

**TNO-Briefbericht**

**BRR 2008KWI/007**

**Bestimmung des Temperaturwirkungsgrads eines  
Wärmetauschers mit einer spezifischen Länge von  
378 mm für die Wärmerück-gewinnung aus  
Ventilationsluft nach NEN-EN 308**

Datum	21. Dezember 2007
Autor(en)	G.J. Afink
Projektnummer	78812
Stichwörter	Wärmerückgewinnung Wirkungsgrad
Auftraggeber	J.E. Stork Ventilatoren BV Lingenstraat 2 8028 PM Zwolle

Alle Rechte vorbehalten.

Nichts in dieser Ausgabe darf ohne vorherige Zustimmung von TNO durch Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder irgendeine andere Weise vervielfältigt und/oder veröffentlicht werden.

Wenn dieser Bericht im Auftrag erstellt wurde, wird in Bezug auf Rechte und Pflichten des Auftraggebers und des Auftragnehmers auf die Allgemeinen Bedingungen für Forschungsaufträge an TNO sowie den betreffenden, darüber zwischen den Parteien geschlossenen Vertrag verwiesen.

Die Einsichtnahme von unmittelbar Betroffenen in den TNO-Bericht ist zulässig.

© 2008 TNO

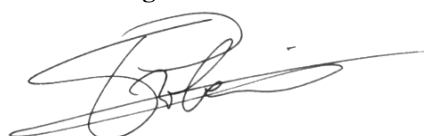
**Verantwortung**

**Unterschrift:**



G.J. Afink  
Projectleider

**Genehmigt durch:**



Ing. A.A.L. Traversari, MBA  
Abteilungsleiter

## Zusammenfassung

Im Auftrag der J.E. StorkAir in Zwolle wurde durch TNO-KWI die Leistung eines in eine Testbox eingebauten Wärmetauschers aufgrund der in NEN-EN 308 angegebenen Ausgangspunkte festgestellt.

Die Testbox war nicht mit Ventilatoren versehen, sodass die gewünschten Luftmengen mit Hilfe der Ventilatoren der TNO-Messanlage eingestellt wurden.

Die Druckbereiche an den Ein- und Auslassseiten der Testbox wurden nicht auf das normale Betriebsniveau abgestimmt.

Der Wirkungsgrad des Wärmetauschers mit einer spezifischen Länge von 378 mm bei einem Luftdurchsatz von 150 m<sup>3</sup>/h und unter Normbedingungen bei +5 °C Zuluft und 25 °C Abluft beträgt 92,7% bei 150 m<sup>3</sup>/h Volumenbilanz und 90,2 bei 150 m<sup>3</sup>/h Massenbilanz.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Messergebnisse .....</b>	<b>4</b>
2.1	Messung bei 150 m <sup>3</sup> /h mit Volumenbilanz und Massenbilanz .....	4
<b>3</b>	<b>Normen .....</b>	<b>5</b>
	Anhang 1 Übersicht Betriebsbedingungen und Ergebnisse Messung bei 150 m <sup>3</sup> /h mit Volumenbilanz	
	Anhang 2 Übersicht Betriebsbedingungen und Ergebnisse Messung bei 150 m <sup>3</sup> /h mit Massenbilanz	

## 1 Einleitung

Im Auftrag der J.E. StorkAir in Zwolle wurde durch TNO-KWI eine Wirkungsgradmessung an einem Wärmetauscher für Luft, eingebaut in eine Testbox, entsprechend der Norm NEN-EN 308 ausgeführt.

Zweck dieser Untersuchung ist die Ermittlung des Temperaturwirkungsgrads eines Gegenstromwärmetauschers zur Wärmerückgewinnung aus Ventilationsluft.

Das Untersuchungsobjekt ist keine WT-Standardeinheit, sondern besteht aus einem Wärmetauscher mit einer spezifischen Länge von 378 mm, der in einen Kasten mit vier Luftanschlüssen eingebaut wurde. In dem Kasten wurden keine Ventilatoren angebracht. Bei einer Standard-Normmessung werden die internen und externen Leckströme ermittelt. Da es sich hier nicht um ein Standardprodukt handelt, wurde nur der energetische Wirkungsgrad des Wärmetauschers mittels einer Messung bestimmt. Diese Messung wurde entsprechend der Norm NEN-EN 308 bei den in Tabelle 1 genannten Luftbedingungen ausgeführt.

Tabelle 1 Luftbedingungen nach NEN-EN 308

	<b>Zuluft</b>	<b>Abluft</b>	
Messung Nr.	°C	°C	g/kg (RF %)
1	5 ±1	25 ±1	5,5 ±0,5 (~28)

Die Luftmengen sowohl bei der Zuluft als auch bei der Abluft betragen ca. 150 m<sup>3</sup>/h. Die Testbox war nicht mit Ventilatoren versehen, sodass die gewünschten Luftmengen mit Hilfe der Ventilatoren der TNO-Messanlage eingestellt wurden. Die Druckbereiche an den Ein- und Auslassseiten der Testbox wurden nicht auf das normale Betriebsniveau abgestimmt.

## 2 Messergebnisse

### 2.1 Messung bei 150 m<sup>3</sup>/h mit Volumenbilanz und Massenbilanz

Die statischen Drücke wurden bei den eingestellten Luftmengen gemessen. Da die Testbox nicht mit Ventilatoren versehen war, wurden die Messungen unter Überdruck ausgeführt. Die an Einlass- und Auslass-Anschlüssen gemessenen Drücke sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die Messungen wurden bei gleichen Volumenströmen und bei gleichen Massenströmen ausgeführt.

In den Tabellen 2 und 3 sind die eingestellten statischen Drücke auf der Ein- und der Auslassseite des Apparats bei 150 m<sup>3</sup>/h dargestellt.

Tabelle 2 Statische Drücke Testbox bei gleichen Volumenströmen

	<b>Einlassseite</b> <b>Pa</b>	<b>Auslassseite</b> <b>Pa</b>
Zuluft	122	43
Abluft	103	42

Tabelle 3 Statische Drücke Testbox bei gleichen Massenströmen

	<b>Einlassseite</b> <b>Pa</b>	<b>Auslassseite</b> <b>Pa</b>
Zuluft	122	43
Abluft	111	44

Die Temperaturwirkungsgrade wurden in beiden Situationen für die Massenbilanz 'Zuluft Aus' und 'Abluft Ein' korrigiert.

Die Temperaturwirkungsgrade wurden über einen Zeitraum von 4 aufeinanderfolgenden Messperioden von 10 Minuten bestimmt, wobei die Stabilität der Messung die Kriterien erfüllt, die in NEN 5138-2004 an die Messanlagen für WT-Apparate gestellt werden.

Die Temperaturwirkungsgrade beider Messungen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4 Temperaturwirkungsgrad bei 150 m<sup>3</sup>/h

Messbedingung	$\eta_{WT}$ %	$\eta_{WT-kor}$ %
Volumenstrom (Bilanz)	87,9	92,7
Massenstrom (Bilanz)	90,9	90,2

Die Messdaten beider Messungen sind in den Anhängen 1 und 2 dargestellt.

Es wurden keine internen Leckmessungen ausgeführt.

Da die Drücke in beiden Zweigen gleich waren, kann von einem internen Leck zwischen beiden Luftströmen kaum die Rede sein. Es liegen jedoch kleine Differenzen in den eintretenden und austretenden Massenströmen vor. Diese Differenzen können durch ein internes Leck und/oder durch die Messgenauigkeit der Messanlage verursacht werden (Durchflussmessung ca. 2,0%).

### 3 Normen

NEN-EN 308 Wärmetauscher. Prüfverfahren zur Festlegung von Leistungsanforderungen von Wärmerückgewinnungsapparaten

Anhang 1 Wirkungsgradmessung bei 150 m<sup>3</sup>/h aufgrund der Volumenbilanz

Messung EN 308		Nenndurchsatz		150 m <sup>3</sup> /h	
Apparat	Stork_WTW Block 378 mm, Box	Datum	4.12.2007		
<b>Zuluft</b>					
T Eintritt	°C	4,99	T Austritt	°C	22,56
RF	%	65,3	RF	%	20,9
Druck	Pa	122	Druck	Pa	43
qv	m <sup>3</sup> /h	150,4	qv	m <sup>3</sup> /h	156,0
qm	kg/h	190,9	qm	kg/h	186,1
h ein	kJ/kg	13,82	h aus	kJ/kg	31,64
X ein	g/kg	3,5	X aus	g/kg	3,5
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,269	spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,193
Pd wd max.	kPa	0,871	Pd wd max.	kPa	2,731
Pd wd	kPa	0,569	Pd wd	kPa	0,571
Tnb	°C	2,5	Tnb	°C	11,0
Q ein	kJ/h	2637,0	Q aus	kJ/h	5887,9
<b>Abluft</b>					
T Eintritt	°C	24,99	T Austritt	°C	6,32
RF	%	22,2	RF	%	73,8
Druck	Pa	103	Druck	Pa	42
qv	m <sup>3</sup> /h	149,0	qv	m <sup>3</sup> /h	139,4
qm	kg/h	176,4	qm	kg/h	175,9
h ein	kJ/kg	36,17	h aus	kJ/kg	17,29
X ein	g/kg	4,3	X aus	g/kg	4,4
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,183	spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,262
Pd wd max.	kPa	3,160	Pd wd max.	kPa	0,956
Pd wd	kPa	0,702	Pd wd	kPa	0,705
Tnb	°C	12,8	Tnb	°C	4,3
Q ein	kJ/h	6378,9	Q aus	kJ/h	3041,2
<b>Umgebung</b>			<b>Energiebilanz</b>		
Barometer	kPa	101,44	Apparat ein		
T Umgebung	°C	18,7	Zuluft	kJ/h	2637
RF	%	43	Abluft	kJ/h	6379
Pd wd	kPa	0,926	Leckage App.	kJ/h	-17
x	g/kg	5,73	elektrische Hilfsenergie	kJ/h	0
h Luft	kJ/kg	33,34	Gesamt	kJ/h	8999
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,207	Apparat aus		
T Nasskugel	°C	11,71	Zuluft	kJ/h	5888
<b>Elektrische Hilfsenergie</b>			Abluft	kJ/h	3041
Netzspannung	V	0	Gesamt	kJ/h	8929
Stromaufnahme	A	0	<b>Ergebnisse</b>		
cos $\phi$	-	0	M-Verhältnis	-	1,055
Eff. Leistungsaufnahme	W	0,0	T Wirkungsgrad	%	87,9
<b>Leistungsfaktor</b>			T Wirkungsgrad kor. M-Verhältnis	%	92,7
Leistungsfaktor	-	0,0	Enthalpie Wirkungsgrad	%	88,4
Wärmebedarf Ventilation	MJ/Jahr	13517	P-Faktor	-	0,0
Wärmerückgewinnung	MJ/Jahr	12527	Energiebilanz	-	0,992
Elektr. Hilfsenergie	MJ/Jahr	0			

Anhang 2 Wirkungsgradmessung bei 150 m<sup>3</sup>/h aufgrund der Massenbilanz

Messung EN 308	Nenndurchsatz		150 m <sup>3</sup> /h		
Apparat	Stork_WTW Block 378 mm, Box		Datum	4.12.2007	
<b>Zuluft</b>					
T Eintritt	°C	5,00	T Austritt	°C	23,25
RF	%	64,9	RF	%	19,9
Druck	Pa	122	Druck	Pa	43
qv	m <sup>3</sup> /h	150,3	qv	m <sup>3</sup> /h	158,4
qm	kg/h	191,2	qm	kg/h	189,0
h ein	kJ/kg	13,76	h aus	kJ/kg	32,26
X ein	g/kg	3,5	X aus	g/kg	3,5
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,273	spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,193
Pd wd max.	kPa	0,872	Pd wd max.	kPa	2,847
Pd wd	kPa	0,566	Pd wd	kPa	0,567
Tnb	°C	2,4	Tnb	°C	11,3
Q ein	kJ/h	2630,3	Q aus	kJ/h	6096,3
<b>Abluft</b>					
T Eintritt	°C	25,07	T Austritt	°C	6,90
RF	%	23,6	RF	%	75,1
Druck	Pa	111	Druck	Pa	44
qv	m <sup>3</sup> /h	160,7	qv	m <sup>3</sup> /h	150,2
qm	kg/h	190,6	qm	kg/h	189,6
h ein	kJ/kg	36,97	h aus	kJ/kg	18,50
X ein	g/kg	4,6	X aus	g/kg	4,6
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,186	spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,262
Pd wd max.	kPa	3,175	Pd wd max.	kPa	0,994
Pd wd	kPa	0,749	Pd wd	kPa	0,747
Tnb	°C	13,2	Tnb	°C	4,9
Q ein	kJ/h	7047,3	Q aus	kJ/h	3508,2
<b>Umgebung</b>					
Barometer	kPa	101,7			
T Umgebung	°C	19,5			
RV	%	42			
Pd wd	kPa	0,951			
x	g/kg	5,87			
h Luft	kJ/kg	34,51			
spez. Gewicht	kg/m <sup>3</sup>	1,206			
T Nasskugel	°C	12,18			
<b>Elektrische Hilfsenergie</b>					
Netzspannung	V	0			
Stromaufnahme	A	0			
cos $\delta$	-	0			
Eff. Leistungsaufnahme	W	0,0			
<b>Leistungsfaktor</b>					
Leistungsfaktor	-	0,0			
Wärmebedarf Ventilation	MJ/Jahr	13517			
Wärmerückgewinnung	MJ/Jahr	12188			
Elektr. Hilfsenergie	MJ/Jahr	0			
<b>Energiebilanz</b>					
Apparat ein					
Zuluft	kJ/h	2630			
Abluft	kJ/h	7047			
Leckage App.	kJ/h	-35			
elektrische Hilfsenergie	kJ/h	0			
Gesamt	kJ/h	9643			
Apparat aus					
Zuluft	kJ/h	6096			
Abluft	kJ/h	3508			
Gesamt	kJ/h	9605			
<b>Ergebnisse</b>					
M-Verhältnis	-	0,992			
T Wirkungsgrad	%	90,9			
T Wirkungsgrad kor. M-Verhältnis	%	90,2			
Enthalpie Wirkungsgrad	%	91,5			
P-Faktor	-	0,0			
Energiebilanz	-	0,996			