulatie het microklimaat rond de vruchten enigszins beïnvloed. De door de vruchten geproduceerde warmte kan daardoor iets minder efficiënt weggewerkt worden. Deze veranderde situatie heeft wellicht gevolgen voor het vochtverlies van de vruchten.

3.3.1b Waterverbruik ontdooiwater

Tijdens de bewaring werd wekelijks de hoeveelheid ontdooiwater van de verdampers van de cellen 147 en 148 gemeten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in bijlage 2.

Uit bijlage 2 blijkt, dat het gemiddelde waterverbruik per week van het ontdooiwater 23,94 liter voor cel 147 en 46.90 liter voor cel 148 te zijn.

Het gemiddelde waterverbruik per week per cel blijkt bovendien door de tijd heen constant te zijn. Met andere woorden de cel met een verlaagd circulatievoud "produceerde" aanzienlijk meer vocht dan de cel met een hoog circulatievoud. Het verschil in waterverbruik tussen de cellen 147 en 148 bedraagt een factor 2. Dit bleek niet uit de gewichtsverliezen.

De verklaring moet worden gevonden in de niet geringe hoeveelheid vocht, die in het hout van de kisten verdwijnt. Deze hoeveelheid is voor beide cellen gelijk en bedraagt wellicht tussen de 1 en 1.5%. Verder moet met een gelijk bedrag voor ademhalingsverliezen voor beide cellen rekening worden gehouden. Deze correcties maken duidelijk dat het verschil tussen de beide cellen geen factor 2 bedragen kan.

3.3.2 Rot

In de figuren 3.3.2.1 en 3.3.2.2 zijn de resultaten weergegeven van de hoeveelheden rot bij uitslag.

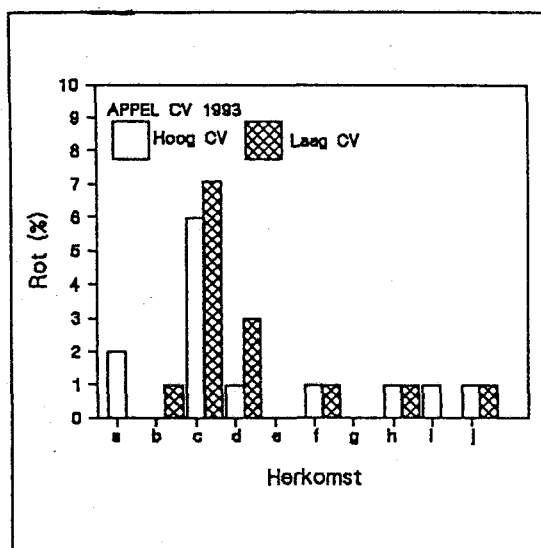


Fig 3.3.2.1: Invloed van de herkomst op rotontwikkeling bij uitslag.

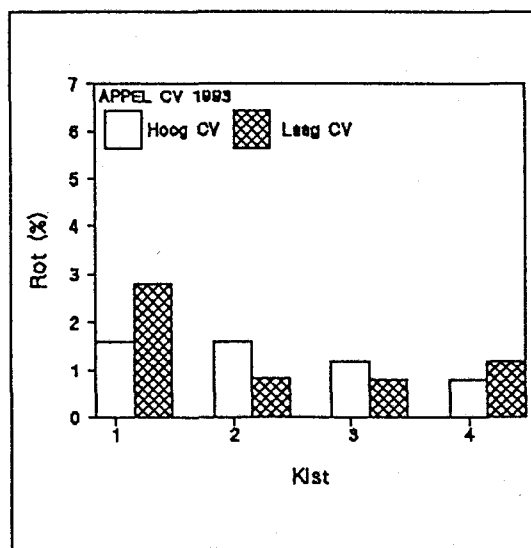


Fig 3.3.2.2: Invloed van de celplaats op rotontwikkeling bij uitslag.

Uit de figuren 3.3.2.1 en 3.3.2.2 blijkt, dat de hoeveelheden rot bij uitslag zeer beperkt kunnen worden genoemd.

Gemiddeld zijn de hoeveelheden als volgt: 1.30% en 1.41% voor de cellen 147 en 148.

Hieruit tendeert reeds, dat het circulatievoud geen invloed zal hebben op rotontwikkeling.

Dit blijkt ook uit de statistische analyse;

Alleen de invloed van de herkomst is aantoonbaar. Het laatste wordt geïllustreerd in figuur 3.3.2.1.

In de figuren 3.3.2.3 en 3.3.2.4 zijn de resultaten weergegeven van de hoeveelheden rot na 2 weken nabewaring bij 20°C.

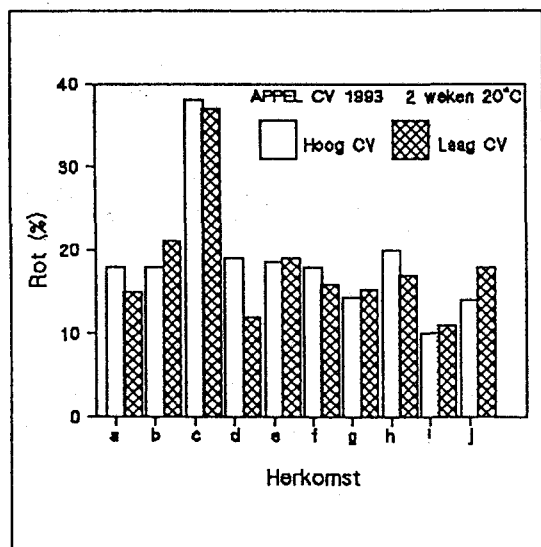


Fig 3.3.2.3: Invloed van de herkomst op rotontwikkeling na 2 weken nabewaring bij 20°C.

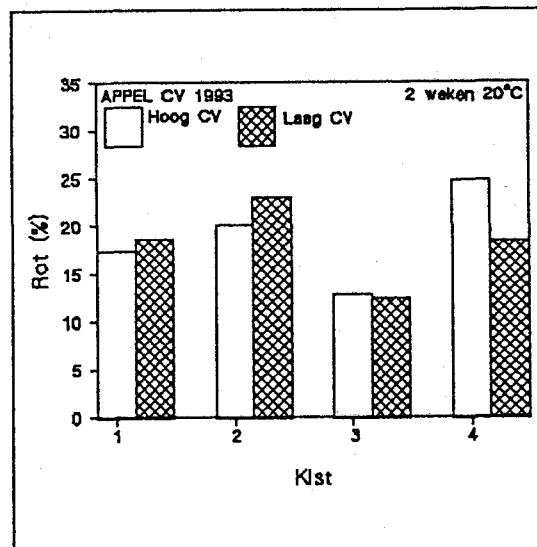


Fig 3.3.2.4: Invloed van de celplaats op rotontwikkeling na 2 weken nabewaring bij 20°C.

Uit de figuren 3.3.2.3 en 3.3.2.4 blijkt een sterke toename in rot door de extra bewaarperiode bij hogere temperatuur. De gemiddelden (resp. 18.8% voor cel 147 en 18.1% voor cel 148) verschillen nauwelijks. Er blijkt dan ook alleen een effect van de herkomst aantoonbaar.

Verwacht werd min of meer, dat een verlaagd circulatievoud zou kunnen leiden tot meer problemen met schimmels. Hierbij is van de gedachte uitgegaan, dat een verlaagd circulatievoud zou kunnen leiden tot minder vochtverlies en daardoor mogelijk een hogere luchtvochtigheid. De feiten blijken eenvoudig tegengesteld met deze verwachting.

3.3.3 Kleur

De resultaten van de kleurwaarderingen direct bij uitslag en na de 2 weken nabewaring bij 20°C zijn weergegeven in de figuren 3.3.3.1 t/m 3.3.3.4.

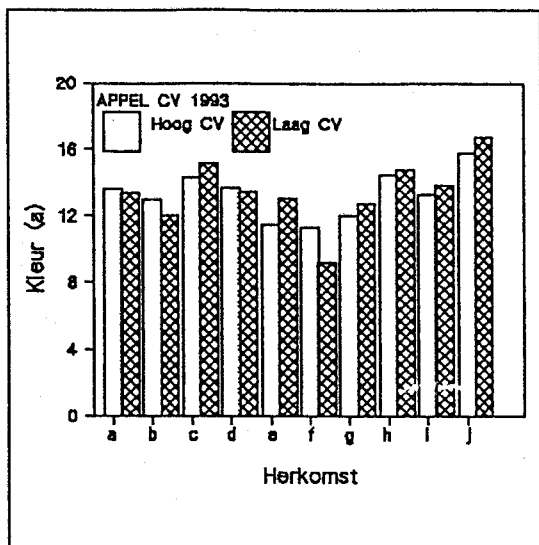


Fig 3.3.3.1: Invloed van de herkomst op de kleur bij uitslag.

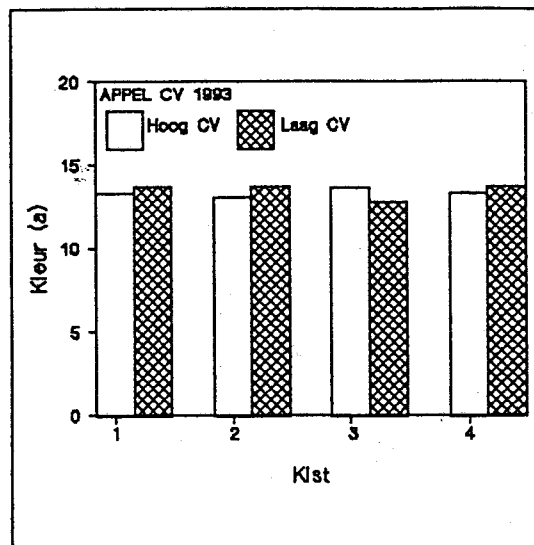


Fig 3.3.3.2: Invloed van de celplaats op de kleur bij uitslag.

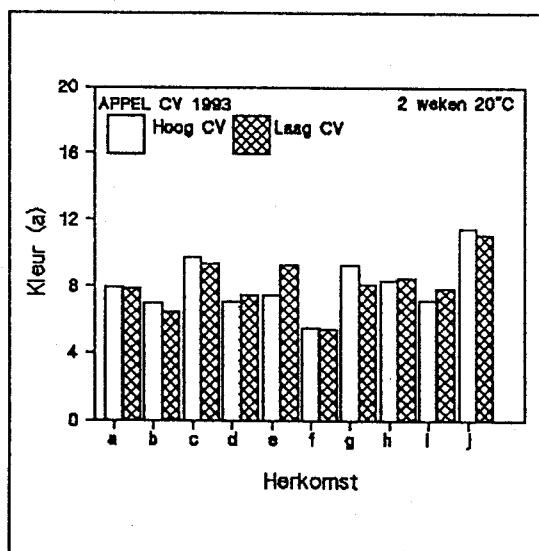


Fig 3.3.3.3: Invloed van de herkomst op de kleur na 2 weken nabewaring bij 20°C.

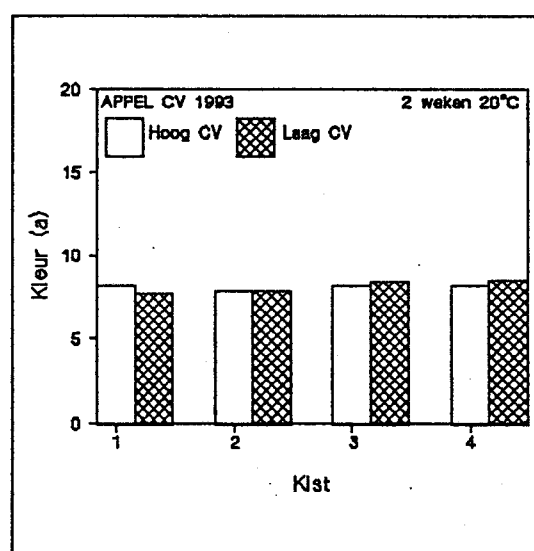


Fig 3.3.3.4: Invloed van de celplaats op de kleur na 2 weken nabewaring bij 20°C.

Uit figuur 3.3.3.1 wordt opnieuw een invloed merkbaar van de herkomst. Deze blijkt ook aantoonbaar.

De verschillen tussen hoog en laag circulatievoud zijn echter zeker niet constant.

Hetzelfde beeld wordt waargenomen in figuur 3.3.3.2.

De gemiddelden voor kleur bij uitslag zijn: 13.31 en 13.46.

De verschillen zijn verwaarloosbaar klein en niet significant.

Na 2 weken nabewaring bij 20°C is het kleurniveau echter aanzienlijk gezakt. De gemiddelden voor cel 147 bedragen 8.11 en voor cel 148 is dit 8.15.

Tijdens de nabewaarperiode verandert er aan het beeld dus niets. Alleen de invloed van de herkomst blijkt aantoonbaar.

3.3.4 Stevigheid

In de figuren 3.3.4.1 t/m 3.3.4.4 zijn de resultaten weergegeven voor de bepaling van de stevigheid direct bij uitslag en na 2 weken nabewaring bij 20°C.

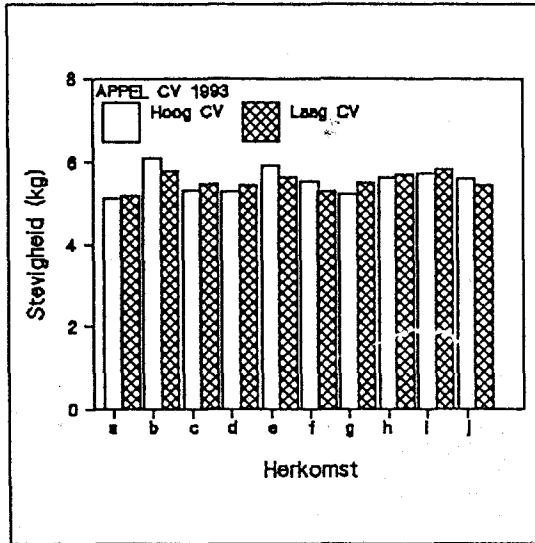


Fig 3.3.4.1: Invloed van de herkomst op de stevigheid bij uitslag,

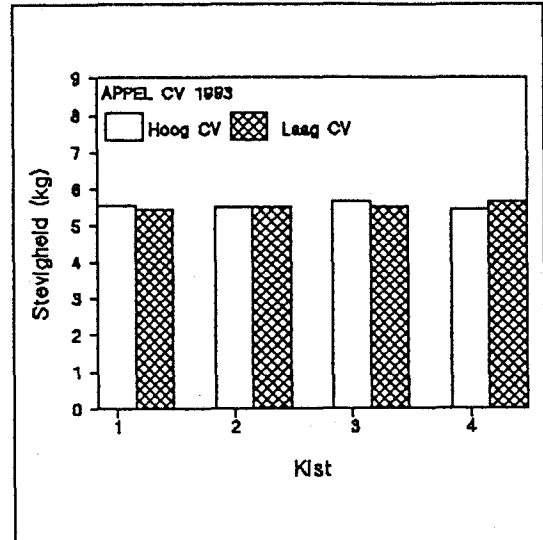


Fig 3.3.4.2: Invloed van de celplaats op de stevigheid bij uitslag.

Bij uitslag blijkt de stevigheid alleen te worden beïnvloed door de herkomst (figuur 3.3.4.1 en 3.3.4.2) en niet door de andere factoren. Overigens verschillen de herkomsten onderling ook niet eens zo veel. De gemiddelden per cel wezen reeds in de gesignaleerde richting.

Er werden zeer weinig verschillen in stevigheid geconstateerd namelijk: 5.55 en 5.53 voor respectievelijk de cellen 147 en 148.

Anders is het gesteld met de stevigheid na 2 weken nabewaring bij 20°C. De gemiddelden per cel bleken resp. 4.51 kg en 4.76 kg voor de cellen 147 en 148 te zijn.

Dit schijnbaar kleine verschil is echter wel significant.

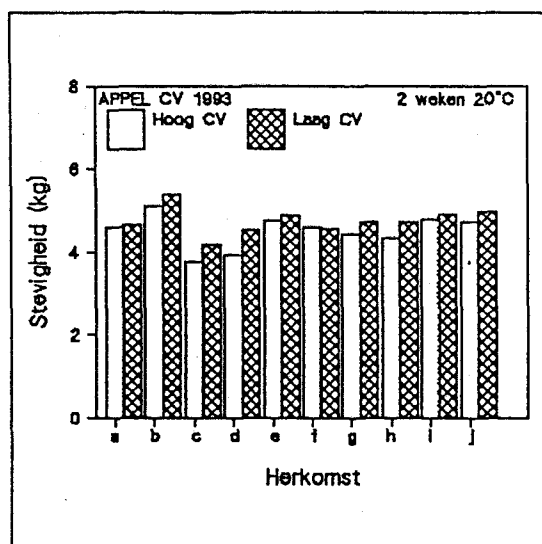


Fig 3.3.4.3: Invloed van de herkomst op de stevigheid na 2 weken nabewaring bij 20°C.

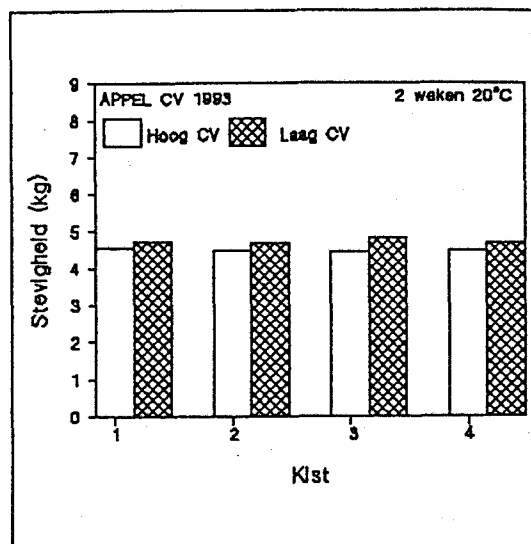


Fig 3.3.4.4: Invloed van de celplaats op de stevigheid na 2 weken nabewaring bij 20°C.

In figuur 3.3.4.3 is zichtbaar, dat de stevigheid voor alle herkomsten wat groter is bij de lage circulatie. Ook als naar de celplaats wordt gekeken, valt opnieuw op dat de lage circulatie een wat hogere stevigheid geeft. Deze hogere stevigheid in de laag circulatie cel heeft iets te maken met het wat grotere vochtverlies.

Meermalen is voorheen tijdens de bewaring waargenomen, dat een zeker minimum hoeveelheid vocht uit de vruchten verloren dient te worden. De juiste hoeveelheid is niet bekend. Gebeurt dit namelijk in onvoldoende mate in een zeer vochtige omgeving dan verloopt de veroudering sneller dan in een minder vochtige omgeving. Appelen kunnen in een zeer vochtige atmosfeer afwijkingen, zoals inwendige bruinverkleuringen gaan vertonen, terwijl het verlies van stevigheid in die omgeving sneller verloopt [Lit 3]. Uit het grotere gewichtsverlies bij laag circulatievoud mocht al enigszins worden verwacht, dat de appelen harder zouden zijn. Dit bleek niet direct na de uitslag. Bij de controle na 2 weken nabewaring kwam dit effect wel naar voren.

3.3.5 Inwendige afwijkingen

Bij het doorsnijden van de vruchten direct na de uitslag werden geen inwendige afwijkingen geconstateerd.

Er zijn wel inwendige afwijkingen geconstateerd bij de vruchten, die 2 weken nabewaard zijn bij 20°C, zij het in zeer bescheiden mate (zie tabel 3.3.5.1.).

Tabel 3.3.5.1: Gesommeerde inwendige afwijkingen per herkomst bij Jonagold, bewaard in cellen met verschillend circulatievoud.

Herkomst	Cel 147 (hoog cv)	Cel 148 (laag cv)
A	1 (zacht)	0
B	0	0
C	6 (zacht)	0
D	3 (zacht, stip)	3 (stip)
E	0	0
F	1 (stip)	0
G	0	2 (zacht)
H	1 (stip)	0
I	0	0
J	0	0

De hoeveelheden zacht en stip blijken dermate klein te zijn (maximaal 6%) en verspreid te zijn over de herkomsten, dat moeilijk enige conclusie hieraan kan worden verbonden. Bovendien heeft stip met het bewaarregime in principe niets van doen, daar het een Calcium gerelateerde afwijking is.

Wel zijn er aanwijzingen, dat de hoeveelheid zacht (kenmerk van veroudering) door de mate van vochtverlies kan worden beïnvloed (Lit 2).

3.4 Conclusies en discussiepunten onderzoek ATO-DLO

De resultaten van het ATO-DLO onderzoek hebben betrekking op het produkt na de uitslag.

Daar de behandeling in deze proef niet is herhaald, kunnen geen uitspraken worden gedaan over de statistische betrouwbaarheid van eventuele verschillen. Strikt genomen kan alleen iets worden gezegd over de gemiddelden.

Als de 8 monsterkisten in de cellen en/of de herkomsten als herhalingen worden beschouwd, kunnen de uitspraken wat aannemelijker worden gemaakt.

Naast de berekening van de gemiddelden zijn daarom ook statistische analyses uitgevoerd (zie bijlage 1).

De invloed van een verlaging van het circulatievoud wordt voor de verschillende kenmerken samengevat in tabel 3.4.2.

Tabel 3.4.2: Invloed van het circulatievoud op enkele kwaliteitsparameters van Jonagold.

Kenmerk	Bepaald bij	Cel 147 (hoog cv)	Cel 148 (laag cv)
Gewichtsverlies	uitslag	3.24	4.15
Rot	uitslag	1.30	1.41
	nabewaring	18.80	18.10
Kleur	uitslag	13.31	13.46
	nabewaring	8.11	8.15
Stevigheid	uitslag	5.55	5.53
	nabewaring	4.51	4.76
Inwendige afwijkingen	nabewaring	1.2%	0.5%

De koelcellen 147 en 148 zijn steeds weergegeven als koelcellen met een hoog respectievelijk laag circulatievoud. In feite is dit onjuist, daar altijd rekening gehouden moet worden met een "cel-invloed". Hiermee wordt bedoeld dat cellen, ook als ze identiek zijn toegerust, in een aantal kenmerken kunnen verschillen doordat bijvoorbeeld de locatie van de cellen niet gelijk is.

Het waterverbruik (ontdooiwater) is wekelijks gemeten en leverde het volgende resultaat op:

- Het gemiddelde waterverbruik per week is bij cel 147 met een hoog circulatievoud 22.96 l lager geweest t.o.v. cel 148 nl:
 - . cel 147 23.94 l
 - . cel 148 46.90 l (= + 95% t.o.v. cel 147)

Verschil 22.96 l

- Cel 148 met een laag circulatievoud "produceerde" zodoende een factor 2 meer vocht.
- Uit de gemeten gewichtsverliezen kwam deze factor niet naar voren.

De verklaring voor dit verschil moet gezocht worden in:

- de hoeveelheid vocht, dat in het hout verdwijnt.
Voor beide cellen zal dit echter vrijwel gelijk zal zijn nl: in de orde van 1 - 1.5%.
- de ademhalingsverliezen.
Voor beide cellen zal dit echter van dezelfde orde zijn.

Bij de controle van de *gewichtsverliezen* kwam naar voren.

- Het gemiddelde gewichtsverlies in cel 148 met een laag circulatievoud is *bijna 1% hoger* nl 0.91% dan in cel 147 met een hoog circulatievoud. Dit verschil is tamelijk groot.
- Dit effect is enigszins verrassend, omdat het omgekeerde effect werd verwacht. De meting is echter niet gericht geweest om de oorzaak ervan te achterhalen.

Bij de controle op *rotontwikkeling* werd het volgende geconstateerd:

- Rot bij uitslag is in beide cellen *erg gering* nl: 1.3% - 1.41%.
- Het circulatievoud heeft geen invloed op rot.
- De invloed van herkomst op rotontwikkeling is aantoonbaar.
- Rotontwikkeling neemt in sterke mate toe door 2 weken nabewaring bij 20°C nl: tot 18.8% - 18.1% voor cel 147 en cel 148.
- *De sterke toename van rot door nabewaring mag als verontrustend worden beschouwd.* Blijkbaar gaat het fruit in de periode na de bewaring onder ongekoelde distributie omstandigheden snel achteruit.
Dus ook tijdens de distributie is gekoelde uitstalling beslist geen overbodige luxe!

Over de *kleurwaardering* kan het volgende gezegd worden:

- De verschillen in kleur zijn bij uitslag verwaarloosbaar nl: 13.31 en 13.46 voor cel 147 en cel 148.
- Na 2 weken nabewaring bij 20°C is het kleurniveau aanzienlijk gezakt nl: 8.11 - 8.15 voor cel 147 en cel 148.
- De invloed van herkomst is aantoonbaar.

Bij de controle op *stevigheid* kwam het volgende naar voren:

- De verschillen in stevigheid zijn verwaarloosbaar nl: 5.55 kg - 5.53 kg voor cel 147 en cel 148.
- De stevigheid wordt alleen beïnvloed door de herkomst.
- Na 2 weken nabewaring treedt er een significant verschil op ten voordeel van bewaring bij een laag circulatievoud nl: 4.51 kg - 4.76 kg voor cel 147 en cel 148.
Dit effect heeft te maken met het wat grotere vochtverlies tijdens de gekoelde opslag in de cel.

Bij de controle op *inwendige afwijkingen* kon het volgende vastgesteld worden:

- Direct na de uitslag werden geen inwendige afwijkingen geconstateerd.
- Na 2 weken nabewaring werd in zeer bescheiden mate zacht en stip vastgesteld nl: 1.2% - 0.5% voor cel 147 en cel 148.
- *Scald* is niet geconstateerd.

Het moet worden betreurd, dat er geen scald bij dit onderzoek kon worden vastgesteld.

Bij het onderzoek op veiling Geldermalsen is wèl scald bij Cox's O.P. geconstateerd. Dr Sharples van Horticultural Research International te East Malling is van mening, dat niet uitgesloten mag worden, dat scald bij Cox's O.P. veroorzaakt kan worden door het samen bewaren met Schone van Boskoop. De laatste variëteit is zeer gevoelig voor scaldontwikkeling. Schone van Boskoop produceert veel alpha-farnesen. Dit is een vluchtig metabool in de ontwikkeling van scald. Hierdoor zou scaldvorming bij Cox's O.P. gestimuleerd kunnen zijn. Als dit juist is, kan het optreden van scald bij Cox's O.P. tijdens het onderzoek op veiling Geldermalsen verklaard worden. Het verschil tussen beide cellen nl: 5,5% in de controle cel en 9,9% in de proefcel is daarmee echter nog niet verklaard.

In elk geval wordt de opgeworpen vraag bij het onderzoek op de veiling Geldermalsen naar de invloed van het circulatievoud op scald ontwikkeling nu niet beantwoord.

Naar aanleiding van het iets grotere gewichtsverlies in cel 148 met een laag circulatievoud, kan het volgende worden opgemerkt:

- Een groter gewichtsverlies tijdens de bewaring kan de hoeveelheid scald verminderen. Dit effect is in een ander onderzoek naar de invloed van vochtverlies op enkele kwaliteitskenmerken geconstateerd [Lit 3].
- Het lijkt dus waarschijnlijk, dat het in dit onderzoek waargenomen grotere gewichtsverlies scald zou kunnen doen tegengaan.

Daar scald zich in dit onderzoek niet heeft voorgedaan lijkt het beslist gewenst dit onderzoek te herhalen.

Deze wens wordt verder gerechtvaardigd door de vergelijking van het onderzoek uitgevoerd op de veiling Geldermalsen en het vervolgonderzoek op de veiling ZON.

Verder blijven de onderzoekswensen, geuit in het vorige rapport [Lit 1] nog steeds van kracht.

3.5 Literatuurverwijzingen

- [1] J.M. van Eijden - van Overbeeke, R.J.M. van Gerwen, J.C. Mann en S.P. Schouten:
Onderzoek naar de invloed van het luchtdebiet op het energieverbruik en de kwaliteit van appels in een proefcel met een verlaagd plafond.
Novem-demonstratieproject nr: 31.103/2040 op veiling Geldermalsen (ref nr: CBT: 91/BE/168)
- [3] S.P. Schouten: Te hoge RV benadeelt kwaliteit.
Fruittelt (44), 14-15 (1988).

4. Eindconclusies en aanbevelingen

4.1 Eindconclusies

- De temperaturen in het produkt hebben in beide cellen gevarieerd in de orde van 0.2 - 0.3 K.
- Het energieverbruik van de ventilatoren is 62% lager geweest tijdens de bewaarperiode in proefcel 148 met een ventilatorcapaciteit van 33% t.o.v. controlecel 147, die constant met een ventilatorcapaciteit van 100% heeft gedraaid.
- Bij een electriciteitsprijs van f 0,10 - f 0,15 per kWh is bij dit onderzoek een **energiebesparing** bereikt van: 0.6 - 0.9 ct/kg per 27 weken.
- Bij het onderzoek op veiling Geldermalsen is een besparing berekend van 0,22 - 0,33ct/kg over een periode van 180 koeldagen (=25.7 week)
- Het *stromingspatroon* blijkt in beide cellen vrijwel hetzelfde te zijn.
- Het *stromingsbeeld* verandert nauwelijks bij een verlaging van het koelerdebiet.
- De overeenstemming tussen visualisatie en berekeningen is redelijk tot goed.
- De *berekende produkttemperaturen* hebben gevarieerd van: 1.4 - 1.9°C
- De *berekende waarden volgens het PHOENICS model stemmen goed tot zeer goed overeen met de gemeten waarden.*
- Het gemiddelde gewichtsverlies in de cel met een laag circulatievoud is **0.91% hoger** geweest dan in de cel met een hoog circulatievoud.
- De cel met een verlaagd circulatievoud "produceerde" een factor 2 meer vocht. Uit de gemeten gewichtsverliezen kwam deze factor niet naar voren.
- *Rot bij uitslag* is in beide cellen zeer gering. Rotontwikkeling neemt in sterke mate toe door 2 weken nabewaring bij 20°C.
- De sterke toename van rot door nabewaring mag als verontrustend worden beschouwd.
- De verschillen in kleur zijn bij uitslag verwaarloosbaar.
- Na 2 weken nabewaring bij 20°C is het kleurniveau echter aanzienlijk gezakt.

- De verschillen in stevigheid zijn verwaarloosbaar.
- Na 2 weken nabewaring treedt er een *significant verschil* op in het voordeel van bewaring bij een laag circulatievoud.
- Direct na de uitslag werden *geen inwendige afwijkingen* geconstateerd.
- *Scald* is niet geconstateerd.
- Het vervolgonderzoek op veiling ZON bevestigt de onderzoekresultaten van TNO uit 1990/91 op veiling Geldermalsen.
- Ook de onderzoekresultaten van ATO-DLO op veiling ZON komen overeen met die van het onderzoek op veiling Geldermalsen. Alleen *scald* is niet geconstateerd.

4.2 Aanbevelingen

- Het verdient aanbeveling de resultaten van de vervolproef op veiling ZON met het oog op de te realiseren energiebesparing aan exploitanten van koelcellen kenbaar te maken.
- Het verdient aanbeveling een onderzoek in te stellen naar de oorzaken van het extra vochtverlies in een cel met een laag circulatievoud.
- Het verdient aanbeveling om exploitanten van koelcellen te attenderen op de mogelijkheid om door TNO stromings- en temperatuurberekeningen te laten uitvoeren, ondanks de kosten van f 6.000,-- à f 10.000,-- die aan een eerste meting verbonden zijn.
- Vervolgonderzoek naar de oorzaken van het optreden van scald blijft aanbevolen.

Overzicht bepalingen bij uitslag en na 2 weken nabewaring bij 20°C.

Cel No	Kist NO Herk.	Gew verl (%)	Rot uitsl (%)	Rot nabew (%)	Kleur uitsl (a)	Kleur nabew (a)	Stevig uitsl (kg)	Stevig nabew (kg)
cel 147 Hoog	1 A	2.418	4	8	13.31	7.63	4.93	4.58
	1 B	3.373	0	20	14.73	8.62	6.56	5
	1 C	2.622	4	20	11.78	9.2	5.32	4.03
	1 D	2.99	0	8	13.89	7.59	5.2	4.18
	1 E	2.763	0	17.39	11.54	6.61	5.87	4.65
	1 F	5.748	0	16	11.78	5.92	6	4.6
	1 G	6.504	0	16	12.28	8.29	5.14	4.52
	1 H	2.949	4	40	14.93	8.62	5.44	4.26
	1 I	3.294	0	8	12.88	7.99	5.41	5.1
	1 J	3.563	4	20	15.97	11.2	5.9	4.67
cel 147 Hoog	2 A	2.307	4	24	14.21	8.44	5.08	4.72
	2 B	3.312	0	16	12.1	8.28	5.9	5.08
	2 C	2.758	12	48	15.22	10.4	5.41	3.9
	2 D	2.997	0	20	13.73	6.75	5.25	3.7
	2 E	3.195	0	12	10.51	7.68	6	4.89
	2 F	3.128	0	24	9.56	3.42	5.32	4.51
	2 G	2.644	0	13.04	12.68	9.01	5.14	4.38
	2 H	2.82	0	8	13.93	8.42	5.84	4.56
	2 I	3.023	0	16	13.03	5.73	5.63	4.55
	2 J	3.351	0	20	15.61	10.9	5.51	4.85
cel 147 Hoog	3 A	2.331	0	24	13.62	7.98	5.44	4.61
	3 B	3.023	0	8	12.17	5.78	6.2	5.12
	3 C	2.468	4	24	15.23	9.52	5.38	3.59
	3 D	2.998	4	20	13.74	7.67	5.59	3.79
	3 E	3.015	0	8.695	13.07	8.51	6	4.76
	3 F	3.264	4	8	11.92	4.01	5.48	4.72
	3 G	2.822	0	16	11.31	9.63	5.4	4.35
	3 H	2.969	0	8	14.93	7.48	5.51	4.28
	3 I	3.154	0	4	13.86	8.43	6.04	4.66
	3 J	3.443	0	8	15.95	12.7	5.5	4.76
cel 147 Hoog	4 A	2.929	0	16	13.29	7.76	5.14	4.5
	4 B	3.196	0	28	12.91	5.27	5.73	5.26
	4 C	2.764	4	60	14.98	10	5.18	3.55
	4 D	2.845	0	28	13.46	6.19	5.16	4.1
	4 E	3.105	0	36	10.99	7	5.82	4.7
	4 F	4.489	0	24	12.16	8.59	5.4	4.58
	4 G	2.832	0	12	11.91	10.2	5.21	4.48
	4 H	4.958	0	24	14.19	8.93	5.7	4.34
	4 I	3.219	4	12	13.37	6.62	5.82	4.86
	4 J	4.2	0	8	15.67	11.3	5.46	4.66

Overzicht bepalingen bij uitslag en na 2 weken nabewaring bij 20°C.

Cel No	Kist NO Herk.	Gew verl (%)	Rot uitsl (%)	Rot nabew (%)	Kleur uitsl (a)	Kleur nabew (a)	Stevig uitsl (kg)	Stevig nabew (kg)
cel148 Laag	1 A	4.666	0	12	13.58	7.73	5.2	4.63
	1 B	3.255	0	40	13.3	5.12	5.58	5.36
	1 C	6.709	20	40	15.28	8.64	5.36	4.42
	1 D	4.045	8	16	13.16	7.34	5.45	4.15
	1 E	3.799	0	16	13.74	9.09	5.74	5.05
	1 F	3.631	0	9.523	8.576	4.55	5.24	4.56
	1 G	5.038	0	16	12.61	7.13	5.64	4.74
	1 H	3.694	0	16	15.16	9.55	5.69	4.65
	1 I	3.392	0	4	15.37	7.86	5.39	4.8
	1 J	3.844	0	16	16.32	10.2	5.18	5.1
cel148 Laag	2 A	2.599	0	8	14.36	7.67	4.7	4.58
	2 B	3.218	0	20	12.02	6.49	6.06	5.38
	2 C	2.652	4.347	36	14.45	9.22	5.42	4.36
	2 D	3.442	4	8	12.14	7.69	5.43	4.23
	2 E	3.487	0	12	12.71	7.66	5.47	4.28
	2 F	3.411	0	29.16	9.88	4.41	5.38	4.7
	2 G	3.388	0	20.83	13.32	9.11	5.62	4.78
	2 H	3.401	0	24	15.77	7.99	5.53	4.84
	2 I	4.244	0	20	15.12	7.57	5.91	4.89
	2 J	3.948	0	52	17.52	10.9	5.6	5.09
cel148 Laag	3 A	3.769	0	32	10.93	7.98	5.22	4.88
	3 B	5.007	4	12	12.48	6.96	5.51	5.5
	3 C	1.5	0	24	14.96	9.65	5.52	4.12
	3 D	5.766	0	12	13.94	7.24	5.44	5
	3 E	5.288	0	8	11.83	9.08	5.64	5.08
	3 F	5.204	4	8.695	7.98	7.76	5.19	4.42
	3 G	5.422	0	8	12.99	7.32	5.46	4.84
	3 H	4.817	0	16	14.64	8.26	5.99	4.35
	3 I	5.469	0	4	11.32	8.42	5.8	5.24
	3 J	6.722	0	0	16.44	12	5.35	4.98
cel148 Laag	4 A	2.578	0	8	14.53	8.08	5.68	4.6
	4 B	3.468	0	12	10.42	7.2	5.96	5.27
	4 C	6.407	4	47.82	16.08	10.1	5.6	3.9
	4 D	3.534	0	12	14.66	7.76	5.45	4.72
	4 E	3.383	0	40	13.96	11.4	5.65	5.12
	4 F	4.702	0	16	10.54	5.11	5.41	4.52
	4 G	4.828	0	16	12.23	8.79	5.34	4.55
	4 H	3.319	4	12	13.61	8.15	5.57	5.02
	4 I	3.445	0	16	13.73	7.74	6.26	4.74
	4 J	5.547	4	4	16.83	11.2	5.68	4.79

HV

WATERVERBRUIK CELLEN NR. 147/148 COMPLEX K 14 VEILING ZOM GRUBBENVORST.

AANTAL WEKEN	WEEK	JAAR	VAN/TOT	AANTAL	AANTAL	GEM. VERBRUIK	GEM. VERBRUIK
				LITERS CEL 147	LITERS CEL 148	PER DAG CEL 147	PER DAG CEL 148
1	40	92	28/10 T/M 04/10	81	80	11,57	11,43
2	41	92	05/10 T/M 11/10	9	12	1,29	1,71
3	42	92	12/10 T/M 18/10	2	12	0,29	1,71
4	43	92	19/10 T/M 25/10	7	32	1,00	4,57
5	44	92	26/10 T/M 01/11	13	51	1,86	7,29
6	45	92	02/11 T/M 08/11	13	50	1,86	7,14
7	46	92	09/11 T/M 15/11	12	46	1,71	6,57
8	47	92	16/11 T/M 22/11	15	56	2,14	8,00
9	48	92	23/11 T/M 29/11	15	51	2,14	7,29
10	49	92	30/11 T/M 06/12	18	53	2,57	7,57
11	50	92	07/12 T/M 13/12	14	50	2,00	7,14
12	51	92	14/12 T/M 20/12	16	55	2,29	7,86
13	52	92	21/12 T/M 27/12	13	47	1,86	6,71
14	53	92	28/12 T/M 03/01	35	51	5,00	7,29
15	1	93	04/01 T/M 10/01	17	51	2,43	7,29
16	2	93	11/01 T/M 17/01	19	49	2,71	7,00
17	3	93	18/01 T/M 24/01	19	51	2,71	7,29
18	4	93	25/01 T/M 31/01	24	52	3,43	7,43
19	5	93	01/02 T/M 07/02	21	48	3,00	6,86
20	6	93	08/02 T/M 14/02	23	53	3,29	7,57
21	7	93	15/02 T/M 21/02	22	44	3,14	6,29
22	8	93	22/02 T/M 28/02	19	38	2,71	5,43
23	9	93	03/03 T/M 07/03	22	35	3,14	5,00
24	10	93	08/03 T/M 14/03	25	36	3,57	5,14
25	11	93	15/03 T/M 21/03	30	43	4,29	6,14
26	12	93	22/03 T/M 28/03	31	43	4,43	6,14
27	13	93	29/03 T/M 04/04	30	41	4,29	5,86
28	14	93	05/04 T/M 11/04	39	49	5,57	7,00
29	15	93	12/04 T/M 18/04	43	51	6,14	7,29
30	16	93	19/04 T/M 25/04	48	59	6,86	8,43
31	17	93	26/04 T/M 02/05	47	65	6,71	9,29

TOTAAL AANTAL LITERS CEL 147/148 742 1454

GEMIDDELD VERBRUIK PER WEEK CEL 147 23,94 LITER

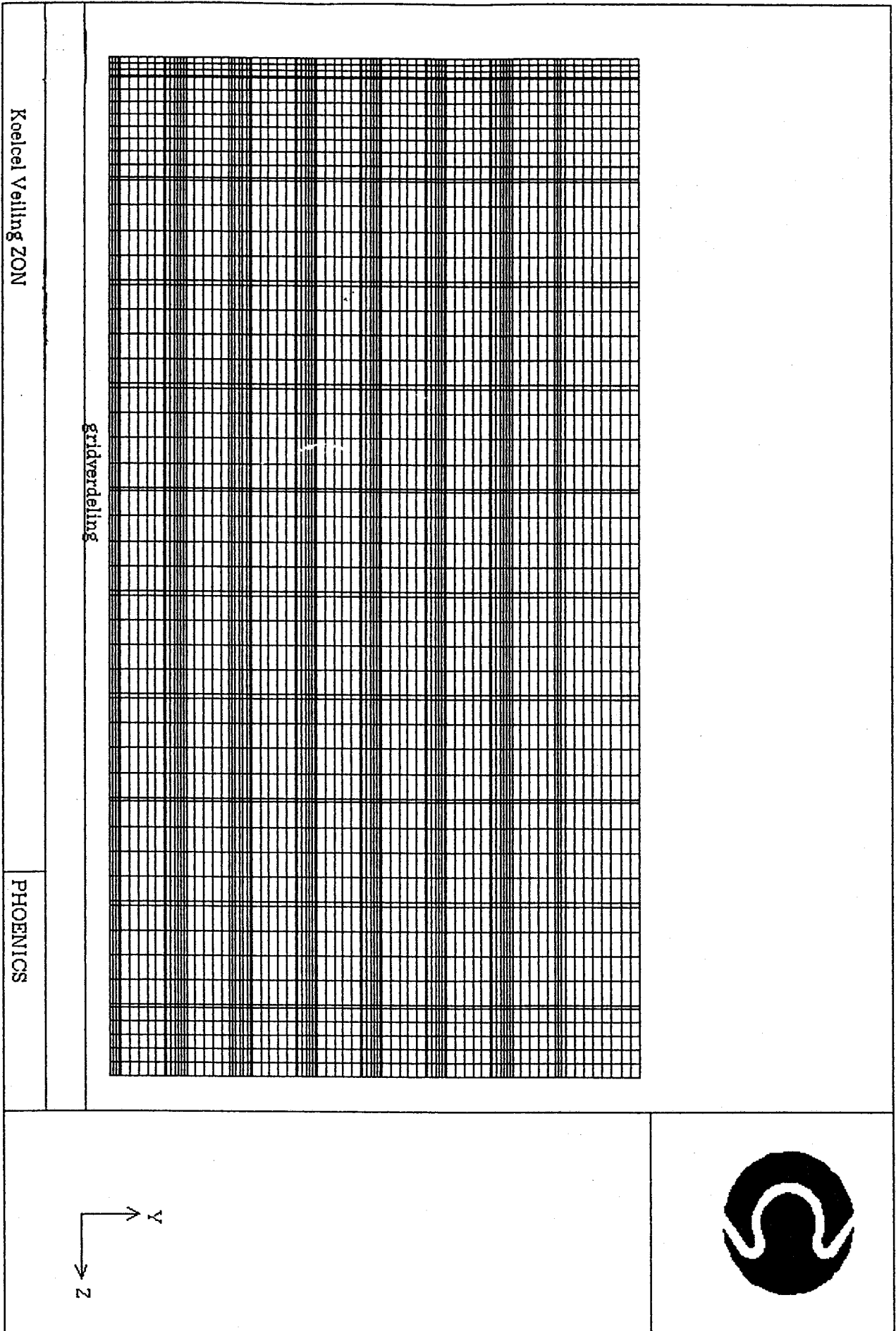
GEMIDDELD VERBRUIK PER WEEK CEL 148 46,90 LITER

Grubbenvorst 05 mei 1993,

met vriendelijke groeten,
Hoofd afd. Bewaring/Conditionering.


Dhr. A. Kerkhofs

Figuur 2.6.1. Gridverdeling

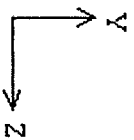


Figuur 2.6.1. Gridverdeling

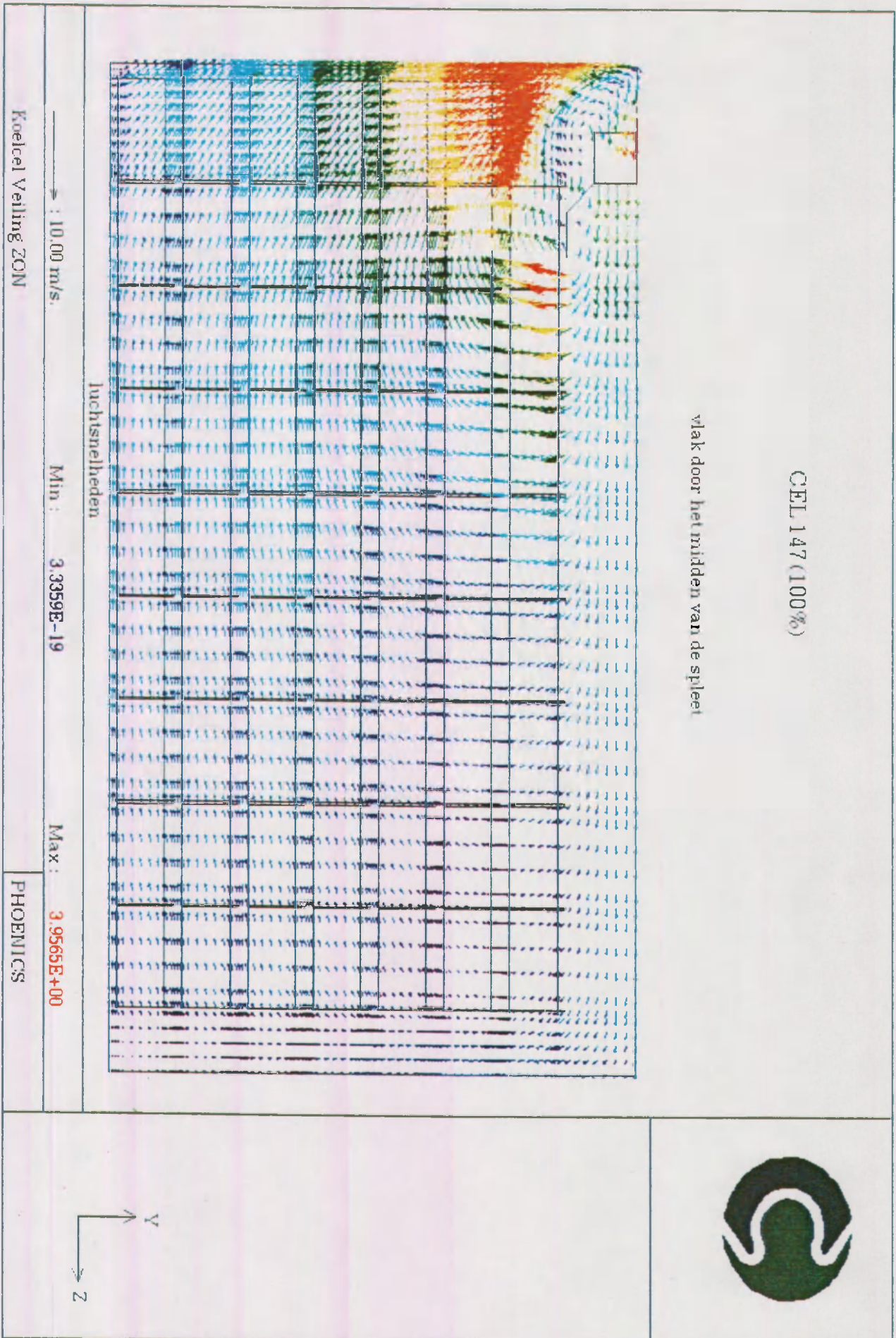
Koelcel Velling ZON

gridverdeling

PHOENICS

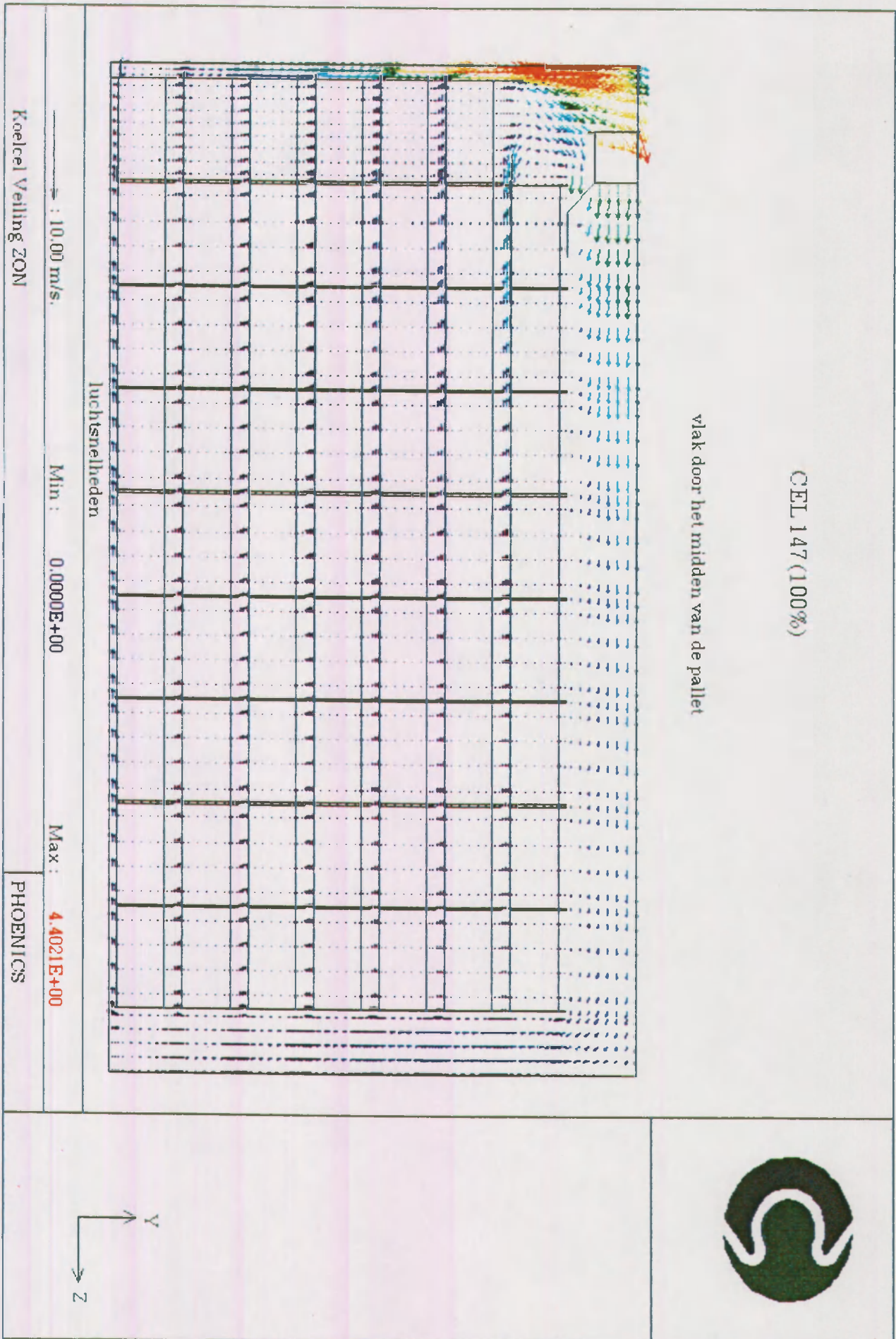


Figuur 2.6.2. Berekende snelheidsverdeling



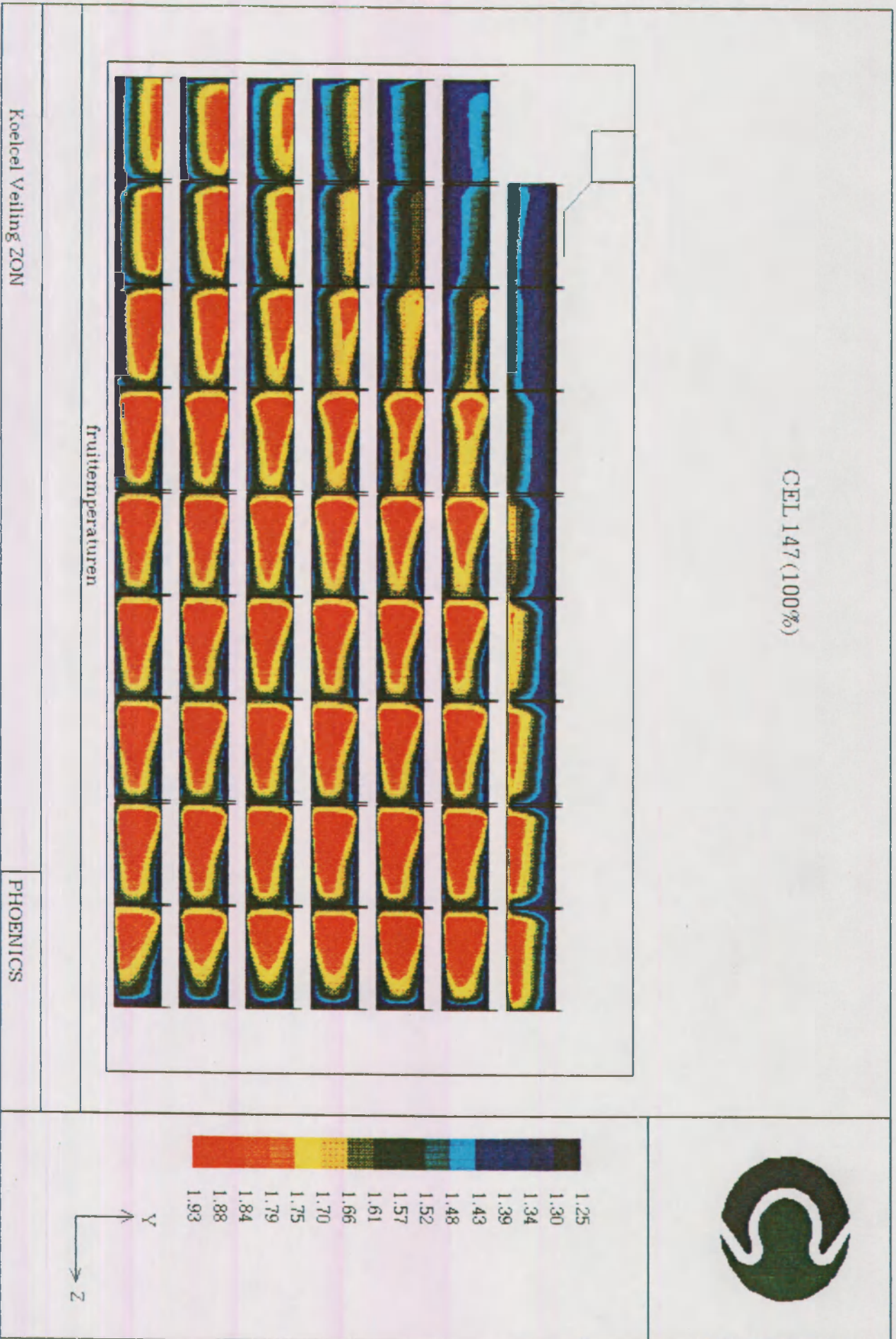
Figuur 2.6.2. Berekende snelheidsverdeling

Figuur 2.6.3. Berekende snelheidsverdeling



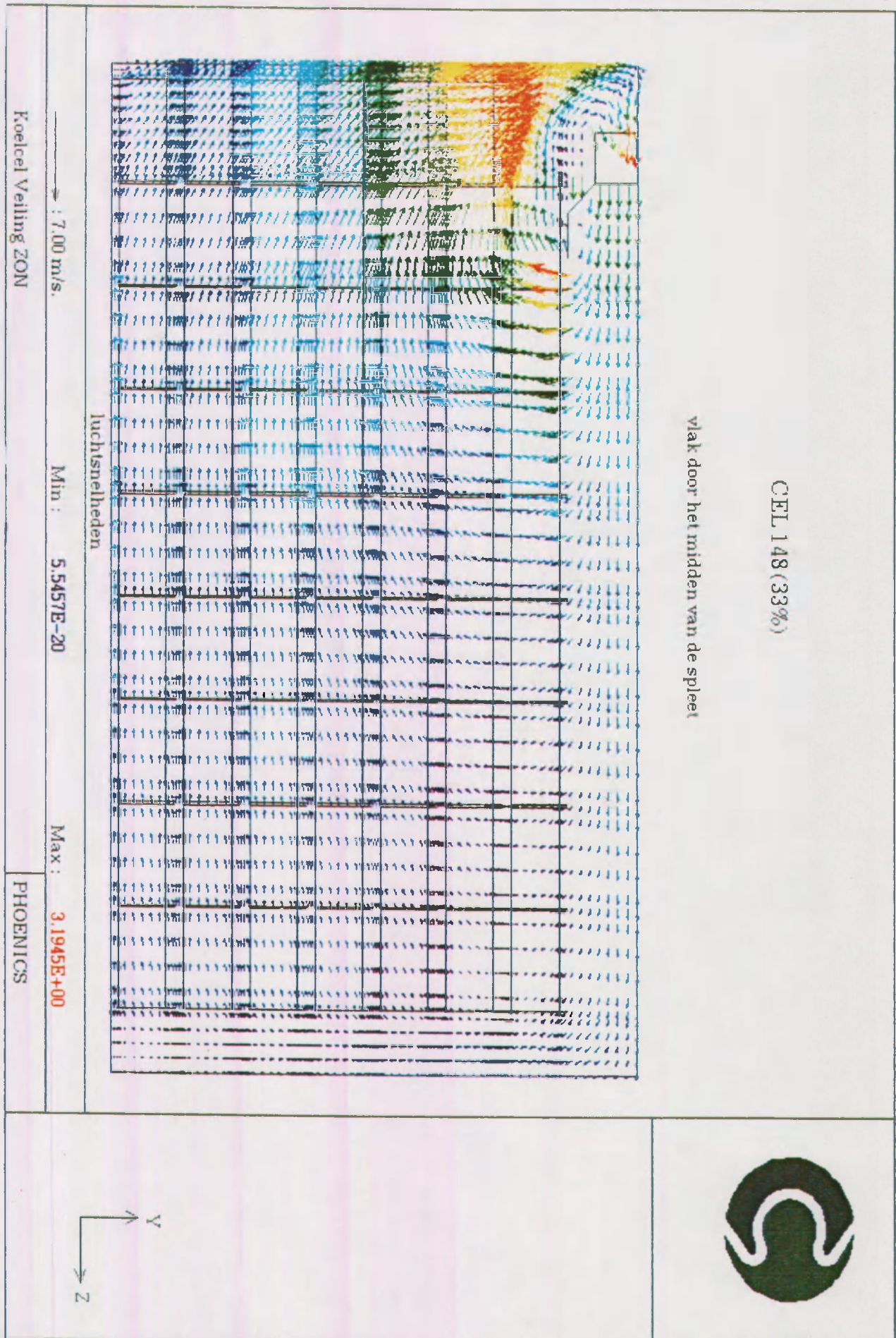
Figuur 2.6.3. Berekende snelheidsverdeling

Figuur 2.6.4. Berekende temperatuurverdeling



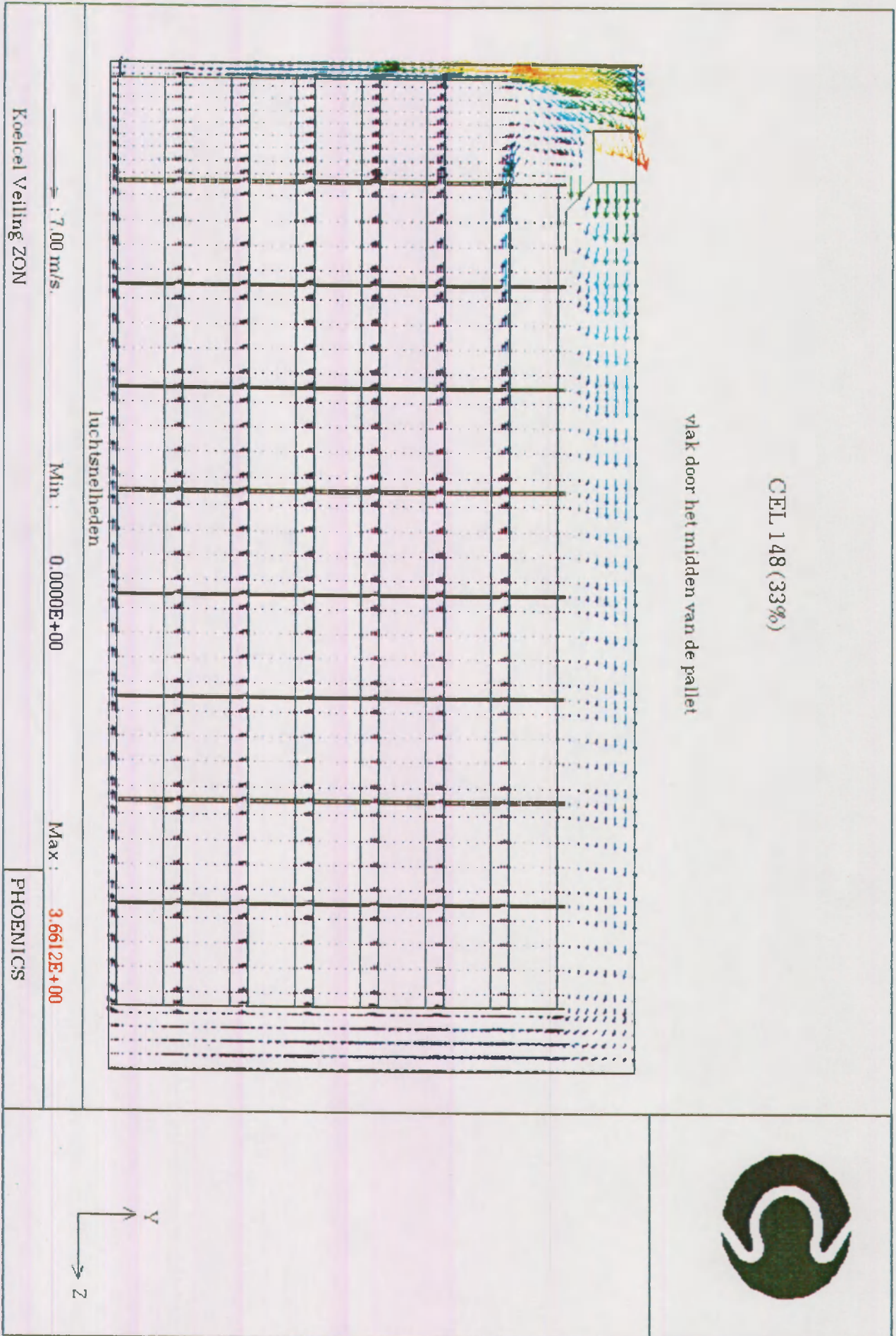
Figuur 2.6.4. Berekende temperatuurverdeling

Figuur 2.6.5. Berekende snelheidsverdeling



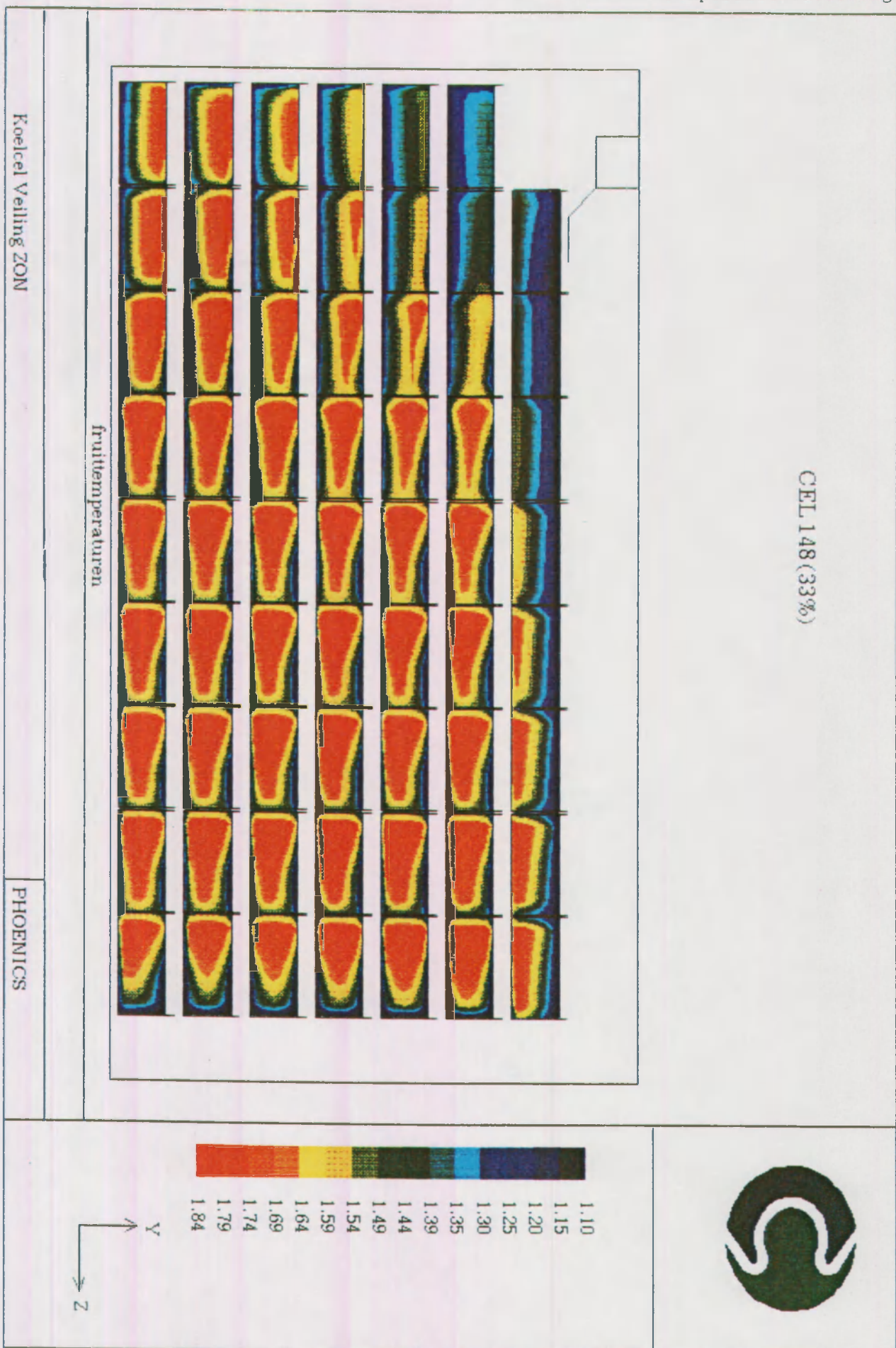
Figuur 2.6.5. Berekende snelheidsverdeling

Figuur 2.6.6. Berekende snelheidsverdeling



Figuur 2.6.6. Berekende snelheidsverdeling

Figuur 2.6.7. Berekende temperatuurverdeling



Figuur 2.6.7. Berekende temperatuurverdeling