

S P R E N G E R I N S T I T U U T
Haagsteeg 6, 6708 PM Wageningen
Tel.: 08370-19013

(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)

RAPPORT NO. 2316

Ing. L. Bakker (Sprenger Instituut)
en Ing. H. Bouman (Consulentschap
voor de Tuinbouw te Hoorn)

BEPALING VAN DE ENERGIEBESPARING MET EEN
PLATENWARMTEWISSELAAR IN HET VENTILATIE-
KANAAL VAN EEN OPSLAGRUIMTE BESTEMD VOOR
HET DROGEN EN BEWAREN VAN BLOEMBOLLEN

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 147 (ISSN 0169-765X)
Oktober 1985

I N H O U D

	blz.
SAMENVATTING	2
1. Inleiding en doel van het onderzoek	3
2. Beschrijving meetopstelling en uitvoering van onderzoek	3
3. Meetresultaten	6
3.1. Luchthoeveelheidsmetingen	6
3.2. Drukmetingen	6
3.3. Relatieve vochtigheidsmetingen	7
3.4. Meten van temperaturen	10
4. Temperatuurrendement	11
5. De energiebesparing (op basis van verschil van enthalpie)	12
6. Kostenbesparing	15
7. Evaluatie	17
8. Conclusies	18
Literatuur	19

SAMENVATTING

Bij het drogen en bewaren van bloembollen wordt met buitenlucht geventileerd. Deze ventilatielucht moet vaak worden opgewarmd.

Om de energiebehoefte, en daarmee de energiekosten voor het opwarmen van de koude ventilatielucht te beperken kan een warmtewisselaar worden gebruikt. Dit apparaat hevelt warmte over van de warme uittredende cellucht naar de binnenkomende koude buitenlucht zonder dat vermenging optreedt. Gedurende de onderzoekperiode van 13 juli 1984 tot 20 november 1984 is in de gegeven bewaar ruimte een besparing van 9218 m^3 aardgas bereikt. Bij het drogen van het produkt is met ca. 15.000 m^3 buitenlucht per uur geventileerd en bij het bewaren met ca. 7.300 m^3 per uur.

Het extra electriciteitsverbruik in de gegeven periode bedroeg 3.124 kWh. Aan de ondernemer wordt overgelaten of de investering verantwoord is. Als basis voor deze beoordeling is een berekening gemaakt waarbij voor een zelf te bepalen terug verdientijd kan worden gekozen.

1. Inleiding

Bij opslag van bloembollen gelden droog- en bewaareisen die in een voor ieder produkt aan te geven klimaatconditie kunnen worden vertolkt. Onder klimaat wordt verstaan, temperatuur, relatieve vochtigheid, gasconcentraties en luchtcirculatie. Energie is nodig om te koelen, te verwarmen en om de lucht in de opslagruimte te circuleren en deze met buitenlucht te verversen.

Om de energiekostenpost bij het drogen en bewaren van bloembollen te beperken kan in de praktijk bij de ventilatie van de cel gebruik worden gemaakt van een warmtewisselaar.

Op verzoek van de Koninklijke Algemene Vereniging voor Bloembollencultuur (kring Noordelijk Zandgebied) is door het Consulentschap voor de Tuinbouw te Hoorn en het Sprenger Instituut te Wageningen onderzocht hoe groot de omvang van de energiebesparing is als een warmtewisselaar bij het drogen en bewaren van bloembollen wordt gebruikt. Voor de resultaten van toepassing van een warmtewisselaar bij heetstook van hyacinten wordt verwezen naar rapport no. 2258 van het Sprenger Instituut.

Dankzij de medewerking van het bloembollenbedrijf J. v.d. Wereld te Breezand en de installateur W.J. Wilms b.v. te Den Helder kon een proef worden uitgevoerd met een warmtewisselaar, die aangesloten was op een droog- en bewaarcel voor bloembollen. In deze cel worden achtereenvolgens tulpen, irissen en narcissen gedroogd. De narcissen worden daarna bewaard. Er werden metingen verricht om de energiebesparing vast te stellen.

In dit rapport wordt over het resultaat van dit onderzoek verslag uitgebracht.

2. Beschrijving meetopstelling en uitvoering van onderzoek

Boven de opslagruimte worden de ventilatieluchtstromen bij elkaar gebracht en door de Klima-warmtewisselaar (zie fig. 1) geleid.

De twee ventilatoren van de warmtewisselaar zijn met 2-toeren motoren uitgerust. Al naar gelang de ventilatiebehoefte kan er gekozen worden uit hoog-toeren of laag-toeren van de beide ventilatoren. Bij hoog-toeren was de luchtstroom ca. $15000 \frac{\text{m}^3}{\text{uur}}$ en bij laag-toeren was dit ca. $7300 \frac{\text{m}^3}{\text{uur}}$. Op deze wijze wordt bij drogen en bewaren een ventilatievoud aangehouden bij een maximale opslag (ca. $100 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$ produkt) van resp. ca. $150 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$ lucht per uur en ca. $73 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$ lucht per uur per m^3 produkt.

Om het rendement en de energiebesparing van de warmtewisselaar te kunnen berekenen wordt de temperatuur van de luchtstromen op enkele plaatsen gemeten. Bij het drogen van de bollen ontstaat een hoge relatieve vochtigheid van de

lucht in de opslagruimte. Deze warme, vochtige lucht wordt bij het verlaten van de cel door de warmtewisselaar gevoerd, waarbij er warmte aan de lucht wordt onttrokken. Als warme, vochtige lucht wordt afgekoeld kan er condensatie optreden.

Het condensatiewater wordt met een druppelvanger onderaan het apparaat opgevangen en via een afvoerleiding buiten de ruimte naar een vat geleid. De hoeveelheid condenswater wordt met een peilglas bepaald. De energiebesparing wordt berekend uit het resultaat van enthalpie- en condenswatermetingen (zie hoofdstuk 5).

De gebruikte warmtewisselaar bestaat uit een platenpakket met een oppervlakte van 562 m^2 .

Het vlakke en geribbelde platenstelsel van de warmtewisselaar zorgt voor een groot warmte-uitwisselend oppervlak. De platen zijn van aluminium en door lak (tweezijdig) beschermd tegen corrosie.

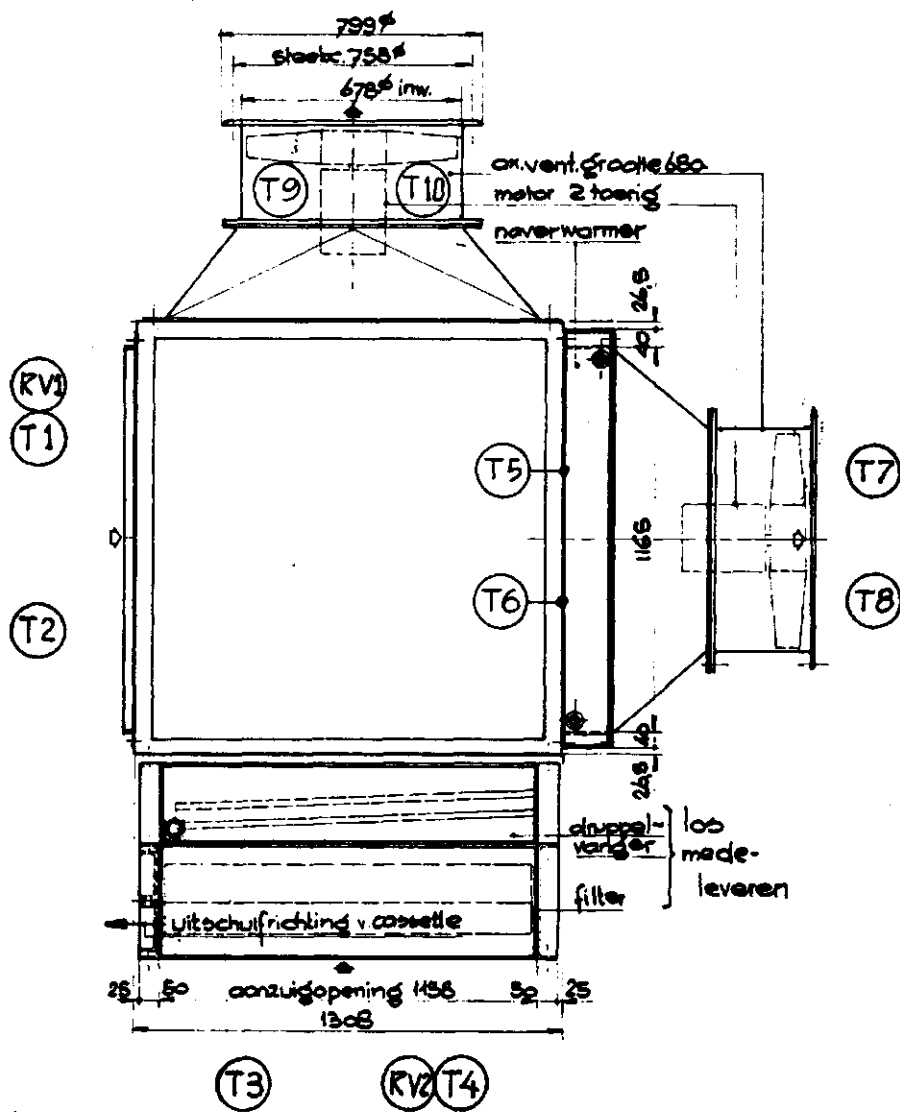
De heater bevindt zich direct na de warmtewisselaar.

De plaatsen waar de temperatuur en de r.v. gemeten zijn staan met "0" aangegeven. Voor een goede warmte-overdracht moeten de luchtstromen in en uit gelijk zijn. Voor de luchtverplaatsing is de warmtewisselaar uitgerust met 2 ventilatoren (motorvermogen 1,5/0,35 kW). De luchthoeveelheid is met een luchtsnelheidsmeter gecontroleerd.

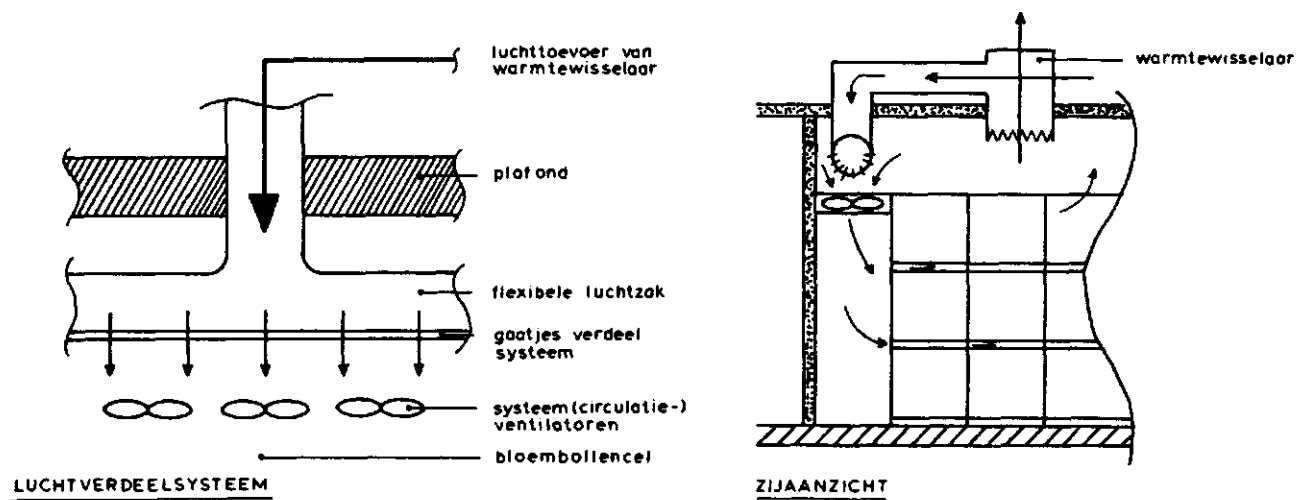
Uit de literatuur blijkt dat vervuiling de energiebesparing negatief kan beïnvloeden. Om vervuiling tegen te gaan is de wisselaar voorzien van een stoffilter. Om na te gaan of de vervuiling van het stoffilter invloed heeft op de ventilatoropbrengst is de luchtdruk weerstand over het filter gemeten. De lucht die via de warmtewisselaar in de ruimte stroomt moet boven de systeemwand worden verdeeld.

Voor de luchtverdeling is een luchtverdeelzak geïnstalleerd (zie fig. 2).

Aan de luchtverdeling in de ruimte is niet gemeten.



Figuur 1. Schema warmtewisselaar met aanduiding van meetplaatsen van temperaturen en relatieve vochtigheid



Figuur 2. Luchtverdeelsysteem (systeemwand)

3. Meetresultaten

3.1. Metingen aan luchthoeveelheid

Op enkele data zijn luchthoeveelheden gemeten. Behalve voor het vaststellen van de juiste hoeveelheid ventilatielucht waren de metingen ook bedoeld om achteruitgang van de luchthoeveelheid door vervuiling vast te stellen.

In tabel 1 zijn de meetresultaten weergegeven. De metingen zijn uitgevoerd met een Lambrecht vleugelrad-anemometer.

Tabel 1. Hoeveelheid ventilatielucht door warmtewisselaar bij drogen en bewaren

meetdatum	ingaaude lucht in m ³ /h		uitgaande lucht in m ³ /h	
	ventilatorstand		ventilatorstand	
	laag toeren	hoog toeren	laag toeren	hoog toeren
12-7	6568	14512	7348	15605
23-7	7162	16061	7212	15195
18-9	7857	14548	7565	14846
4-10	6967	14287	7984	15920
gemiddeld	7139	14852	7527	15391

De verschillen in in- en uitgaande lucht zijn verwaarloosbaar klein (< 10% van de gemiddelde waarde).

Bij de berekening van de energiebesparing is gerekend met de gemiddelde luchthoeveelheden.

3.2. Drukmetingen

Om vervuiling van de warmte-installatie tegen te gaan is de warmtewisselaar voorzien van een stoffilter.

Om het effect van de vervuiling van het filter op de ventilatoropbrengst te meten is de drukverdeling rond de installatie drie maal gemeten.

De metingen zijn met een schuine-buis manometer op twee plaatsen gemeten, te weten plaats A: drukverschil over stoffilter en plaats B: drukverschil over warmtewisselaar (zonder stoffilter).

Tabel 2. Drukmetingen warmtewisselaar

meet- datum	drukverschil in mm wK			
	Δp over stoffilter bij ventilator op stand		Δp over warmtewisselaar bij ventilator op stand	
	laag toeren	hoog toeren	laag toeren	hoog toeren
	23-7	0,86	-	5,4
18-9	0,80	4,4	4,4	16,4
4-10	1,04	5,6	4,1	16,0

Het stoffilter is voorzien van een indicator waaraan de vervuiling van het filter afgelezen kan worden.

Na ruim 4 maanden in bedrijf te zijn geweest gaf deze indicator aan dat het filter matig vervuild was.

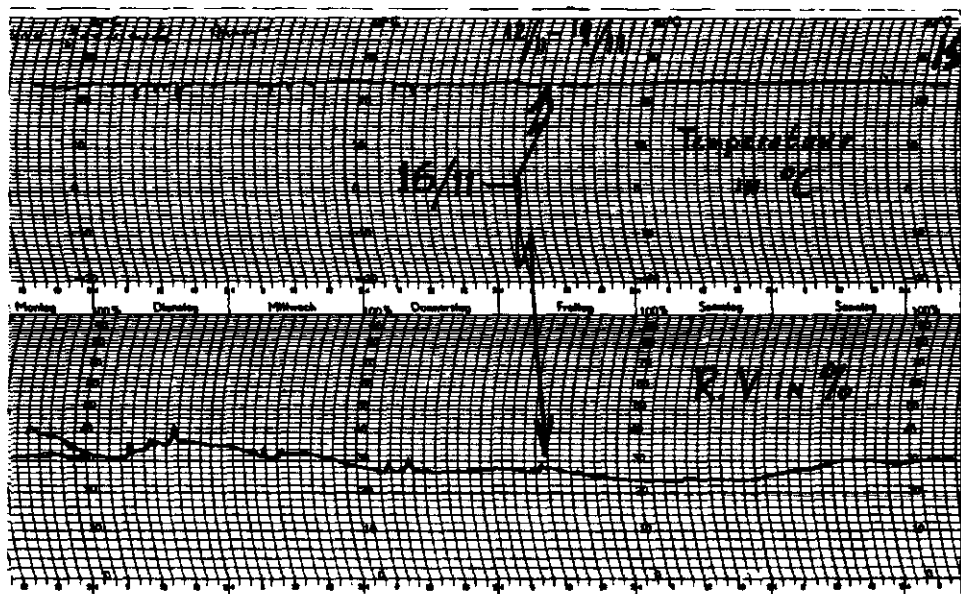
Het jaarlijks reinigen of vernieuwen van het filterdoek is gewenst.

De invloed van een toenemende vervuiling op het drukverschil over het filter is zichtbaar gemaakt door de drukmetingen: de luchtweerstand over het filter loopt tijdens de opslagperiode iets omhoog. De invloed van de iets verhoogde weerstand van het filter op de ventilatieluchtstroom is echter nihil.

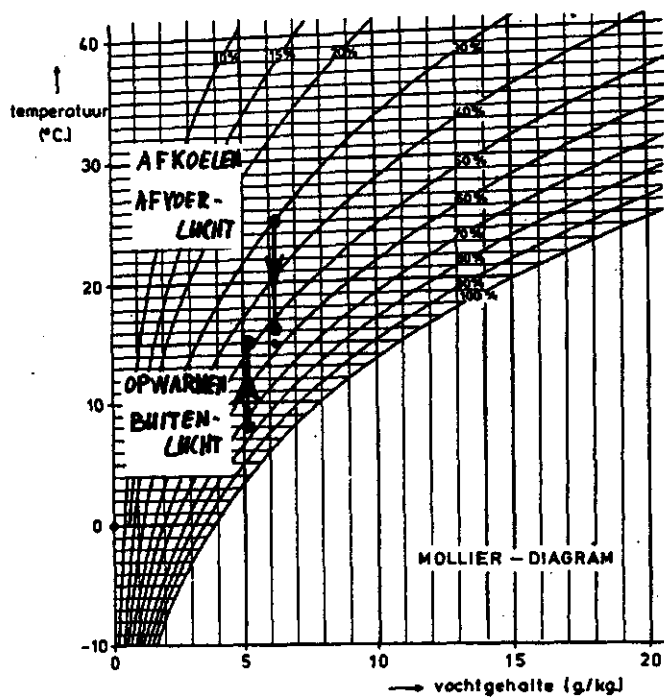
Tabel 2 geeft aan dat juist bij de laatste luchtdebietmeting de grootste uitgaande luchtstromen zijn gemeten.

3.3. Meten van relatieve vochtigheid

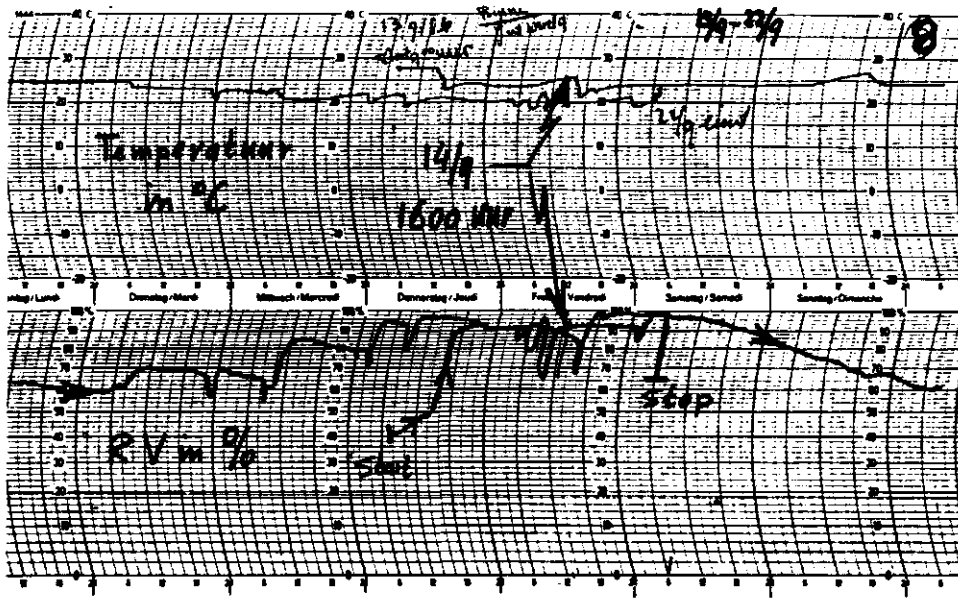
Om de energiebesparing op basis van de warmte-inhoud van de ventilatielucht te berekenen is het onder meer nodig de relatieve vochtigheid van de luchtstroom te weten. De r.v. is met thermohygrografen op twee plaatsen gemeten: in de opslagruimte en in de aangezogen verse buitenlucht direct voor de warmtewisselaar. Figuur 3a geeft de temperatuur- en r.v.-registratie in de opslagruimte weer over de periode van 12/11-19/11; figuur 4a geeft de temperatuur- en r.v.-registratie weer van de aangezogen buitenlucht over de periode van 13/9-22/9.



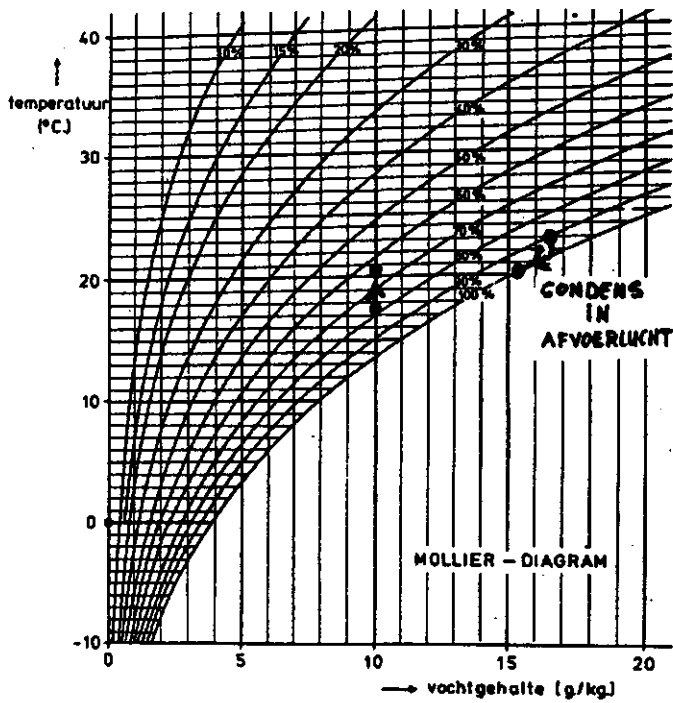
Figuur 3a. Temperatuur- en r.v.-verloop in cel bij bewaren van bloembollen



Figuur 3b. Toestandsverandering van luchtconditie van buiten- en cellucht in warmtewisselaar zonder condensatie van cellucht



Figuur 4a. Temperatuur- en r.v.-verloop van aangezogen buitenlucht



Figuur 4b. Toestandsverandering van luchtconditie van buiten- en cellucht in warmtewisselaar met condensatie van cellucht

In deze figuren staat met een pijlaanduiding een moment of tijdstip van proces aangegeven.

De toestandsverandering van de in- en uitgaande lucht door de warmtewisselaar op het gegeven tijdstip wordt door de figuren 3b en 4b aangegeven.

Uit de figuren 4a en 4b blijkt dat de zeer vochtige lucht uit de opslagruimte bij het afkoelen in de warmtewisselaar voor condensatiewater zorgt. Dit mag verklaard worden uit het feit dat voorafgaande aan de meting 40 palletkisten (1200 l) met nat produkt in de cel zijn geplaatst.

Figuur 3b geeft de toestandsverandering weer van de lucht tijdens een moment van een bewaarproces. Verder valt uit deze figuur af te leiden dat condensatie bij bewaring alleen bij een zeer lage buitentemperatuur zal optreden.

In tabel 5 wordt onder meer per meetperiode de gemiddeld gemeten r.v. en temperatuur van de aangezogen verse buitenlucht gegeven.

3.4. Meten van temperatuur

Een Honeywell-recorder is gebruikt om tijdens de periode van 12/7-20/11 de benodigde temperatuur om de 4 uur te meten en te registreren. In totaal is elke meetplaats 132 dagen x 24 uur : 4 uur = 792 maal gemeten en geregistreerd.

Figuur 1 geeft een inzicht over de meetplaatsen en tabel 3 toont de beschrijving van de meetplaatsen.

De Honeywell-registratielijst is gebruikt bij de bepalingen van:

- het temperatuurrendement
- de gemiddelde klimaatconditie van de aangezogen buitenlucht
- de soortelijke massa van de lucht bij in- en uitrede van de opslagruimte.

Tabel 3. Plaats van meting van temperatuur (T) en relatieve vochtigheid (r.v.)

meetpunt no.	plaats
T1 en T2	buitenlucht (ventilatie-in) bij intrede warmtewisselaar
T3 en T4	lucht in opslagruimte (ventilatie-uit) bij intrede warmtewisselaar
T5 en T6	opgewarmde buitenlucht, na warmtewisselaar, maar voor heater
T7 en T8	buitenlucht op gewenste temperatuur bij intrede bollencel voor systeemwand
T9 en T10	afgekoelde lucht uit opslagruimte, na warmtewisselaar, af te voeren naar buitenomgeving
RV 1	relatieve vochtigheid buitenlucht bij intrede warmtewisselaar
RV 2	relatieve vochtigheid lucht in opslagruimte

4. Bepaling van het temperatuurrendement

Het rendement waarmee de warmtewisselaar de warmte-inhoud van de warme cellucht overhevelt naar de verse buitenlucht kan als volgt worden berekend:

$$\text{rendement } \eta = \frac{\frac{T_6 + T_5}{2} - \frac{T_1 + T_2}{2}}{\frac{T_3 + T_4}{2} - \frac{T_1 + T_2}{2}} \times \frac{M_1}{M_2} \times 100\%$$

daarbij is

M 1 = massa van de opgewarmde buitenlucht bij intrede van de opslagruimte

M 2 = massa van de warme lucht van de opslagruimte bij intrede van de warmtewisselaar

Uit de temperatuur en r.v.-metingen is gebleken dat de verhouding M 1/M 2 gemiddeld genomen iets hoger is dan 1. Voor de massastroom M 1 is als laagste waarde M 1 = 1,19 kg/m³ berekend en als hoogste waarde M 1 = 1,21 kg/m³. Voor de massastroom M 2 is een waarde van vrijwel constant M 2 = 1,18 kg/m³ berekend. Het temperatuurrendement moet, rekening houdend met de verhouding M 1/M 2, verhoogd worden met 0,7% tot 1,3% afhankelijk van de laagste respectievelijk de hoogste waarde van de verhouding M 1/M 2. In tabel 4 staat het temperatuurrendement per periode vermeld. De waarden zijn met 1% verhoogd (gemiddelde waarde M 1/M 2) om de werkelijke rendementen te bepalen.

Tabel 4. Temnperatuurrendement warmtewisselaar

aantal dagen	meetperiode	ventilatie in m ³ /uur	temperatuurrendement in %
38	13/ 7 - 20/ 8	7330	54
13	20/ 8 - 3/ 9	15120	52
10	3/ 9 - 13/ 9	15120	47
13	13/ 9 - 26/ 9	7330	57
3	26/ 9 - 29/ 9	15120	47
6	29/ 9 - 4/10	7330	54
47	4/10 - 20/11	15120	47

n-gemiddeld bij 7330 m³/h = 55%
n-gemiddeld bij 15120 m³/h = 48%
n-gemiddeld over de totale periode = 51%

Volgens de leverancier zou deze warmtewisselaar onder de gegeven omstandigheden een rendement van ca. 63% moeten hebben. Metingen en opgave stemmen niet geheel overeen.

Een goede verklaring voor de afwijking kan niet worden aangegeven. Een gegeven is dat de ventilator voor de afvoer van de cellucht a-symmetrisch staat opgesteld.

Mogelijk dat de luchtverdeling in de wisselaar minder goed is dan bij een symmetrische opstelling van de ventilator.

Uit eerder verricht onderzoek is gebleken dat de hoogte van de buitentemperatuur of van de ruimtetemperatuur geen invloed heeft op het rendement.

Opvallend is dat in de periode van 13/9-26/9 het rendement ca. 6% hoger is dan het gemiddelde rendement. Als redenering kan worden aangevoerd dat in die periode ca. 355 l condensatiewater is opgevangen. Bij condensatie in de warmtewisselaar van de waterdamp die uit de ruimtelucht naar buiten wordt afgevoerd komt condensatiewarmte vrij, die in de warmtewisselaar voor een groot deel extra aan de ingaande luchtstroom kan zijn overgedragen.

5. Energiebesparing

De besparing kan worden vertaald in energiebesparing uitgedrukt in m³ aardgas of in geld.

Voor de berekening van de besparing hanteren we de volgende uitgangspunten:

1. De verbrandingswaarde van 1 m³ Slochteren-aardgas is 35,2 MJ.
Dit is de zogenaamde bovenwaarde. Bron: Gasunie, SVEN.
2. Uitgaande van de bovenwaarde is het rendement voor een verwarmingsinstallatie zonder rookgascondensator ca. 70%.
3. Het elektriciteitsverbruik van de extra axiaalventilator is een kostenpost ten nadele van de energiebesparing.

Bij de bepaling van de energiebesparing in m³ aardgas wordt de volgende berekening gevolgd:

$$\text{besparing in m}^3 \text{ gas} = \frac{t \times V \times \rho_l \times h}{Q_g}$$

waarin:

t = duur van de periode in uren

V = ventilatiehoeveelheid in m³ per uur

ρ_l = soortelijke massa van de lucht in kg per m³ lucht gerekend wordt met

$$\rho l = 1,20 \text{ kg/m}^3$$

h = verkregen extra warmte-inhoud in kJ per kg lucht

Qg = nuttige warmte-inhoud van een m³ aardgas in kJ per m³ gas.

De energiebesparing is per periode berekend (zie tabel 5).

Per periode is eenzelfde of een ander produkt gedroogd danwel bewaard. De lage ventilatiehoeveelheid van 7330 m³ per uur is tijdens het bewaren vaak gebruikt.

De hoge ventilatiehoeveelheid is meestal tijdens het drogen aangehouden. Als het drogen te snel verliep werd op het lage toerental teruggeschakeld.

De temperatuur en relatieve vochtigheid die in tabel 5 worden vermeld zijn de gemiddelde waarden. Deze zijn bepaald aan de hand van de thermohygrograaf formulieren en van de Honeywell-registratielijsten.

De extra warmte-inhoud (zie tabel 5) wordt omgerekend naar aardgashoeveelheden. 1 m³ aardgas levert een warmtehoeveelheid van 35200 kJ (bovenwaarde). Niet al deze warmte wordt gebruikt voor opwarming van de cellucht. Bij warmwaterinstallaties zoals gebruikelijk toegepast bij bloembollenopslag wordt 70% van deze bovenwaarde omgezet in effectieve warmtebenutting.

Dat betekent dat 1 m³ aardgas een warmtehoeveelheid levert van:

$$Qg = 0,7 \cdot 35200 = 24640 \text{ kJ/m}^3 \text{ aardgas.}$$

De totale aardgasbesparing bedraagt 9218 m³ aardgas. Aan elektrische energie wordt extra verbruikt (73 dagen x 1,5 + 59 dagen x 0,35) x 24 uur = 3124 kWh. Bij deze berekening nemen we aan dat het geïnstalleerde en het opgenomen vermogen van de axiaalventilator hetzelfde is.

Het elektriciteitsverbruik is niet gemeten. Ook het totale energieverbruik is niet gemeten door gebrek aan mogelijkheden en middelen.

Tijdens de onderzoeksperiode is 630 l aan condensatiewater gemeten. De warmte die bij de condensatie vrij gekomen is bedraagt ca. 1,6 miljoen kJ. Indien deze warmte voor 100% door de warmtewisselaar is overgedragen aan de koude binnentredende ventilatielucht dan is voor verwarming van deze ventilatielucht 1.600.000 kJ: 24640 kJ/m³ aardgas is 65 m³ aardgas minder verbruikt.

Tabel 5. Energiebesparing bij drogen en bewaren met warmtewisselaar

periode data in 1984 van	tot	in uren	produkt	in $\frac{m^3}{h}$	klimaatconditie buitenlucht										extra warme inhoud in kJ/kg m gas	energie- besparing m ³ gas
					voor de wisselaar					na de wisselaar						
					T in °C	RV in %	enthalpie in kJ/kg	T in °C	enthalpie in kJ/kg	condens in liter						
13-7	20-8	912	tulp	7330	17,7	70	40,14	20,8	45,0	-	4,86	1595				
20-8	3-9	312	iris	15120	19,8	65	43,62	22,2	46,0	-	2,4	556				
3-9	13-9	240	namus	15120	16,1	70	36,30	19,7	40,4	25	4,1	730				
13-9	26-9	312	namus	7330	16,1	80	39,2	19,9	43,1	355	3,0	438				
26-9	29-9	72	namus	15120	15,4	75	36,1	19,2	40,0	250	3,9	208				
29-9	4-10	192	namus	7330	14,6	75	34,2	19,4	39,0	-	4,8	331				
4-10	20-11	1128	namus	15120	12,3	75	29,1	18,4	35,5	-	5,4	5360				
											630	9218 totaal				

6. Kostenbesparingen

Door de te verwachten toekomstige besparingen te kapitaliseren is het mogelijk een afweging te maken of een investering economisch verantwoord is.

Voor de hier gehanteerde rekenmethode om de besparingen voor de toekomst te berekenen wordt uitgegaan van de rekenmethode die door het LEI (Landbouw Economisch Instituut) wordt toegepast om de netto-constante-waarde (NCW) van een investering te bepalen (Mededeling 265 van het LEI).

Er wordt naar gestreefd deze rekenwijze voor alle mogelijke energiebesparende maatregelen toe te passen om uit te rekenen welke investering het hoogste financiële rendement oplevert.

Daar de hoogte van de investering voor een dergelijke warmtewisselaar niet exact vast staat wordt het investeringsbedrag in de berekening als I_0 opgenomen. Nu kan een saldoberekening van baten en lasten worden gemaakt.

Het elektriciteitsverbruik van de ventilatoren bedraagt onder de gegeven omstandigheden:

ventilator gedurende 1416 uren laag toeren: $1416 \times 0,35 = 496$ kWh
ventilator gedurende 1752 uren op hoog-toeren: $1752 \times 1,5$ kWh = 2628 kWh.

De netto kostenbesparing volgt uit:

Aardgasbesparing 9218 m ³ à f 0,6622 =	f 6.104,--
Kosten elektriciteitsverbruik 3124 kWh à f 0,256 =	f 800,--

Netto kostenbesparing is	f 5.304,--

Jaarlijkse stijging van de kosten en prijzen 3%:

Onderhoudskosten per jaar: f 100,--

Rentevoet per jaar : 7%

Aantal jaren waarover men de besparingen wil weten = n.

Rekenmodel

$$N.C.W. = \sum_{i=1}^n \frac{(nettobesparing - onderhoudskosten) \times 1,03^{(i)}}{1,07^i} - I_0$$

* i is het aantal jaren

Als we voor dit model de besparing van het eerste jaar willen berekenen krijgen we het volgende:

$$\text{besparingsaldo} \frac{f(5304 - 100) \times 1,03^1}{1,07^1} = f 5.009,--$$

In het tweede jaar is dit:

$$\frac{f(5304 - 100) \times 1,03^2}{1,07^2} = f 4.822,--$$

Totaal na 2 jaar f 9.831,--.

De besparingsaldi van het eerste tot en met het tiende jaar staan in tabel 6. In de laatste kolom is de som van de besparingen na elk jaar weergegeven.

Tabel 6. Kostenbesparing met een warmtewisselaar

jaar na investering	besparings-saldo	som van de besparingsaldi
1	5009	5009
2	4822	9831
3	4642	14473
4	4468	18941
5	4301	23242
6	4141	27383
7	3986	31369
8	3837	35206
9	3693	38899
10	3555	42454

Wanneer de besparingen hoger worden dan de investering (I₀) wordt de netto contante waarde (NCW) positief en zal de investering economisch verantwoord zijn.

Stel dat de investering na aftrek van de diverse subsidies ca. f 14.000,-- bedraagt, dan blijkt uit bovenstaande tabel dat deze investering binnen 3 jaar is terugverdiend (NCW is na drie jaar positief).

Het mag duidelijk zijn dat de hier genoemdealdi alleen gelden voor de hierboven beschreven situaties. Voor elke andere toepassing moet een nieuwe berekening worden gemaakt. Daarnaast moet worden opgemerkt dat het najaar van 1984 aanmerkelijk warmer is geweest dan we mochten verwachten op grond van het 20-jarig temperatuurgemiddelde van vliegveld De Kooy. Gemiddeld scheelde dit zo'n 2^o C.

Het gevolg hiervan is dat de gasbesparing gemiddeld ca. 15-20% hoger zal zijn

dan bij de proef is bepaald.

7. Evaluatie

Factoren die de energiebesparing en daarmee de terugverdientijd van de investing beïnvloeden zijn o.a.:

- De buitentemperatuur
- De binnentemperatuur
- De gasprijs
- De elektriciteitsprijs
- Doel behandeling: heetstook, drogen of bewaren
- De periode van de behandeling
- Het rentepercentage
- De te verwachten kostenstijging
- Afname van het rendement
- Ventilatieluchthoeveelheid
- Het rendement van de verwarmingsinstallatie.

Bij de bepaling van de kostenbesparing is geen rekening gehouden met de extra investering voor luchtkanalen, voedingskabel en regelapparatuur, benodigde bouwkundige aanpassingen enz. Het zal duidelijk zijn dat dergelijke posten per bedrijf anders zijn en dus een verschillende (negatieve) uitwerking hebben op de terugverdientijd.

Bij de keuze van een warmtewisselaar moet sterk gelet worden op de wensen van de gebruiker. Het is voornamelijk de gewenste ventilatiehoeveelheid per produktvolume die bepalend is voor de grootte van de warmtewisselaar. Daarom is het wenselijk de ventilatiehoeveelheid in meer dan twee standen regelbaar te maken. Dit geldt vooral als dikwijls met een sterk wisselende belading van de cel wordt gewerkt.

Opgemerkt dient te worden dat toepassing van een warmtewisselaar alleen perspectief biedt als een hoge ventilatie vereist is. Het is bepaald niet uitgesloten dat het circulatie/ventilatie-onderzoek, een samenwerkingsproject tussen Sprenger Instituut en LBO, zal leiden tot een verlaging van de thans gehanteerde ventilatienormen bij temperatuurbehandelingen. Eerdere onderzoeken op dit terrein wezen reeds in die richting. Als dit inderdaad het geval is, zal opnieuw moeten worden bezien of aanschaffing van een warmtewisselaar bij temperatuurbehandelingen verantwoord is.

8. Conclusies

- De berekende gasbesparing tijdens de onderzoeksperiode van 13 juli tot 20 november 1984 bedroeg 9218 m^3 aardgas. Uitgegaan is van een rendement van de verwarmingsinstallatie van 70% en een bovenwaarde van $35,2 \text{ mJ per m}^3$ aardgas.
- Door de extra benodigde afzuigventilator van de warmtewisselaar is 3124 kWh meer stroom verbruikt.
- Het gemeten temperatuurrendement van de onderzochte warmtewisselaar was bij een ventilatie van $7300 \text{ m}^3/\text{h}$ ca. 55% en bij een ventilatie van $15000 \text{ m}^3/\text{h}$ ca. 48%. Onder de gegeven omstandigheden wordt door de leverancier een rendement opgegeven van ca. 63%.
- De gemeten resultaten zijn in één seizoen voor één specifieke situatie bepaald.
- Gedurende de meetperiode is de gemiddelde buitentemperatuur ca. 2°C hoger geweest dan de in deze omgeving gebruikelijke buitentemperatuur. Verwacht wordt dat de gasbesparing gemiddeld 15-20% hoger zal zijn.
- Om vervuiling van de warmtewisselaar tegen te gaan werd de uittrekkende cel-lucht eerst door een stoffilter geleid. Na de onderzoeksperiode was het filter matig vervuild. Het verdient aanbeveling het filterdoek elk jaar te reinigen. Het matig vervuilde filter had geen meetbare invloed op de opbrengst van de ventilator.
- Om een afweging mogelijk te maken of de investering economisch verantwoord is wordt gebruik gemaakt van de rekenmethode die door het LEI wordt toegepast om de netto-contante-waarde (NCW) van een investering te bepalen.

NCW = besparingssaldo - Investering.

Is de NCW binnen door de gebruiker gekozen termijn positief dan kan men tot aanschaf overgaan.

Onderstaande tabel geeft het besparingssaldo weer voor diverse termijnen.

termijn in jaren	besparingssaldo in f
1	5009
2	9831
3	14473
4	18941
5	23242
6	27383
7	31369
8	35206
9	38899
10	42454

De tabel laat de keuze open in hoeveel tijd de investering terug verdient moet zijn. Deze keuze ligt bij de investeerder.

Literatuur

1. Ethyleen en kooldioxide in ventilatielucht tijdens de heetstookbehandeling van hyacinten.

H.A.M. Boerrigter en H. Bouman.

Interimrapport no. 22, Sprenger Instituut, Wageningen.

2. Een beslissingsmodel voor energiebesparende voorzieningen.

* Mededeling no. 265, LEI.

3. Bepaling van de energiebesparing met een platenwarmtewisselaar in het ventilatiekanaal van een heetstookcel voor hyacinten.

H.A.M. Boerrigter en H. Bouman.

Rapport no. 2258, Sprenger Instituut, Wageningen.