



## TEST REPORT

### THERMAL PERFORMANCE PROTOKOL O SKÚŠKE TEPELNÉHO VÝKONU

Test Report No. (číslo protokolu): 120700004/2/P

**Product name / Názov výrobku** : Flat plate solar collector  
Plochý solárny kolektor

**Type name / Typové označenie** : TS 250

**Client (name & address) / Objednávateľ (názov a adresa)** : THERMO/SOLAR Žiar s.r.o., Na vartičke 14, 965 01 Žiar nad Hronom

**Manufacturer (name & address) / Výrobca (názov a adresa)** : THERMO/SOLAR Žiar s.r.o., Na vartičke 14, 965 01 Žiar nad Hronom

**Information about test sample (description, mark, date of receipt) / Údaje o predmete skúšky (vzorke) (opis, podmienky a jednoznačné označenie, dátum prevzatia)** : Receipt of test sample: 21. 08 2012.

**Testing location / Miesto vykonania skúšky** : Registration number of the sample: 120700004/316/3518

**Test periode (from/to) / Obdobie skúšok (od/do)** : TSÚ Piešťany, š.p., Krajinská cesta 2929, 92101 Piešťany, Slovakia;  
[www.tsu.sk](http://www.tsu.sk)

**Test method / Identifikácia použitých metód a postupov** : 10/2012

**Identification code of measuring instruments & test equipment / Identifikácia skúšobných a meracích zariadení** : MPS 316/501, EN 12975-2:2006;

**Test procedure deviation / Odchýlky, výnimky zo skúšobných predpisov** : See annex 3

**Test conditions / Skúšobné podmienky** : none

**The estimated uncertainty of measurement / Údaje o neistote merania** : See data mentioned in particular tests

**The estimated uncertainty of measurement / Údaje o neistote merania** : -

The test results presented in this report refer only to the test item / Výsledky skúšok sa týkajú len predmetu skúšky

Date of issue (dátum vydania) : 3.12. 2012

Protocol elaborated by :  
Protokol spracoval :

Ing. S. Zámečník  
Test engineer

Protocol approved by :  
Protokol schválil :

**TECHNICKÝ SKÚŠOBNÝ  
ÚSTAV PIEŠŤANY, š.p.**  
Krajinská cesta 2929/9  
92101 PIEŠŤANY  
316/3-  
Ing. Igor Kuruc, CSc.,  
Head of Machinery & Production Devices  
Testing Body

Reproduction and publication of this test report is only premissible in its full version. Extract or parts may be reproduced or published only with the prior approval by TSÚ Piešťany š.p.

Protokol o skúške môže byť reprodukováný alebo publikovaný len vcelku, po častiach len s písomným súhlasom skúšobne.  
COPYRIGHT © TSÚ Piešťany, š.p.

## Content:

*Obsah*

Content:.....	2
1 Symbols a units .....	3
2 Description of solar collector.....	4
3 Test results.....	9
3.1 Performance test for liquid heating collectors according to chap. 6.1.4 EN 12975-2.....	9
3.2 Power output per collector unit.....	11
3.3 Instantaneous efficiency curve .....	12
3.4 Determination of the collector incident angle modifier (chapter 6.1.7 EN 12975-2).....	12
3.5 Time constant of the collector(chapter 6.1.6.3 EN 12975-2).....	12
3.6 Effective thermal capacity of the collector(chapter 6.1.6.2 EN 12975-2) .....	13
3.7 Determination of the pressure drop of the collector(chapter 6.1.8 EN 12975-2).....	13
3.8 Observed failures .....	14
4. Remarks .....	14
Annex 1: Table of the measured values for the collector efficiency.....	15
Annex 2: Normalized efficiency curve scaled to 800 W/m <sup>2</sup> based on aperture area.....	16
Annex 3: Table of measuring instruments & test equipment .....	17

# 1 Symbols a units

## 1 Symbols a jednotky

$A_a$	- Aperture area of collector / plocha apertúry kolektoru	$m^2$
$A_A$	- Absorber area of collector / plocha absorbéru kolektoru	$m^2$
$A_G$	- Gross area of collector / hrubá (obrysová) plocha kolektoru	$m^2$
$a_1$	- Heat loss coefficient / súčiniteľ tepelných strát	$Wm^{-2} K^{-1}$
$a_2$	- Temperature dependence of heat loss coefficient / teplotne závislý koeficient	$Wm^{-2} K^{-2}$
$C$	- Effective thermal capacity of collector / účinná tepelná kapacita kolektoru	$J.K^{-1}$
$c_i$	- Specific thermal capacity of collector components / merná tepelná kapacita komponentov	$J.kg^{-1}K^{-1}$
$c_f$	- Specific thermal capacity of heat transfer fluid / merná tepelná kapacita teplotnosnej látky	$J.kg^{-1}K^{-1}$
$G^*$	- Global solar irradiance / globálne solárne ožiarenie	$W/m^2$
$G$	- Hemispherical solar irradiance / hemisférické solárne ožiarenie	$W/m^2$
$G_d$	- Diffuse solar irradiance / difúzne solárne ožiarenie	$W/m^2$
$G_b$	- Direct solar irradiance / priame solárne ožiarenie	$W/m^2$
$H$	- Global daily irradiation on collector plane / celkové denné ožiarenie plochy kolektora	$MJ/m^2$
$K_\theta(\theta)$	- Incidence angle modifier of the hemispherical solar irradiance / modifikátor úhlu dopadu pre hemisférické ožiarenie	-
$m$	- Mass flowrate of heat transfer fluid / hmotnostný prietok teplotnosnej látky	$kg/s$
$m_i$	- Mass of collector components / hmotnosti komponentov kolektoru	$kg$
$p_i$	- Factor weighting of collector components / váhový súčiniteľ komponentov kolektoru	-
$Q$	- Useful power extracted from collector / užitočný výkon získany z kolektoru	$W$
$p_{zul}$	- Permitted operation pressure / prípustný prevádzkový tlak	$Pa$
$t_a$	- Ambient or surrounding air temperature / teplota vonkajšieho alebo obklopujúceho vzduchu	$^{\circ}C$
$t_{in}$	- Collector inlet temperature / teplota média na vstupe do kolektora	$^{\circ}C$
$t_e$	- Collector outlet temperature / teplota média na výstupe z kolektoru	$^{\circ}C$
$t_m$	- Mean temperature of heat transfer fluid / stredná teplota teplotnosnej látky	$^{\circ}C$
$t_{stg}$	- Stagnation temperature / stagnačná teplota	$^{\circ}C$
$T_m^*$	- Reduced temperature difference ( $=t_m-t_a/G$ ) / redukovaný teplotný rozdiel ( $=t_m-t_a/G$ )	$m^2 KW^{-1}$
$u$	- Surrounding air speed / rýchlosť vonkajšieho vzduchu	$m.s^{-1}$
$\Delta p$	- Pressure difference between fluid inlet and outlet / tlaková diferencia medzi vstupom a výstupom	$Pa$
$\Delta t$	- Time interval / časový interval	$s$
$\Delta T$	- Temperature difference between fluid outlet and inlet / teplotný rozdiel medzi vstupom a výstupom	$K$
$\alpha$	- Solar absorbtance / solárna pohltivosť	-
$\epsilon$	- Hemispherical emittance / hemisférická emisivita	-
$\Theta$	- Angle of incidence / uhol dopadu	degrees
$\eta$	- collector efficiency, with reference $T_m^*$ / účinnosť kolektora vzťahnutá k $T_m^*$	-
$\eta_o$	- Zero-loss collector efficiency ( $\eta$ at $T_m^*=0$ ), reference $T_m^*$ / účinnosť kolektora pri nulových stratách ( $\eta$ pri $T_m^*=0$ ), vzťahnuta k $T_m^*$	-

## 2 Description of solar collector

### 2 Popis slnečného kolektoru

General information Všeobecné informácie	
Manufacturer Výrobca	: THERMO/SOLAR Žiar s.r.o., Na vartičke 14, 965 01 Žiar nad Hronom, Slovakia
Brand name of collector Obchodný názov kolektoru	: flat plate solar collector
Collector type Typ kolektoru	: TS 250
Serial number Výrobné číslo	: S1541/0600025183/S
Number of drawing: Číslo výkresu	: S1541
Year of production Rok výroby	: 2012

Data about the collector Údaje o kolektore	
Recommended flow range (kg.s <sup>-1</sup> )* Doporučený prietok (kg.s <sup>-1</sup> )	: 0,0086 – 0,0286
Recommended operating pressure (kPa)* Pracovný tlak (kPa)	: 450
Stagnation temperature at 1000 W/m <sup>2</sup> and 30°C ambient temperature (°C)* Stagnačná teplota pri 1000W/m <sup>2</sup> a teplote okolia 30°C (°C)	: 190
Gross area (m <sup>2</sup> )* Hrubá obrysová plocha (m <sup>2</sup> )	: 2,03
Length (mm)* Dĺžka (mm)	: 2009
Width (mm)* Šírka (mm)	: 1009
Height (mm)* Výška (mm)	: 75
Absorber area (m <sup>2</sup> )* Plocha absorbéru (m <sup>2</sup> )	: 1,78
Aperture area (m <sup>2</sup> )* Plocha apertúry (m <sup>2</sup> )	: 1,78
Weight empty (kg)* Hmotnosť prázdneho stavu (kg)	: 35,5
Fluid content (l)* Obsah kvapaliny (l)	: 1,3
Heat transfer medium and ratio of mixture, freezing point* Teplonosná látka a zmiešavací pomer,	: water glycol mixture
Alternative heat transfer medium and ratio of mixture, freezing point* Alternatívna teplonosná látka a zmiešavací pomer	: -

<b>Specification of limitations for operation</b> <b>Špecifikácia obmedzenia pri prevádzke</b>	
Maximum operating temperature (°C)* <i>Najvyššia prevádzková teplota (°C)</i>	: 120
Maximum operating pressure (kPa)* <i>Najvyšší prevádzkový tlak (kPa)</i>	: 600
Maximum volume flow rate (kg/s)* <i>Max. prietok</i>	: 0,0286
Maximum tilt angle (°)* <i>max. uhol sklonu kolektora</i>	: 90
Minimum tilt angle (°)* <i>min. uhol sklonu kolektora</i>	: 15
Max. permissible positive pressure load of wind and snow (kg/m <sup>2</sup> )* <i>max. dovolené pozitívne zaťaženie od snehu a vetra</i>	: 230
Max. permissible negative load of uplift forces caused by the wind (kg/m <sup>2</sup> )* <i>max. dovolené negatívne zaťaženie od vztlakových síl vetra</i>	: 250
Other limitations <i>Iné obmedzenia</i>	: -

<b>Collector fixation and mounting</b> <b>Upevnenie a montáž kolektora</b>	
Orientation of mouting* <i>orientácia montáže</i>	: vertical
Collector mouting* <i>Miesto inštalácie</i>	- inclined roof, on the roof - inclined roof, integrated - free mounting with an elevated track

<b>Cover of collector</b> <b>Kryt kolektoru</b>	
Number of cover* <i>Počet krytov</i>	: 1
Cover materials* <i>Material krytov</i>	: glass
Dimensions of the cover (mm)* <i>Rozmery krytu (mm)</i>	: 4 – 975 x 1975
Identification of cover* <i>Označenie</i>	: EN 12150-1
Density(kg/m <sup>3</sup> ), weight(kg)* <i>Hustota, hmotnosť</i>	: 2450; 18,8
Cover solar transmittance $\tau^*$ <i>Priepustnosť slnečného žiarenia <math>\tau</math> krytom</i>	: 89 ± 1
Structure of the cover(inner/outer)* <i>Konštrukcia krytu</i>	: clear

<b>Absorber</b> <b>Absorbér</b>	
Material, density(kg/m <sup>3</sup> ), weight(kg), heat capacity(J/(kg.K))* <i>Materiál, hustota, hmotnosť, tepelná kapacita</i>	: EN AW-5005[AL Mg1(B)]-H24/H34; 2700; 2,5; 921
Construction type (if used)* <i>Konštrukčný typ</i>	: flat
Dimensions of the absorber (mm)* <i>Rozmery absorbéru (mm)</i>	: 1926 x 926 x 0,4
Solar absorptance $\alpha^*$ <i>Pohltivosť slnečného žiarenia <math>\alpha</math></i>	: 95
Hemispherical emittance $\epsilon^*$ <i>Hemisférická emisivita <math>\epsilon</math></i>	: 13
Surface treatment and thickness of the coating (mm)* <i>Úprava povrchu a hrúbka</i>	: 0,5 – 0,7 $\mu$ m
Brand name of the coating and manufacturer* <i>Označenie úpravy povrchu a výrobcu</i>	: ALOx, THERMO/SOLAR Žiar s.r.o.
Type of connection between absorber – tube* <i>Typ spojenia</i>	: compression moulding
Type of hydraulic circuit* <i>typ hydraulického okruhu</i>	meander
Number of absorber tubes* <i>Počet rúrok absorbéru</i>	: 21
dimensions of absorber tubes(mm), material, density(kg/m <sup>3</sup> ), heat capacity (J/(kg.K))* <i>Rozmery absorbčných rúrok, materiál, hustota, tepelná kapacita</i>	: CU; $\varnothing$ 10,3 x 0,5 ; 8930; 394
Distance between absorber tubes (mm)* <i>Vzdialenosť medzi absorbčnými rúrkami</i>	: 87
Number of header tubes* <i>Počet zberných rúrok</i>	: -
dimensions of the header tubes(mm), material, density(kg/m <sup>3</sup> ), heat capacity(J/(kg.K))* <i>Rozmery zberných rúrok, materiál</i>	: -
Number of connections* <i>Počet pripojení</i>	: 2

<b>Thermal insulation and casing</b> <b>Tepelná izolácia a skriňa</b>	
Dimensions of the back thermal insulation (mm)* <i>Rozmery spodnej tepelnej izolácie (mm)</i>	: 1960 x 950 x 40
Dimensions of the thermal insulation on the side (mm)* <i>Rozmery bočnej tepelnej izolácie (mm)</i>	: -
Insulating material* <i>Izolačný materiál</i>	: ISOVER

Density of the insulating material (kg/m <sup>3</sup> )* <i>hustota Izolačného materiálu</i>	:	40
Heat capacity of the insulating material [J/(kg . K)]* <i>tepelná kapacita izolačného materiálu</i>	:	1000
Casing material* <i>Materiál skrine,</i>	:	EN AW-5754[Al Mg3]; 1982 x 982 x 0,8
Sealing material* <i>Tesniaci materiál</i>	:	silicon

\* ..... manufacturer specification

\*\* ..... determined at the lab

**Schematic illustration of the collector (by the manufacturer):**  
*Schematický nákres kolektoru (od výrobce)*

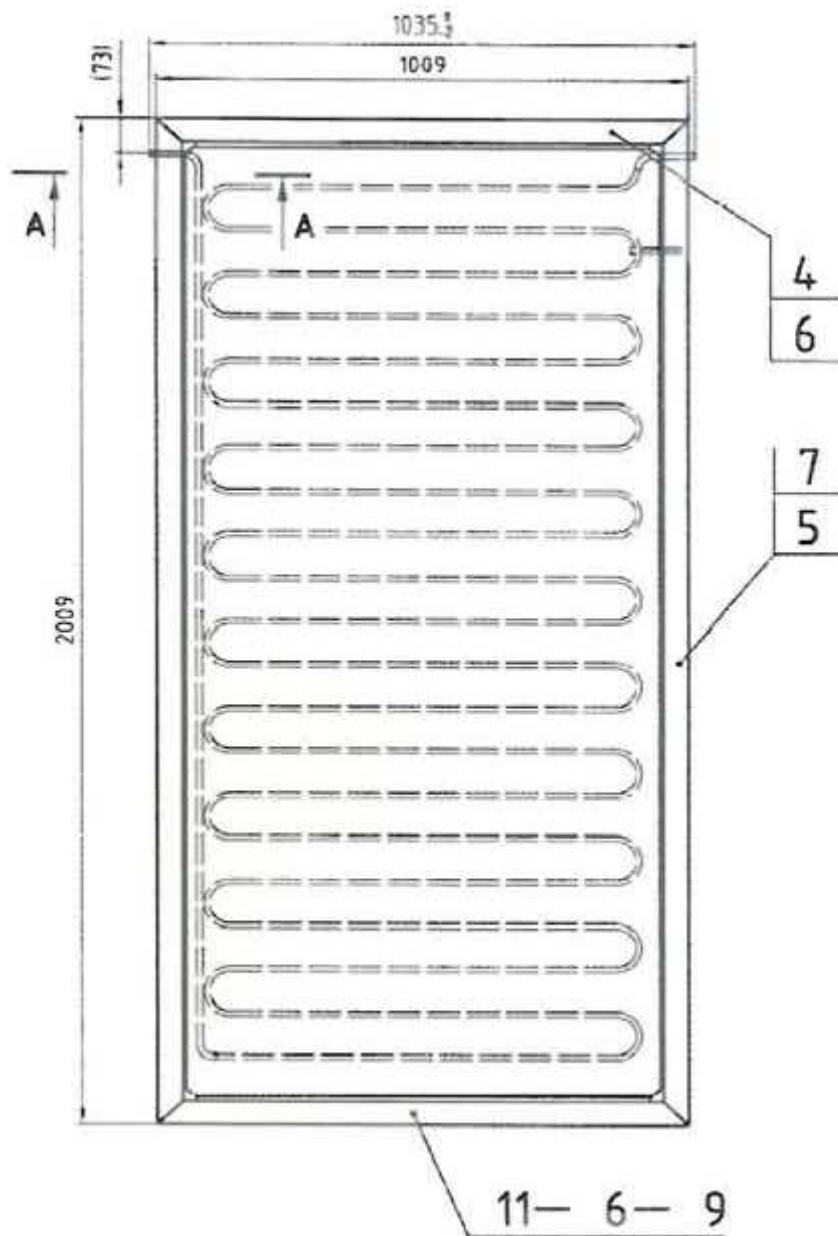


Figure 2



### 3 Test results

#### 3. Výsledky skúšok

#### 3.1 Performance test for liquid heating collectors according to chap. 6.1.4 EN 12975-2

##### 3.1 Skúška výkonu kolektorov podľa čl. 6.1.4 EN 12975-2

Thermal performance has been tested based on test methods:

Tepelný výkon bol skúšaný na základe skúšobných metód:

EN 12975-2, chapter  
6.1.4,  
**Outdoor – Steady  
state Method**  
*Vonkajšia - metóda  
ustáleného stavu*



EN 12975-2,  
chapter 6.1.5,  
**Indoor – Steady state  
Method**  
*Vnútorná - metóda  
ustáleného stavu*



EN 12975-2, chapter  
6.3  
**Outdoor – Quasi-  
dynamic  
Method**  
*Vonkajšia - metóda  
Kvázidynamická*



<b>Latitude</b> <i>Zemepisná šírka</i>	: Piešťany, 48,59° north
<b>Longitude</b> <i>Zemepisná dĺžka</i>	: Piešťany 17.83° east
<b>Collector azimuth</b> <i>Azimut kolektoru</i>	: tracked ( <i>natáčaný</i> )
<b>Collector tilt</b> <i>Sklon kolektoru</i>	: tracked ( <i>natáčaný</i> )
<b>Mean wind speed</b> <i>Priemerná rýchlosť</i>	: 3 m/s
<b>Kind of fluid</b> <i>Typ skúšobného teplotnosného média</i>	: water ( <i>voda</i> )
<b>Orientation of absorber tubes during testing (Horizontal or vertical)</b> <i>Orientácia rúrok absorbérů pri skúške (vodorovne alebo zvisle)</i>	: vertical

<b>Peak Power (<math>G^* = 1000 \text{ W/m}^2</math>) per collector unit - <math>W_{\text{peak}}</math></b> <i>Najvyšší výkon kolektorovej jednotky (pri <math>G^* = 1000 \text{ W/m}^2</math>)</i>	: 1441
--	--------

Photo of the collector :

Fotografia kolektora

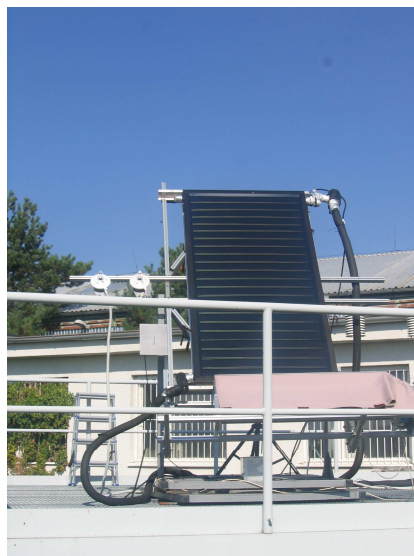
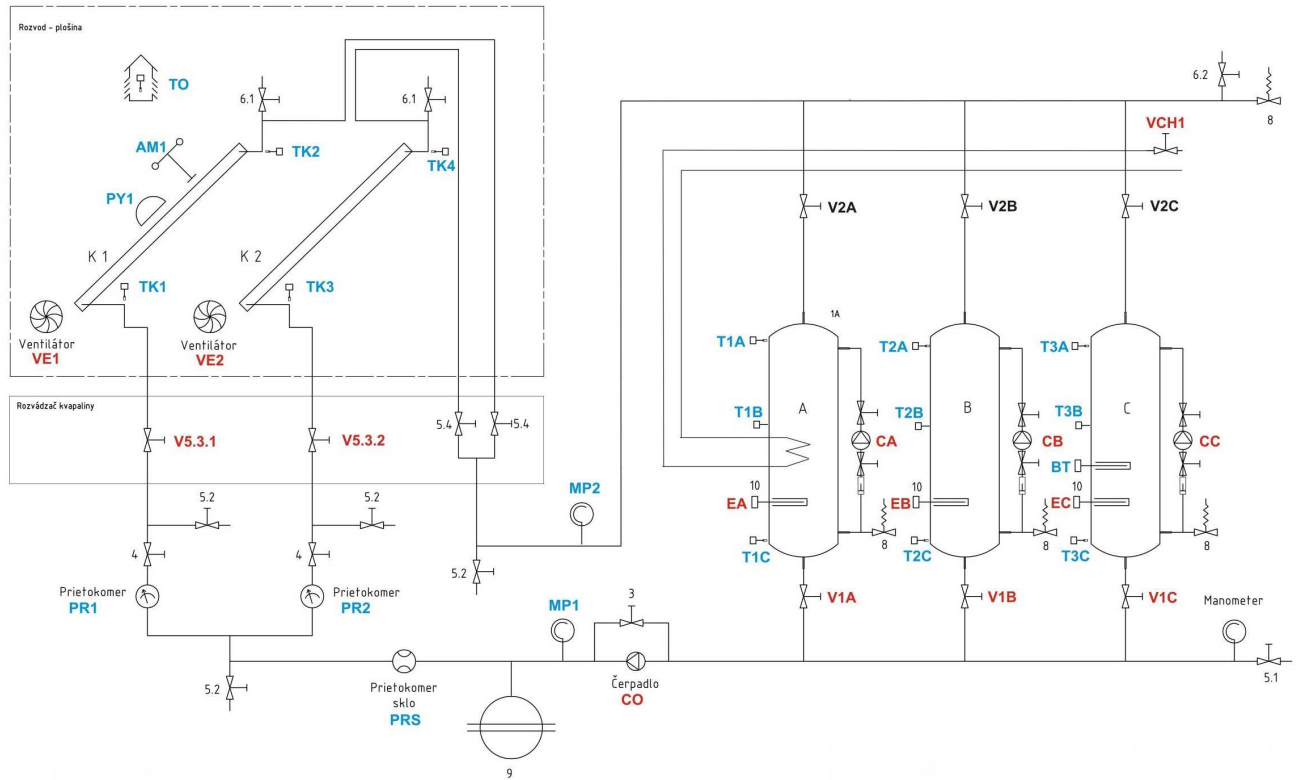


Figure 3

**Schematic illustration of the test loop for the collector performance test**  
*Schéma skúšobného okruhu pri výkonovej skúške*



### 3.2 Power output per collector unit

#### 3.2 Výkon kolektorovej jednotky

Performance of collector (W) Výkon kolektoru (W)		Irradiance $G^*$ ( $W.m^{-2}$ ) Ožiarenie ( $W.m^{-2}$ )		
		400	700	1000
$t_m - t_a$ in $^{\circ}K$	10	509	942	1375
	30	363	796	1228
	50	201	634	1066
	70	24	456	888

NOTE: The reported values are valid for normal incidence of irradiance  
Poznámka: Udané hodnoty sú pri kolmom dopade ožiarenia

#### Power curve of the collector with an assumed global solar irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>

Grafický priebeh výkonu kolektora pri hodnote solárneho žiarenia 1000 W/m<sup>2</sup>

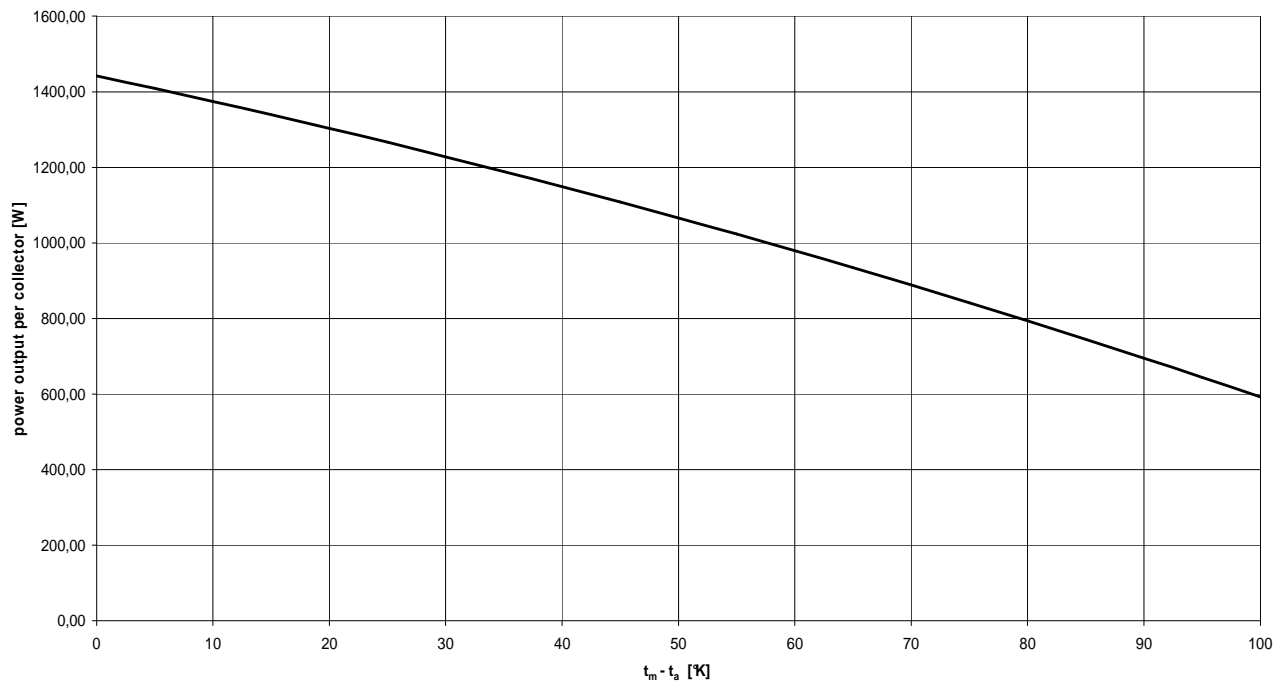


Figure: Power output per collector unit ( for  $G^* = 1000 \text{ W/m}^2$  )  
Výkon kolektorovej jednotky ( pre  $G^* = 1000 \text{ W/m}^2$  )

### 3.3 Instantaneous efficiency curve

#### 3.3 Okamžitá účinnosť

Based on ( absorber/aperture) area and mean temperature of heat transfer fluid

Okamžitá účinnosť kolektoru vzťahnutá k ploche (absorbéru/ apertúry) a strednej teplote teponosnej látky:

Reference area	Aperture area	Reference area	Absorber area
$A_a$ [m <sup>2</sup> ]	1,78	$A_A$ [m <sup>2</sup> ]	1,78
$\eta_a = \frac{\dot{Q}}{A_a \cdot G}$ $\eta_a = \eta_{0a} - a_{1a} \cdot \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_{2a} \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$		$\eta_A = \frac{\dot{Q}}{A_A \cdot G}$ $\eta_A = \eta_{0A} - a_{1A} \cdot \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_{2A} \cdot \frac{(t_m - t_a)^2}{G}$	
Coefficient based on aperture area		Coefficient based on absorber area	
$\eta_{0a}$ [-]	0,81	$\eta_{0A}$ [-]	0,81
$a_{1a}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	3,67	$a_{1A}$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	3,67
$a_{2a}$ [W/(m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )]	0,011	$a_{2A}$ [W/(m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> )]	0,011

### 3.4 Determination of the collector incident angle modifier (chapter 6.1.7 EN 12975-2)

#### 3.4 Stanovenie modifikátora úhlu dopadu na kolektore (čl. 6.1.7 EN 12975-2)

The value  $\eta$ ,  $\Delta T$  and  $G$  have to be inserted with respect to the measurements for the incident angles  $\theta$ . For the determination of the incident angle modifiers, the  $\eta_0$  – values from the measurements with the incident angles  $\theta$  have to be divided in each case by the  $\eta_0$  – value during normal solar irradiance ( $0^\circ$  from the efficiency curve).

Hodnoty  $\eta$ ,  $\Delta T$  a  $G$  musia byť použité s ohľadom na hodnoty z meraní pre uhol dopadu  $\theta$ . Pre určenie IAM musia byť hodnoty  $\eta_0$  získané z meraní pre rôzne uhly dopadu delené hodnotou  $\eta_0$  získanú z merania pre normálový uhol dopadu slnečného žiarenia ( $0^\circ$  z krivky účinnosti).

$$K(\theta) = \frac{\eta_0(\theta)}{\eta_0(0^\circ)}$$

Result of the measurements

Výsledky meraní

Incidence angle Uhol dopadu	IAM
$\theta$	$K(\theta)$
$50^\circ$	0,95

### 3.5 Time constant of the collector(chapter 6.1.6.3 EN 12975-2)

#### 3.5 Časová konštanta kolektora (čl. 6.1.6.3 EN 12975-2)

This test was not performed.

Táto skúška sa nevykonala.

### 3.6 Effective thermal capacity of the collector(chapter 6.1.6.2 EN 12975-2)

3.6 Účinná tepelná kapacita kolektora (čl. 6.1.6.2 EN 12975-2)

Estimation due to material data

Výpočet na základe parametrov použitých materiálov

$C = 10 \text{ kJ.K}^{-1}$  (effective thermal capacity of the collector filled with water-glycol-50%:50%)

### 3.7 Determination of the pressure drop of the collector(chapter 6.1.8 EN 12975-2)

3.6 Stanovenie tlakových strát kolektora (čl. 6.1.8 EN 12975-2)

The pressure drop curve was determined with water as heat transfer fluid with an average inlet temperature of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  and with ambient temperature of  $20^\circ\text{C}$ .

Tlakové straty boli stanovené pomocou vody ako teplotnosné médium s priemernou teplotou  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  a pri teplote okolia  $20^\circ\text{C}$ .

$$\Delta p = a.m^2 + b.m$$

The following coefficients were calculated by regression of the measured data:

Nasledujúce koeficienty boli stanovené pomocou regresnej analýzy z nameraných hodnôt:

$a = 9014477,4 \text{ (Pa.s}^2\text{)/kg}^2$

$b = 178645,7 \text{ (Pa.s)/kg}$

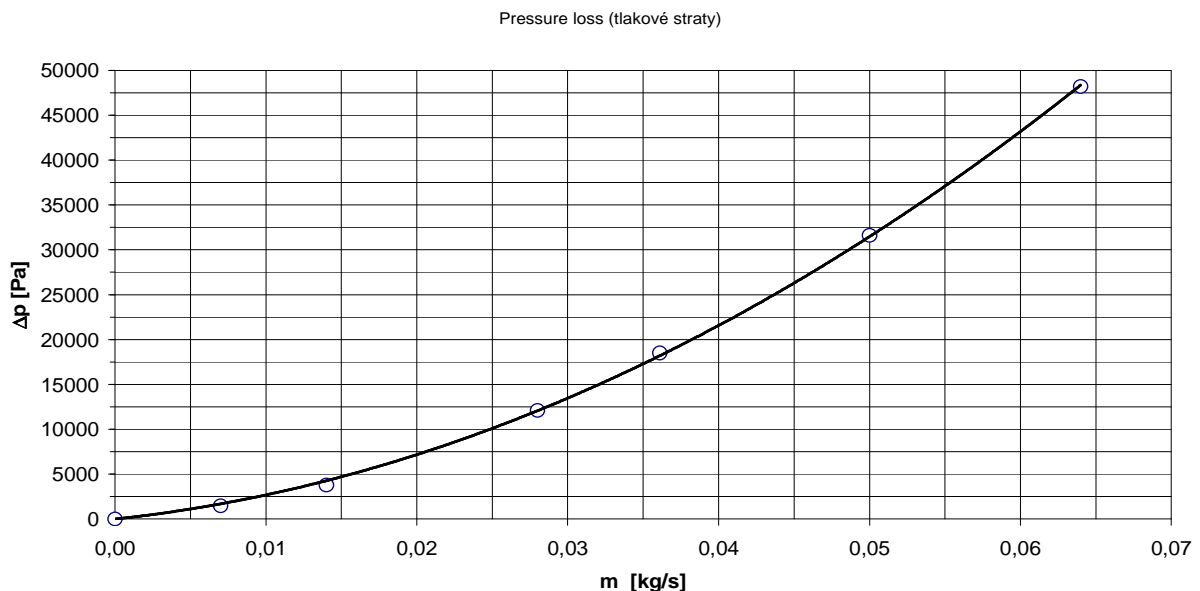


Table of measured data

Tabuľka nameraných hodnôt

Mass flow rate prietok (kg/s)	0,0	0,007	0,014	0,028	0,036	0,05	0,064
Pressure drop Tlakové straty (Pa)	0,0	1475	3780	12100	18500	31600	48200

### 3.8 Observed failures

#### 3.8 Vyhodnotenie

Absorber leakage or such deformation that permanent contact between absorber and cover is established <i>Netesnosť absorbéra alebo deformácia, ktorá spôsobuje stály dotyk absorbéra a krytu</i>	not found
Breaking or permanent deformation of cover or cover fixing <i>Lom alebo trvalá deformácia krytu alebo jeho upevnenia</i>	not found
Breaking or permanent deformation of collector fixing or collector box <i>Lom alebo trvalá deformácia upevnenia kolektora alebo kolektorovej skrine</i>	not found
Loss of vacuum or low pressure (applicable for vacuum or subatmospheric collectors) <i>Strata vákua alebo podtlaku (platí pre vákúové alebo podtlakové kolektory)</i>	not relevant
Accumulation of humidity in form of condensate on the inside the transparent cover of the collector exceeding 10% of the aperture area <i>Hromadenie vlhkosti vo forme kondenzátu na vnútornej strane transparentného krytu kolektora presahujúce 10% plochy apertúry</i>	not found

### 4. Remarks

#### 4. Záver

The present report has been performed according to EN 12975-2:2006.

## Annex 1: Table of the measured values for the collector efficiency

Príloha 1: Tabuľka nameraných hodnôt pre stanovenie účinnosti kolektora

Reference area: aperture area

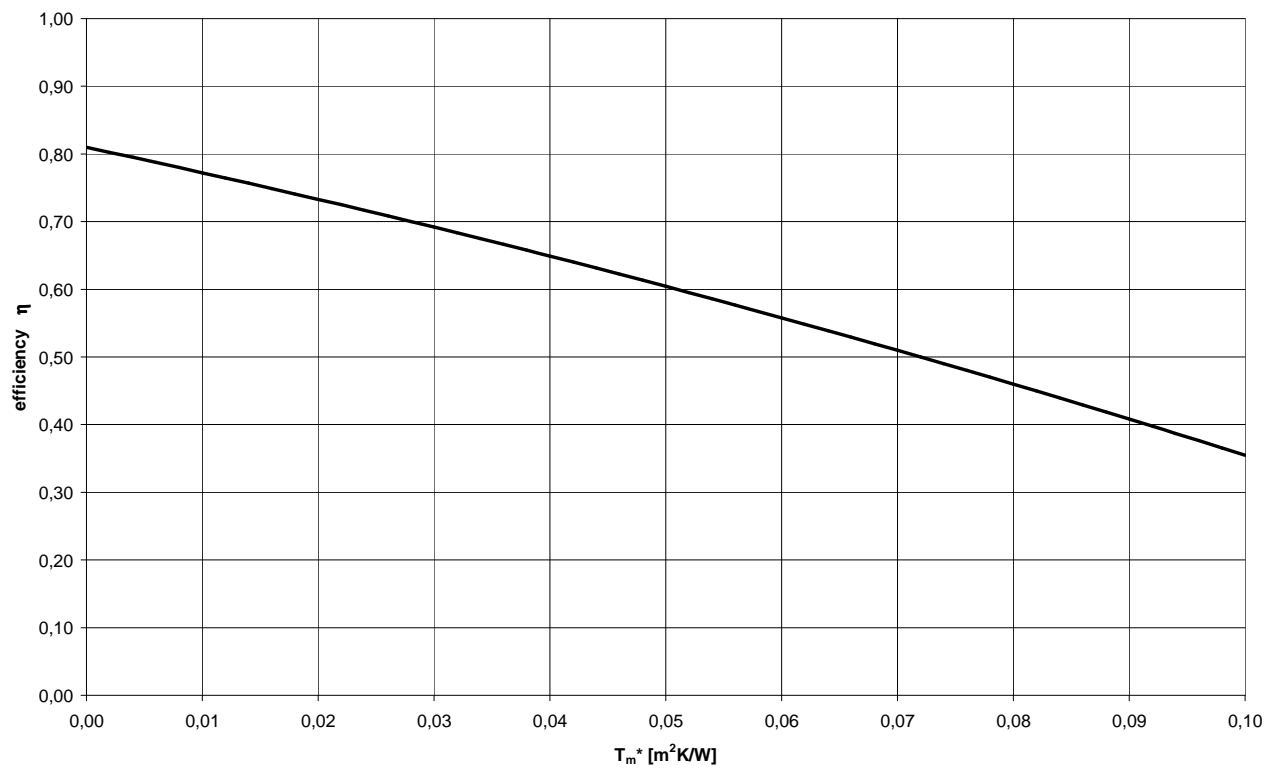
Referenčná plocha: plocha apertúry

Measuring point No.	G [W/m <sup>2</sup> ]	G <sub>d</sub> /G [-]	m [kg/min]	t <sub>in</sub> [°C]	t <sub>e</sub> [°C]	t <sub>e</sub> - t <sub>in</sub> [°K]	t <sub>m</sub> [°C]	t <sub>a</sub> [°C]	t <sub>m</sub> - t <sub>a</sub> [°K]	T <sub>m</sub> <sup>*</sup> [m <sup>2</sup> K/W]	η <sub>a</sub> [-]
1	936	0,14	1,258	18,43	33,63	15,200	26,0300	22,26	3,7700	0,00403	0,7994
2	950	0,14	1,258	18,44	33,69	15,250	26,0650	22,30	3,7650	0,00396	0,7903
3	927	0,14	1,262	18,46	33,38	14,920	25,9200	22,44	3,4800	0,00375	0,7949
4	934	0,14	1,236	18,46	33,81	15,350	26,1350	22,85	3,2850	0,00352	0,7949
5	802	0,14	1,230	46,50	57,33	10,830	51,9150	19,22	32,6950	0,04077	0,6504
6	812	0,14	1,245	46,52	57,25	10,730	51,8850	19,48	32,4050	0,03991	0,6442
7	815	0,14	1,269	46,54	57,30	10,760	51,9200	19,97	31,9500	0,03920	0,6561
8	830	0,14	1,260	46,53	57,57	11,040	52,0500	20,16	31,8900	0,03842	0,6563
9	919	0,14	1,268	60,37	71,56	11,190	65,9650	21,10	44,8650	0,04882	0,6054
10	925	0,14	1,268	60,38	71,65	11,270	66,0150	21,14	44,8750	0,04851	0,6058
11	933	0,14	1,260	60,38	71,87	11,490	66,1250	21,23	44,8950	0,04812	0,6085
12	940	0,14	1,255	60,37	71,95	11,580	66,1600	21,44	44,7200	0,04757	0,6063
13	914	0,14	1,259	78,42	87,74	9,320	83,0800	17,92	65,1600	0,07129	0,5047
14	935	0,14	1,260	78,43	87,86	9,430	83,1450	18,03	65,1150	0,06964	0,4996
15	920	0,14	1,268	78,44	87,77	9,330	83,1050	18,11	64,9950	0,07065	0,5056
16	932	0,14	1,266	78,43	87,90	9,470	83,1650	18,60	64,5650	0,06928	0,5058

## Annex 2: Normalized efficiency curve scaled to 800 W/m<sup>2</sup> based on aperture area

Príloha 2: Krivka účinnosti normalizované pre 800W/m<sup>2</sup> vzťahnutá na plochu apertúry

$A_a = 1,78 \text{ m}^2$





**Annex 3: Table of measuring instruments & test equipment***Príloha 3: Tabuľka meracích prístrojov a zariadení*

Measuring equipment		ident. code
Air speed <i>Snímač rýchlosti vetra</i>	Vaisala WAA 151	D32311
Hemispherical solar irradiance <i>hemisférické ožiarenie</i>	Kipp @Zonen CMP 11	080385
Diffuse solar irradiance <i>Difúzne ožiarenie</i>	Kipp @Zonen CMP 11	080386
Water flow <i>Prietok</i>	OPTIMASS 7000 T06	G100000001102333
Ambience temperature <i>Teplota okolia</i>	Sensor PT-100	334/10
Temperature of collector $t_{in}$ <i>Teplota vody na vstupe do kolektora <math>t_{in}</math></i>	PT-100, Sensit TR 013-60	6345/1008
Temperature of water <i>Teplota vody</i>	PT-100, Sensit TR 013-60	7278/1208
Temperature of collector $t_e$ <i>Teplota vody na výstupe z kolektora <math>t_e</math></i>	PT-100, Sensit TR 013-60	6346/1008