

Energiezuinige verdamper

M.P. Montsma, A.C.R. van Schaik

Rapport nr. 1505

Productschap  Tuinbouw

Colofon

Medegefinancierd door:



Titel	Energiezuinige verdamper
Auteur(s)	M.P. Montsma, A.C.R. van Schaik
Nummer	1505
ISBN-nummer	-
Publicatiedatum	oktober 2014
Vertrouwelijk	Ja, tot 1 december 2015
OPD-code	-
Goedgekeurd door	Janneke de Kramer

Wageningen UR Food & Biobased Research
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 480 084
E-mail: info.fbr@wur.nl
Internet: www.wur.nl

© Wageningen UR Food & Biobased Research, instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.

Samenvatting

Een innovatief verdampersysteem is getest op koelhuis WFO op de mogelijke energiebesparing en mogelijk te behalen kwaliteitsvoordeel. Het project is uitgevoerd door Wageningen UR in opdracht van het Productschap Tuinbouw binnen het IPC-project Duurzaam bewaren agriproducten. De deelnemende bedrijven in dit project waren Koelhuis WFO en Van Kempen Koudetechniek. Het innovatieve verdampersysteem bestaat uit een standaard koelerblok met daaraan gekoppeld een luchtkamer en gelijkstroomventilatoren.

In het onderzoek zijn twee ULO-cellen met elkaar vergeleken tijdens de bewaring van Conference peren gedurende het seizoen 2013-2014. Een van de cellen was uitgerust met de innovatieve verdamper en de andere cel is geselecteerd als standaard ULO-cel. Voor een goede vergelijking is zoveel mogelijk gelijkheid gecreëerd, zoals gelijk fust, gelijke bewaarcondities, luchtdebiet, zuigdruk en product van dezelfde teler. Van iedere ULO-cel is het opgenomen vermogen van de verdamperventilatoren gemeten, het aantal draaiuren, het aantal koelacties en de condenswaterafgifte. In beide cellen zijn op vier posities voorin en halverwege monsterzakken in de bovenste kisten ingebracht waarvan de algemene kwaliteit en het gewichtsverlies is gemonitord. Tenslotte is van een stapel per kist het gewichtsverlies bepaald na de volledige bewaarperiode.

Uit de metingen is gebleken dat de ULO-cel met de innovatieve verdamper tot 70% minder ventilatorenergie verbruikt dan de standaard ULO-cel. In het aantal koeluren is dit ook terug te vinden. In de praktijk betekent dit een extra energievoordeel omdat de centrale koelinstallatie (compressoren en pompen) minder tijd nodig hebben om de ingestelde temperatuur te handhaven. De grootte van dit extra voordeel is moeilijk in te schatten omdat de compressorenergie niet gemonitord is.

Het verschil in condenswaterafgifte is 21% in het voordeel van de innovatieve verdamper. Dit betekent dat er minder vocht onttrokken wordt uit de cellucht, het fust en het product. Omgerekend betekent dat 0,5% minder gewicht verloren is van de totale hoeveelheid kilo's opgeslagen peren. Uitgedrukt in euro's is dat gemiddeld €500 per bewaarseizoen.

Op basis van de kwaliteitsbeoordeling van de monsterzakken kan gesteld worden dat er een licht kwaliteitsvoordeel te halen is door het toepassen van de innovatieve verdamper. Met name in kleur en in mindere mate in hardheid en slappe nekken is dit voordeel zichtbaar. Doordat de luchtverdeling in de cel met de innovatie verdamper niet optimaal is wordt het kwaliteitsvoordeel deels teniet gedaan. Hetzelfde geldt ook voor het gewichtsverlies van de monsterzakken. Het gewichtsverlies van de stapel kisten is niet met elkaar te vergelijken daar de afwijking in luchtuitblaas van beide verdampers invloed hebben gehad op het gewichtsverlies.

Geconcludeerd kan worden dat met het innovatieve verdampersysteem het energieverbruik enorm gereduceerd kan worden. Doordat er minder condenswater uit de cellen wordt onttrokken kan een kwaliteitsvoordeel gerealiseerd worden. De kwaliteitsbeoordeling en gewichtsverliesmetingen van de monsterzakken wijzen op een licht kwaliteitsvoordeel voor de ULO-cel met de innovatieve verdamper. Gesteld kan worden dat het energie- en kwaliteitsvoordeel op dit moment (nog) niet opwegen tegen de investering. Wanneer de aanschafprijs van het verdampersysteem lager wordt heeft dit systeem veel potentie.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1 Inleiding	6
2 Methoden	7
3 Resultaten	10
4 Discussie	16
5 Conclusies	17

1 Inleiding

In het kader van IPC project Duurzame bewaring van Agriproducten zijn in bestaande cellen met Conference-peren gedurende twee bewaarperiodes testen uitgevoerd met een nieuw concept verdamperunit. Doel van dit onderzoek is om belangrijke energiebesparing te realiseren in de fruitbewaring, bij nieuwe- en bestaande koelinstallaties. Hierbij is het uitgangspunt dat de kwaliteit van het bewaarde product van het nieuwe systeem minimaal op peil moet blijven. De volgende onderdelen kwamen binnen dit project aan bod:

- Testen van een compleet aangepast verdamperunit in bestaande peren cellen.
- Data verzamelen omtrent energieverbruik, celklimaat en productkwaliteit. Dit gebeurde in aangepaste ULO cellen en controle cellen.

De geteste aanpassing aan de verdamper is kostentechnisch voor de praktijk alleen haalbaar voor nieuw te bouwen bewaarcellen. Wanneer een betere productkwaliteit wordt behaald door de innovatieve verdamper zal een investering in energiebesparende verdampers ook voor bestaande bewaarcellen haalbaar worden. Met de bijdrage van het Productschap Tuinbouw is het mogelijk om extra onderzoek te doen naar de productkwaliteit. Hierdoor heeft de hele sector een grote kans om kosten te besparen.

2 Methoden

Uit eerdere metingen uitgevoerd binnen het IPC-project Duurzame bewaring van Agriproducten is gebleken dat een energievoordeel te behalen valt van 69% ten opzichte van de gangbare ventilatorenergie. Deze besparing is een besparing van het opgenomen vermogen door de verdamperventilatoren. Gezien het huidige prijsniveau voor elektriciteit waar koelhuis WFO mee rekent in de bedrijfsvoering is het energetische voordeel onvoldoende om te stellen dat het loont om te investeren in de innovatieve verdamper. Daarnaast stelt Van Kempen Koudetechniek dat de investeringsdrempel voor de innovatieve verdamper te hoog blijkt te zijn voor nieuw te bouwen ULO-cellen.

Voordeel in behoud van kwaliteit wordt gezien als belangrijke factor voor de haalbaarheid van de innovatie aan de verdamper. Bij een betere kwaliteit na de bewaring kan mogelijk een hogere prijs gerekend worden voor het bewaarde product en de terugverdientijd van de innovatieve verdamper kan hierdoor verkleint worden.

Naast het monitoren van ventilatorenergie is op koelhuis WFO het verloop van de productkwaliteit onderzocht gedurende het bewaarseizoen 2013-2014 in een standaard ULO-cel en een aangepaste ULO-cel. Hieronder is de proefopzet beschreven.

Uitgangspunten

In beide proefcellen zijn Conference peren bewaard van dezelfde teler op de landelijke bewaarcondities, waarbij het pluktijdstip en fusttype zoveel mogelijk gelijk is.

De proefcellen liggen naast elkaar in hetzelfde cellenblok. Middels druktransmitters, speciaal voor deze proef geïnstalleerd, is de zuigdruk van beide cellen op gelijke waarde gehouden.

Systeemtechnische metingen

Van iedere cel is het volgende gemeten:

- Opgenomen vermogen van de verdamperventilatoren
- Koeltijden
- Koelacties
- Waterafgifte

Productkwaliteit

Om het kwaliteitsverloop van de peren te bepalen worden bij inslag en aan het einde van de bewaring de volgende kwaliteitsindicatoren gemeten:

- Hardheid
- Kleur
- Gewichtsverlies
- Slappe nekken index¹

1) Deze score is beschreven in de brochure 'Bewaring van Conference' uitgegeven door de Nederlandse Fruittelers Organisatie in 2006.

Tijdens de inslag van beide cellen zijn perenmonsters in netzakken op vooraf bepaalde posities in de cel geplaatst. Op iedere positie zijn twee monsters geplaatst. Van ieder monster is de hardheid, kleur en gewicht bepaald bij start bewaring en einde bewaring. Aan het einde van de bewaring is ook de slappe index bepaald. Gewichtsverlies van peren wil niet altijd zeggen dat de peren niet meer voldoen aan de hoogste kwaliteitseisen. De slappe nekken index is een indicator voor uitdroging van de vruchten en daarom een goede maat om kwaliteit te beschrijven.

In iedere cel is ook van een stapel met 11 kisten het gewicht gemeten bij de start en aan het einde van de bewaring. Het gewichtsverlies van hele kisten is nauwkeurig omdat de hoeveelheid peren groot is en de invloed van maatverschillen en handeling kleiner is. Bij de berekening van het nettogewichtsverlies wordt een correctiefactor toegepast voor het opgenomen vocht door de houten kist zelf. Omdat de bewaarduur voor beide cellen niet gelijk is, is het gewichtsverlies uitgedrukt in procenten per maand.

In Figuur 1 zijn de posities weergegeven van de monsterzakken en de stapel met gewogen kisten. Figuur 2 laat zien hoe de monsterzakken in de cel in de kisten zijn gelegd.

10	20	30	40	50	60
11	21	31	41	51	61
12	22	32	42	52	62
13	23	33	43	53	63
14	24	34	44	54	64
15	25	35	45	55	65
16	26	36	46	56	66
17	27	37	47	57	67
18	28	38	48	58	68
19	29	39	49	59	69
deur					

Figuur 1: Schematisch overzicht van een ULO-cel met kistposities (6 rijen, 10 stapels diep en 11 kisten per stapel). De posities van de monsterzakken zijn in het grijs; de positie van de gewogen kisten is in het bruin.

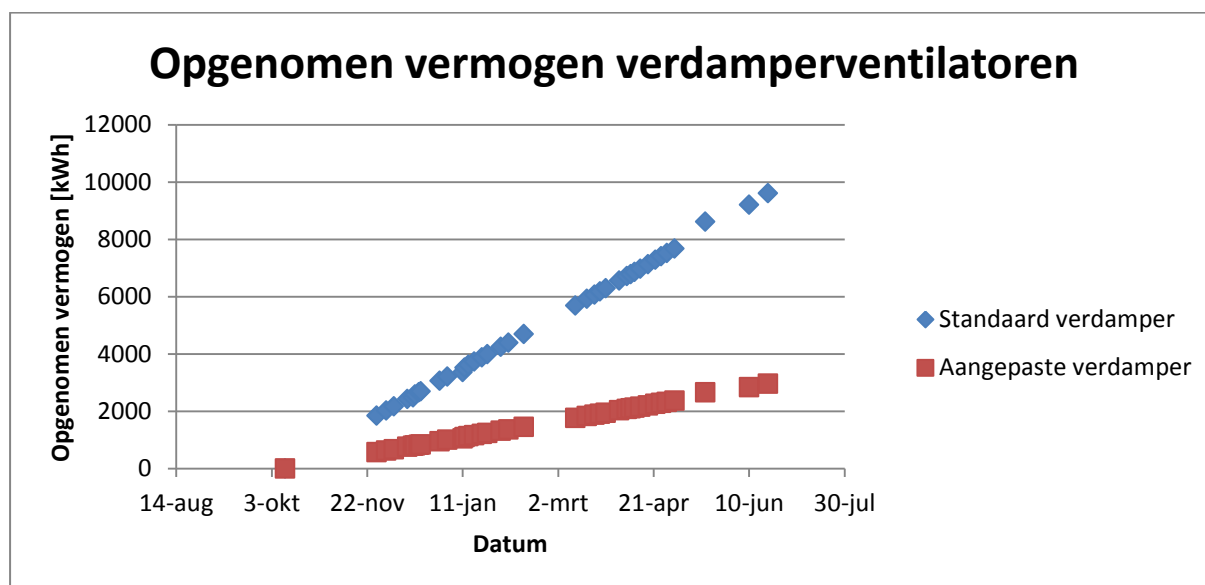


Figuur 2: Monsterzakken in de bovenlaag van de kist. Per positie zijn 2 monsterzakken in de bovenste kist gelegd.

3 Resultaten

Metingen

In Figuur 3 is het cumulatieve verloop van het opgenomen vermogen van de verdamperventilatoren te zien van de standaard ULO-cel en de aangepaste ULO-cel (aangepaste verdamper). Het verschil in het voordeel van de ULO-cel met de aangepast verdamper is 69%.



Figuur 3: Het opgenomen vermogen [kWh] per cel in de bewaarfase; de aangepaste verdamper verbruikt 69% minder ten opzichte van de standaard verdamper.

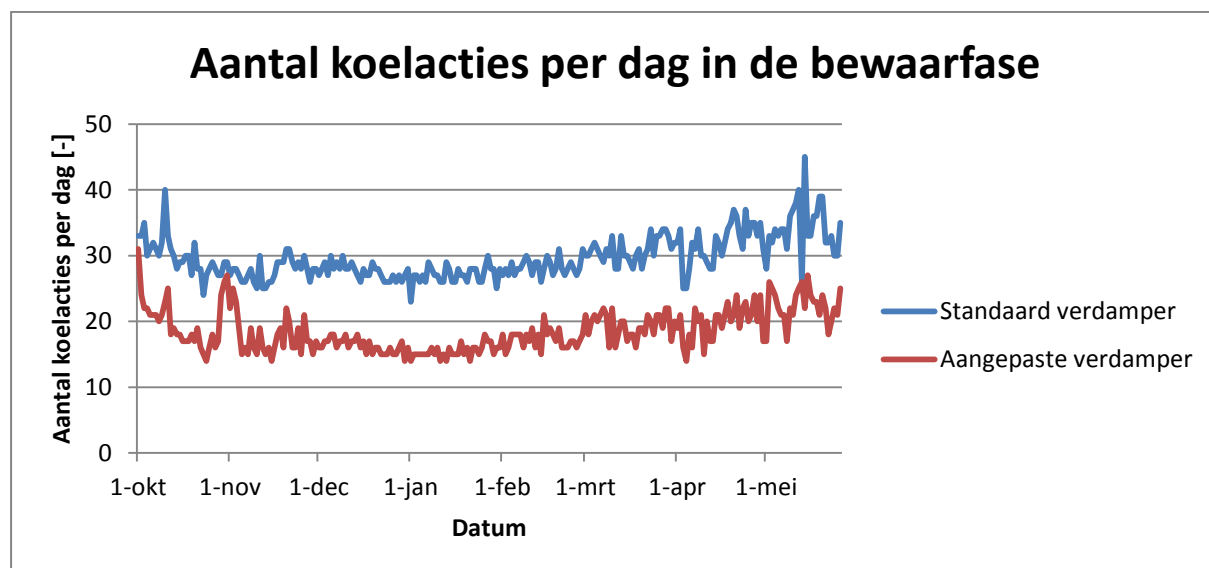
Naast de energiebesparing van ventilatorenergie is een reductie in totale koeltijd en koelacties geregistreerd. In onderstaande tabel zijn de verschillen in draaitijd en koelacties weergegeven.

Tabel 1: De totale koeltijd en aantal koelacties over een bewaarperiode van 8,5 maand.

ULO-cel	Totale draaitijd [minuten]	Aantal koelacties [-]
Standaard verdamper	41675	8014
Aangepaste verdamper	44638	5375

Uit Tabel 1 blijkt dat de ULO-cel met de aangepaste verdamper 7% meer draaitijd en 33% minder koelacties nodig heeft om dezelfde temperatuur te handhaven. Het verschil in draaitijd is opvallend daar in het voorgaande bewaarperiode 19% minder draaitijd is gemeten, wat juist een energiereductie van compressorarbeid bovenop de reductie van ventilatie-energie betekende. Het verschil in het aantal koelacties is moeilijk te verklaren, maar uitgegaan wordt van een handmatige registratiefout. Een hoger of lager aantal koelacties zegt niets over het energieverbruik, behalve dat de cel met een laag aantal koelacties blijkbaar makkelijker op temperatuur blijft. Wel is de variatie van het aantal koelacties per dag belangrijk. Een lage variatie in het aantal koelacties is gunstig voor het klimaat in de cel en dus gunstig voor de productkwaliteit omdat door een

constante en regelmatige koeling de temperatuurschommelingen, die vochtverlies stimuleren, geminimaliseerd worden. In Figuur 4 is niet te zien dat er verschil in regelmaat of variatie is gedurende de tijd. In beide ULO-cellen is eenzelfde patroon te zien. Wel is het aantal acties in de bewaarfase veel lager in de aangepaste ULO-cel.



Figuur 4: Het aantal koelacties per dag tijdens de gehele bewaarperiode.

Minder draaiuren en koelacties bij eenzelfde temperatuur betekent in theorie minder vochtonttrekking uit het product. De totale waterafgifte gemeten over de gehele bewaarperiode is per cel weergegeven in Tabel 2. Het verschil tussen beide ULO-cellen is 21%.

Tabel 2: De totale hoeveelheid waterafgifte over een bewaarperiode van 8,5 maand.

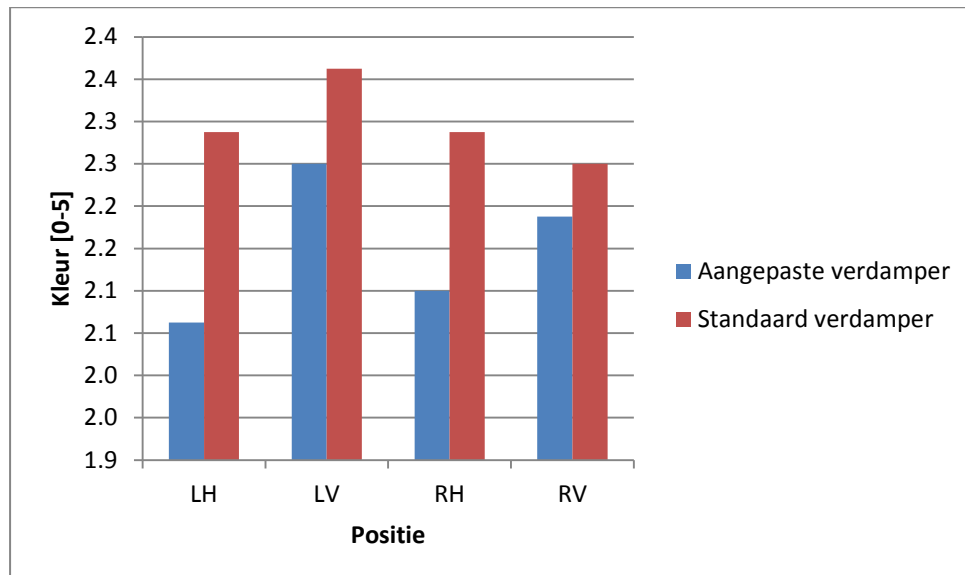
ULO-cel	Totale waterafgifte [liter]	Vochtafgifte [%]
Standaard verdamper	5484	2.7
Aangepaste verdamper	4325	2.2

Gesteld kan worden dat het gemeten water uit de cel afkomstig is uit het hout van de fruitkisten en grotendeels uit het product zelf. Dat betekent dat in aangepaste situatie meer kilo's product overblijft aan het einde van de bewaring. Ook het aantal vruchten in klasse I zal groter zijn. Met andere woorden, de vruchten bewaard in de standaard ULO-cel zullen wat meer uitdrogingsverschijnselen hebben.

Productkwaliteit

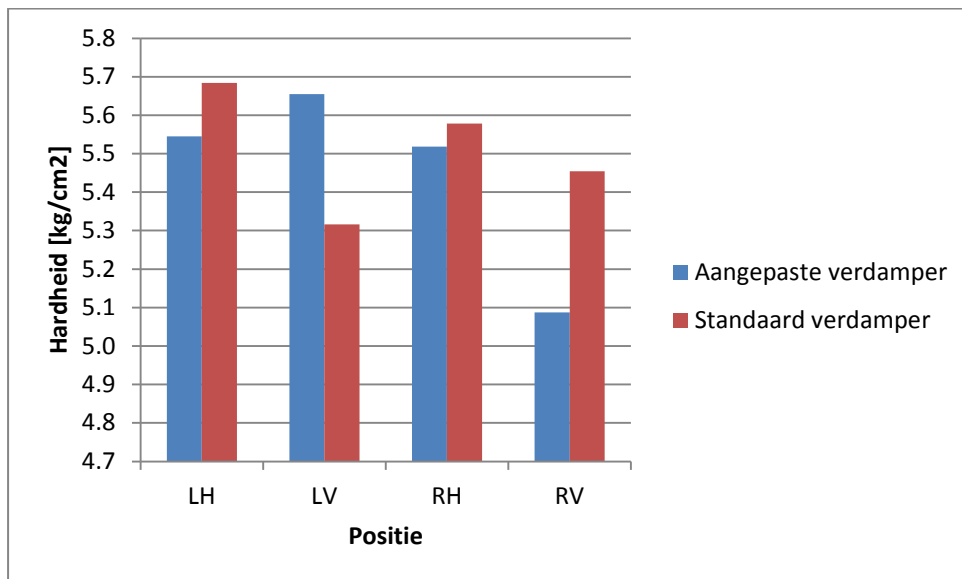
Uitdroging van peren uit zich in gewichtsverlies en slappe nekken. Meer uitdroging kan ook leiden tot een snellere veroudering van peren. Dit uit zich in hardheidsverlies en vergeling van de schilkleur. Aan het eind van de bewaring is de kwaliteit beoordeeld van de monsters. In Figuur 5,

Figuur 6 en Figuur 7 staat het verschil in kleur, hardheid en slappe-nekken-index weergegeven van de monsterzakken afkomstig van verschillende posities in de cellen. De posities zijn LV (=links voor), LH (=links half), RV (=rechts voor) en RH (=rechts half).



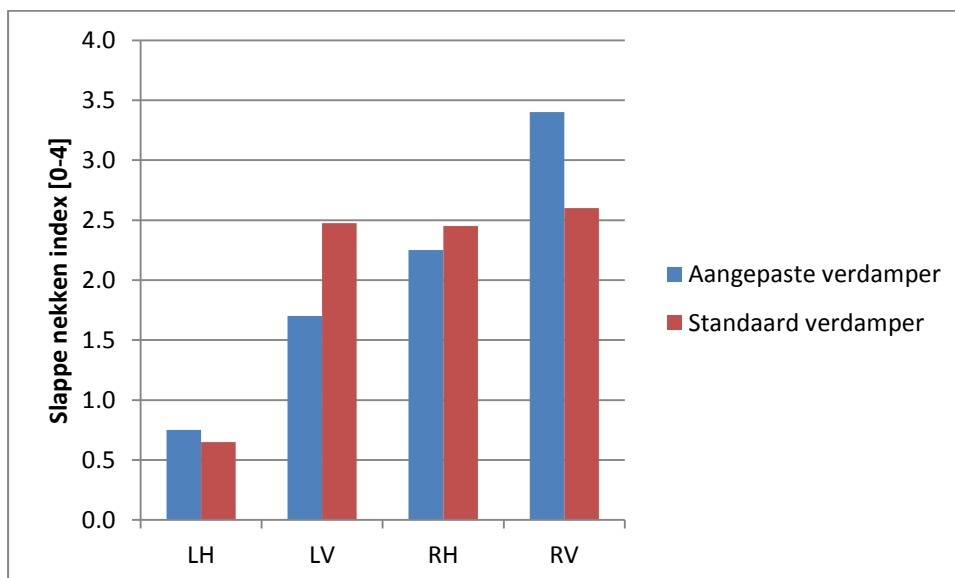
Figuur 5: De kleurscore op verschillende posities in aangepaste en standaard cel. Kleur 5 = geler.

Er is onderscheid te maken in het kleurverloop tussen de posities halverwege de cel en voorin de cel. De positie voor in de cel is in theorie de warmste plek in de cel. Als gevolg hiervan is de verwachting dat de peren op deze positie sneller rijpen. Dit uit zich in snellere geelverkleuring van peren. In Figuur 5 is dit effect duidelijk zichtbaar bij de cel met de aangepaste verdamper, waarbij het verschil tussen voor en half groot is. In vergelijking met de standaard cel is het kleurverloop van de peren in de aangepaste cel gunstiger. Gemiddeld is de kleur in de aangepaste cel 2.2 tegenover 2.3 in de standaard cel.



Figuur 6: De hardheid na bewaring op verschillende posities in aangepaste en standaard cel.

Het effect van versnelde rijping onder de verdamper, op de warmste plek in de cel, komt doorgaans ook tot uiting in de hardheid. In Figuur 6 is dit effect minder scherp, maar wel zichtbaar. Opmerkelijk is het verschil tussen de aangepaste en standaard op de posities link en rechts voor. Wellicht heeft dit te maken met de mate van afwijking van de uitblaaslucht. De aangepaste verdamper werpt de lucht meer naar links, waardoor de temperatuur onder de verdamper aan de rechterkant (rechtsvoor) relatief warmer en linksvoor juist kouder. Gemiddeld is de hardheid van de monsters in beide cellen gelijk, 5.5 kg/cm².

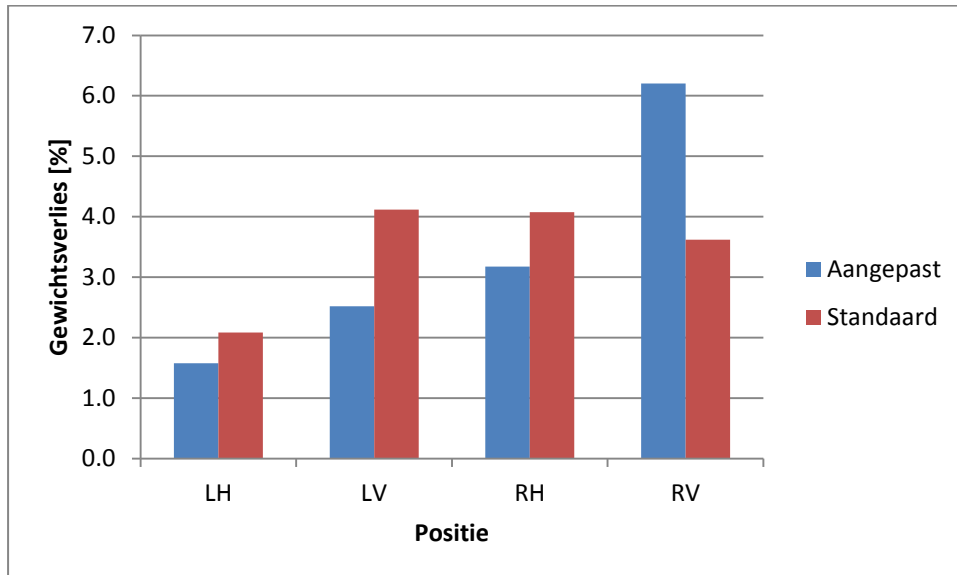


Figuur 7: De slappe-nek-score op verschillende posities in aangepaste en standaard cel.

De score van de slappe-nekken-index van de monsters op de posities voor en halverwege de cel laten zien dat de peren aan de linkerkant van de aangepaste cel minder slap zijn (zie Figuur 7). Een score onder de twee is commercieel acceptabel voor klasse I. Het verschil tussen links- en

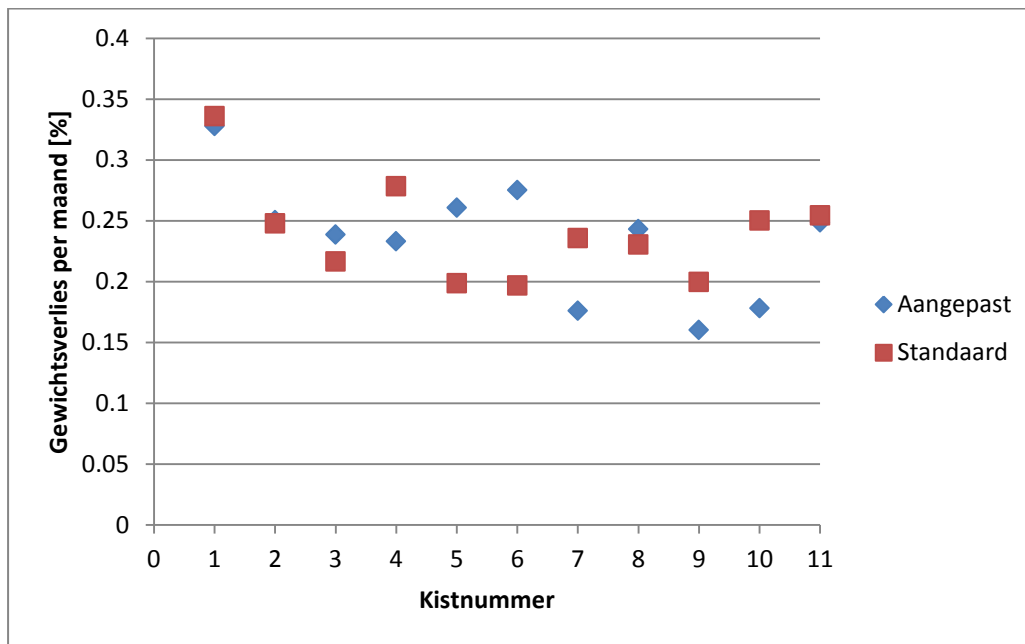
rechtsvoor in de aangepaste cel is vergelijkbaar aan het hardheidsbeeld (zie Figuur 6 en Figuur 7). In de standaardcel is alleen een gunstiger beeld waar te nemen op de positie linkshalf.

Van de monsterzakken en de stapel kisten is hieronder het gewichtsverlies gedurende de bewaarperiode van 8,5 maand weergegeven.



Figuur 8: Het gewichtsverlies van monsterzakken op verschillende posities in aangepaste en standaard cel.

In Figuur 8 is het gewichtsverlies weergegeven van de monsterzakken die gedurende de gehele bewaring op de verschillende posities in de kisten hebben gelegen. De waarden zijn de gemiddelden van twee monsterzakken per positie. De resultaten komen overeen met de slappe nekscore in Figuur 7. In de aangepaste cel hebben de monsters op de posities aan de linkerzijde van de cel minder gewicht verloren dan aan de rechterzijde. Dit effect is voornamelijk veroorzaakt door de afwijking in uitblaaslucht van de verdamper. Dit effect is in de standaardcel minder scherp. Op de positie 'rechtsvoor' na is het gewichtsverlies in de cel met de aangepaste verdamper lager dan in de standaardcel. Het gemiddelde gewichtsverlies van alle monsters is 3.4% in de aangepaste cel en 3.5% in de standaard cel.



Figuur 9: Het gewichtsverlies per maand per kist uit 1 kistenstapel.

In Figuur 9 is het gewichtsverlies per maand per kist weergegeven om het verschil in bewaarduur te compenseren. Te verwachten is dat de bovenste kisten meer koude lucht krijgen en daarom ook meer uitdrogen en de onderste kisten minder koude lucht en daarom meer uitdrogen. Echter een goed vergelijk is niet te maken. Uit de resultaten van de monsterzakken is duidelijk het effect te zien van de afwijking van de uitblaaslufter op de kwaliteit links en rechts in de cel. Aangezien de gewogen kistenstapel in de aangepaste cel aan de linkerkant van de cel stond en in de standaardcel aan de rechter kant zijn mogelijke verschillen in gewichtsverlies niet toe te schrijven aan het verdampertype. Er is geen duidelijk verloop in relatie tot de positie van de kisten in de stapel. Mogelijk hebben stapeling van alle kisten in de cel en vulling van de kisten meer invloed op het individuele gewichtsverlies. Het gemiddelde gewichtsverlies per maand is voor beide gemeten stapels 0,24% per maand.

4 Discussie

Er is zoveel mogelijk geprobeerd de ULO-cellen gelijk te houden qua techniek, bewaaromstandigheden en product. Waarbij alleen de verdamper verschillend zijn. Bijvoorbeeld door hetzelfde product van dezelfde teler, gelijke zuigdrukken, gelijke luchtdebieten, etc. Echter, het is niet gelukt de cel op hetzelfde tijdstip te vullen en vol te stapelen. Daarnaast is de bewaarduur niet even lang geweest. Hierdoor zijn mogelijke verschillen ontstaan in de snelheid en duur waarmee het product is ingekoeld en kan inhomogeniteit ontstaan zijn.

Er is 7% meer koeltijd geregistreerd in de ULO-cel met de aangepaste verdamper waar in het voorgaande seizoen nog reductie van 19% gemeten is. In relatie tot de gemeten energiereductie, het verschil in koelacties en gemeten waterafgifte ligt dit niet in de lijn der verwachting. Mogelijk is hier een registratiefout gemaakt, daar de dagelijkse cumulatieven handmatig ingevoerd worden. Dit is niet geverifieerd.

Doordat de compressoren van het koelsysteem actief zijn voor meerdere ULO-cellen is het moeilijk de energiereductie te kwantificeren. Immers de draaitijd registratie van de overige ULO-cellen zijn niet in dit project geanalyseerd.

21% minder condenswater leidt, volgens berekening, tot 0.5% minder vochtverlies. Bij een gemiddelde prijs per kilo van €0,50 zou dit voor de ULO-cellen van WFO op een besparing van €500 betekenen.

Een klein verschil is gemeten in gewichtsverlies van monsterzakken op de posities linksvoor en links/rechts halverwege in de cel in het voordeel van de ULO-cel met de aangepaste verdamper. Echter rechtsvoor in de cel, de positie die sowieso een 'hotspot' is, is het verschil groot ten nadele van de aangepaste verdamper. Gemiddeld is er 0.1% verschil in de gemeten gewichtsverlies. Wanneer op meer punten in de cel het gewichtsverlies wordt bepaald kan een meer representatieve waarde worden gevonden voor het totale gewichtsverlies van de gehele cel.

Wat betreft het gewichtsverlies van de kisten in de stapel is er is geen patroon. De vergelijkbaarheid is minimaal omdat de posities in de cel niet hetzelfde zijn geweest. Daar de deur van de ene cel aan de linkerkant zit en in de andere cel aan de rechterkant is de invloed van de luchtstroom niet uitgesloten. De verdamper werpt de lucht in beide gevallen meer naar links. Er is hier geen kwaliteitsvoordeel zichtbaar.

De luchtverdeling in de aangepaste cel was niet optimaal. De luchtstroom wijkt meer af naar links dan in de standaard cel. Dit had een negatieve werking op de kwaliteit aan de rechterzijde van de cel. Dit kan opgelost worden door de hoek van verdamperophanging aan te passen aan de uitblaasafwijking.

5 Conclusies

Energieverbruik

- Met het innovatieve verdampersysteem kan een reductie tot 70% van het opgenomen vermogen door de ventilatoren gerealiseerd worden (zie Figuur 3).
- Verschil in koeltijd geeft geen extra energievoordeel op basis van de draaitijdregistratie van dit bewaarperiode, daar waar metingen uit het vorige bewaarperiode een verschil opleverde van 19% in het voordeel van de aangepaste verdamper.

Productkwaliteit

- Er is 21% minder condenswater uit de ULO-cel met de aangepaste verdamper gemeten gedurende een gelijke bewaarperiode. Dit is een kwaliteitsvoordeel.
- Het gewichtsverlies van de monsterzakken is gemiddeld 0,1% lager in de ULO-cel met de aangepaste verdamper. Dit is een miniem kwaliteitsvoordeel.
- Voor kwaliteitsindicator kleur is een klein verschil in het voordeel van de ULO-cel met de aangepaste verdamper waargenomen.
- De kwaliteitsindicatoren hardheid en slappe-nek-score zijn gemiddeld genomen gelijk voor beide ULO-cellen. Op de meeste posities is er een licht voordeel voor de aangepaste verdamper, echter dit wordt opgeheven door de positie recht voor in de cel. Dit kan mogelijk veranderen wanneer de ophanging van de verdamper zo aan te passen dat de afwijking van de uitblaaslucht verminderd.

Algemene conclusie

Er kan een substantiële hoeveelheid ventilatorenergie bespaard worden met het innovatieve verdampersysteem. Daarnaast worden minder liters vocht door de innovatieve verdamper onttrokken aan de ULO-cel (door minder koeltijd). Dit kan resulteren in een kwaliteitsvoordeel. Gesteld kan worden dat het energie- en kwaliteitsvoordeel op dit moment (nog) niet opwegen tegen de investering. Wanneer de aanschafprijs van het verdampersysteem lager wordt heeft dit systeem veel potentie.