

Test Report

Prüfbericht

Qualification of a Solar Collector in accordance with
Qualifizierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006

TÜV Report No.: 21221527_EN_JNSC30

Cologne, 22 January 2013



Publication or distribution of this report to third parties is only permissible in its complete and unabridged form. Publication or dissemination of extracts, appraisals or any other revision and adaptation hereof, in particular for advertising purposes, is only permissible on receipt of prior written agreement by the TÜV Rheinland Group.

The test results presented in this report refer only to the test item.

Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte ist nur in vollständiger, ungekürzter Form zulässig. Veröffentlichung oder Verbreitung von Auszügen, Zusammenfassungen, Wertungen oder sonstigen Bearbeitungen und Umgestaltungen, insbesondere zu Werbezwecken, ist nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung der TÜV Rheinland Group zulässig.

Die in diesem Bericht dargestellten Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.

Report-No.: 21221527 EN JNSC30

on

Qualification of a Solar Collector in accordance with

Qualifizierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006

Client: Kunde	Pro Eco Solutions Ltd. 28-29 The Broadway W5 2 NP London United Kingdom
TÜV Quotation No.: Angebotsnummer	435/ 1420130002
TÜV Order No.: Auftragsnummer	21221527
Order of: Datum der Beauftragung	14 January 2013
Date of Receipt of Test Item: Anlieferdatum Prüfmuster	21 February 2012
Commencement of Test: Testbeginn	06 March 2012
TÜV Client No.: Kundennummer	373407
Inspector: Prüfer	S. Schaub (Tel.: +49 221 806-4553)
Business Field: Geschäftsfeld	Solar Energy
No of Pages: Seitenzahl	38
Appendix: Anhang	31 to 38

List of Contents

Inhaltsverzeichnis

1	Summary of test results Zusammenfassung	4
2	Setting of tasks; Aufgabenstellung	6
3	Basis of testing; Grundlagen	6
4	Sampling; Probenahme	7
5	Description of the collector construction; Beschreibung der Kollektorkonstruktion	7
6	Execution and evaluation; Durchführung und Auswertung	15
6.1	Visual inspection; Sichtprüfung	15
6.2	Internal pressure test; Innendruckprüfung	16
6.3	High temperature resistance test; Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit	17
6.4	Stagnation temperature; Stagnationstemperatur	18
6.5	Exposure test; Expositionsprüfung	19
6.6	External thermal shock test; schnelle äußere Temperaturwechselprüfung	20
6.7	Internal thermal shock test; Schnelle innere Temperaturwechselprüfung	21
6.8	Rain penetration test; Prüfung auf eindringendes Regenwasser	22
6.9	Mechanical load test; Mechanische Belastung	23
6.10	Final Inspection; Endüberprüfung	24
7	Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren	25
7.1	Test method according to DIN EN 12975-2:2006 chapter 6.1; Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1	25
7.2	Test conditions; Prüfbedingungen	25
7.3	Measuring results of time constant testing; Prüfergebnisse der Ermittlung der Zeitkonstante	27
7.4	Calculated effective thermal capacity ; Berechnete effektive Wärmekapazität....	28
7.5	Collector incident angle modifier; Prüfergebnisse der Ermittlung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors	29
8	General remarks; Bemerkungen	30

List of Contents – Appendix

Inhaltsverzeichnis - Anhang

Appendix 1:	Thermal performance test results	31
Appendix 2:	climate data	35
Appendix 3:	Photo documentation	38

1 Summary of test results

Zusammenfassung

Qualification of a Solar Collector in accordance with

Qualifizierung eines Solarkollektors nach

DIN EN 12975-1: 2006; DIN EN 12975-2: 2006
Manufacturer

Hersteller

: Pro Eco Solutions Ltd.

 28-29 The Broadway
W5 2 NP London
United Kingdom
Brand

Handelsname

: PROECO

Collector type

Kollektortyp

: JNSC30-58/1800

Basis of testing

Prüfgrundlage

: DIN EN 12975-2:2006

Test	Date		Summary of main test results Zusammenfassung der Hauptergebnisse
	Start	End	
Internal pressure Innendruck	06 March 2012		No visual damages
High-temperature resistance Hochtemperaturbeständigkeit	08 May 2012		No visual damages
Exposure Exposition	2012-03-20	2012-05-09	No visual damages
External thermal shock Schneller Temperaturwechsel, außen	1 st	25 April 2012	930* W/m ² No visual damages
	2 nd	26 April 2012	931* W/m ² No visual damages
Internal thermal shock Schneller Temperaturwechsel, innen	1 st	25 April 2012	1049* W/m ² No visual damages
	2 nd	26 April 2012	1052* W/m ² No visual damages
Rain penetration Eindringender Regen	09 May 2012		No visual damages
Freeze resistance Frostbeständigkeit	- - -		Use of anti-freeze liquid
Mechanical load Mechanische Belastung	21 May 2012		No visual damages
Thermal performance Wärmeleistung	2012-04-25	2012-04-26	No visual damages
Impact resistance (optional) Schlagfestigkeit (wahlweise)			Not performed
Final inspection Endüberprüfung	23 May 2012		No visual damages

All above listed tests of the standard DIN EN 12975-2:2006 were passed successfully in accordance with the criteria.

Alle oben aufgeführten Tests der DIN EN 12975-2:2006 wurden entsprechend der Kriterien bestanden.

Cologne, 22 January 2013
Responsible for collector testing


Dipl.-Ing. S. Schaub

**Director Technical Competence
Center Solar Thermal**


Dipl.-Ing. U. Fritzsche

Summary of collector performance test results:
Zusammenfassung der Ergebnisse der Leistungsprüfung

Manufacturer Hersteller	Pro Eco Solutions Ltd.		
Brand Handelsname	PROECO		
Collector type Kollektortyp	JNSC30-58/1800		
Year of manufacture Herstellungsjahr	2011		
Length Länge	2305 mm	Absorber area Absorberfläche	2.43 m ²
Width Breite	1960 mm	Aperture area Aperturfläche	2.84 m ²
Height Höhe	125 mm	Gross area Bruttofläche	4.52 m ²
Weight (empty) Gewicht (leer)	112 Kg	Mass flow Massenstrom	0.023 kg/(m ² s)
Heat transfer medium Prüfwärmeträger	Water	Test pressure: Prüfdruck	150 kPa

Thermal performance
Thermische Leistungsfähigkeit

	Absorber area (x_A)	Aperture area (x_a)
Conversion factor η_0 Konversionsfaktor	0.795	0.679
Heat transfer coefficient a_1 Wärmedurchgangskoeffizient	2.061	1.760
Temperature dependent heat transfer coefficient a_2 Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.005	0.004

Output power per collector unit in W:
Ausgangsleistung pro Kollektormodul in W:

	Irradiation Einstrahlung		
$T_m - T_a$ in K	400 W/m ²	700 W/m ²	1000 W/m ²
10	720	1298	1876
30	611	1189	1767
50	493	1071	1649

(at normal incidence angle
 (bei senkrechter Einstrahlung))

2 Setting of tasks

Aufgabenstellung

A complete collector test in accordance with DIN EN 12975-2:2006 of the Pro Eco Solutions Ltd. collector JNSC30-58/1800 should be performed with the aim of Solar Keymark certification.

Es soll ein Kollektortest des Pro Eco Solutions Ltd. Kollektors JNSC30-58/1800 entsprechend DIN EN 12975-2:2006 mit dem Ziel der Solar Keymark Zertifizierung durchgeführt werden.

3 Basis of testing

Grundlagen

DIN EN 12975-1:2006 „*Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile- Kollektoren- Teil 1: Allgemeine Anforderungen*“

DIN EN 12975-1:2006 “Thermal solar systems and components - Collectors - Part 1: General requirements”

DIN EN 12975-2:2006 „*Thermische Solaranlagen und ihre Bauteile- Kollektoren- Teil 2: Prüfverfahren*“

DIN EN 12975-2:2006 “Thermal solar systems and components - Collectors - Part 2: Test procedure”

Solar Keymark – Specific Scheme Rules Final Version 11.04 December 2009: “*Specific CEN Keymark Scheme Rules for Solar Thermal Products*”

4 Sampling

Probenahme

Prototype samples Prototyp	
Samples from pilot production Prüfmuster aus der Pilotfertigung	
Samples from serial production Prüfmuster aus der Serienproduktion	<input checked="" type="checkbox"/>
Selection of test samples acc. to Solar Keymark scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der Solar Keymark Regeln	<input checked="" type="checkbox"/>
Random selection of test samples acc. to SRCC scheme rules Prüfmusterauswahl entsprechend der SRCC Regeln	

5 Description of the collector construction

Beschreibung der Kollektorkonstruktion

Manufacturer Hersteller	Pro Eco Solutions Ltd
Brand name Handelsname	PROECO
Collector Type Kollektortyp	JNSC30-58/1800
Category Kategorie	Evacuated tube-collector
Date of manufacture Produktionsdatum	2011
Serial number Seriennummer	20120000909; 20120000910
Drawing numbers Zeichnungsnummern	JN/JS30-TZ022; JN/JS30-TZ019; JN/JS30-TZ025; JN/JS30-TZ005; JN/JS30-TZ006; JN/JS30-TZ020; JN/JS30-TZ021; JN/JS30-TZ024; JN/JS30-TZ001; JN/JS30-TZ002; JN/JS30-TZ003; JN/JS30-TZ004; JN/JS30-TZ007; JN/JS30-TZ008; JN/JS30-TZ009; JN/JS30-TZ010; JN/JS30-TZ011; JN/JS30-TZ012; JN/JS30-TZ013; JN/JS30-TZ014; JN/JS30-TZ015; JN/JS30-TZ016; JN/JS30-TZ017; JN/JS30-TZ018; JN/JS30-TZ023;

-
- ① Determinate by test laboratory
 - ② reviewed manufacturer information
 - ③ according to manufacturer information

Collector & construction:

Kollektor & Konstruktion

Gross dimensions l x w x t [mm] Bruttofläche l x b x h	2305 x 1960 x 125 ^②
Normative Absorber dimensions l x w [mm] x no. Normative Absorberfläche l x b x Anzahl	1720 x 47 x 30 ^①
Physical Absorber dimensions l x w [mm] x no. Physikalische Absorberfläche l x b x Anzahl	1720 x 47 x 30 ^①
Aperture dimensions l x w [mm] x no. Aperturfläche l x b x Anzahl	1720 x 55 x 30 ^①
Gross/ Aperture/ Absorber area [m²] Brutto-/ Apertur-/ Absorberfläche	4.52 ^② / 2.84 ^① / 2.43 ^①
Weight empty [kg] Leergewicht	112 ^③
Fluid content [l] Flüssigkeitsinhalt	2.3 ^③

Absorber:

Absorber

Construction type Bauart	Heat-pipe Sydney-Glass tube
Absorber Material Absorber Werkstoff	glass with aluminium heat transfer sheets
Absorber Grid Absorber Geometrie	serial
Absorber thickness [mm] Absorberdicke	1.5 ^②
Effective Surface Effektive Oberfläche	all around ^②
Surface treatment Oberflächenbehandlung	ALN/AIN-SS/CU ^③
Absorptance [] Absorptionsgrad	0.90 (AM1.5) ^③
Emittance [] Emissionsgrad	0.08 (80°C±5°C) ^③

-
- ① Determinate by test laboratory
 ② reviewed manufacturer information
 ③ according to manufacturer information

Absorber Piping:

Absorber Verrohrung

Collector connection type / dimension / numbers Kollektorschluss- Art / Durchmesser / Anzahl	pipe / 22 mm / 2 ^②
Header tube material / dimension Material / Dimension der Sammelleitung	copper / 35 mm ^②
Riser tube material / dimension / thickness Steigrohrmaterial / Durchmesser / Stärke	copper / 8 mm / 0.9 mm ^② (Heat-Pipe)
Number and Distance [mm] of riser tubes or fins: Anzahl und Abstand der Steigrohre bzw. Finnen	30 / 75 ^②

Cover:

Abdeckung

Number of covers Anzahl der Abdeckungen	1	
	Glas 1	Glas 2
Length / width / thickness [mm] Länge / Breite / Dicke	1800 / 58 / 1.6 ^②	/ /
Material / surface and coating Material / Struktur und Beschichtung	Borosilicate glass / ^③	/
Transmittance factor [] Transmissionsgrad	0.92 (AM1.5) ^③	

-
- ① Determinate by test laboratory
 ② reviewed manufacturer information
 ③ according to manufacturer information

Casing:Gehäuse

Enclosure L x W x T [mm] Gehäusemaße	2300 ^② / 130 ^① / 102 ^①	
Enclosure material Gehäusematerial	aluminium alloy / plastics ^②	
Frame fastening method Gehäuseverbindungstechnik	mechanical ^②	
Insulation Rückseitendämmung	Primary Material	Secondary Material
Material Material	Rock wool ^②	
Thickness [mm] Stärke	30 (mean value)	

Sealing`s:Dichtungen

Grommet header tube Rohrdurchführung am Gehäuse	Silicon base
Grommet evacuated tube Vakuurröhre - Gehäuse	Silicon base
Evacuated tube closure Vakuurröhrenverschluss	Silicon base

-
- ① Determinate by test laboratory
 - ② reviewed manufacturer information
 - ③ according to manufacturer information

Heat pipe:

Wärmerohr

total length [mm] Gesamtlänge	1700 ^②
Heating section length / -diameter [mm] Heizflächen- länge / -durchmesser	1635 / 8 ^②
Condenser length / -diameter [mm] Kondensator- länge / -durchmesser	65 / 14 ^②
Material Material	copper ^②
Fluid Füllmedium	water with non-toxic additives ^③
Fluid content [l] Flüssigkeitsinhalt	Not mentioned
Heat conducting property Wärmeleitfähigkeit	≥120W ^③
Start temperature [°C] Anfangs- / Endarbeitstemperaturen	Not mentioned

Heat conduction plate (HCP):

Wärmeleitblech

HCP per tube Wärmeleitbleche pro Röhre	4 ^②	
	Unit I	Unit II
HCP material Wärmeleitblechmaterial	aluminium alloy ^②	
Number of HCP Parts per tube Anzahl Wärmeleitbleche pro Röhre	4 ^②	
HCP length / thickness [mm] Länge / Materialstärke Wärmeleitblech	800 / 0.15 ^②	

-
- ① Determinate by test laboratory
 ② reviewed manufacturer information
 ③ according to manufacturer information

Limit values (given by manufacturer):

Grenzwerte

Max. operating temperature [°C] Maximale Betriebstemperatur	260 ^③
Maximum operating pressure [kPa] Maximaler Betriebsdruck	600 ^③
Recommended Heat transfer medium Empfohlener Wärmeträger	Water Glycol mixture ^③
Recommended operating mass Flow [l/(m²h)] Betriebsmassenstrom	Not mentioned
Tilt angle limits [°] Aufstellwinkel	20 to 80 ^③
Collector mounting Montagearten	on roof / flat roof ^③
Other limitations Weitere Einschränkungen	

COPY

-
- ① Determinate by test laboratory
 - ② reviewed manufacturer information
 - ③ according to manufacturer information

Instruction/installation manual:

Betriebs- bzw. Installationsanleitung

Installation manual did fulfil the requirements of DIN EN 12975-1:2006

Jianeng Solar Collector Installation and Operation Manual International Edition (eng.)	Pass:	Yes	No
Dimensions and weight of the collector, instructions for transport and handling thereof Maße und Gewicht des Kollektors, Anweisungen für dessen Transport und Handhabung		X	
Description of the assembly procedure Beschreibung des Montageverfahren		X	
Recommendations regarding lightning protection Empfehlungen zum Blitzschutz		X	
Instructions for connecting collectors to each other and for connection of the collector field to the heat transfer circuit as well as dimensions of tube connections in collector groups up to 20 m ² Anweisungen für die Verbindung der Kollektoren untereinander und für den Anschluss des Kollektorfeldes an den Wärmeträgerkreislauf sowie Maße von Rohranschlüssen bei Kollektorguppen bis 20 m ²		X	
Recommendations regarding the usable heat transfer media (also with regard to corrosion) as well as precautionary measures which are to be taken for filling, operation, servicing and maintenance Empfehlungen hinsichtlich der verwendbaren Wärmeträgermedien (auch hinsichtlich Korrosion) sowie Vorsichtsmaßnahmen, die bei Füllen, Betrieb und Wartung zu treffen sind		X	
Maximum operating pressure, pressure loss as well as largest and smallest tilt angles maximaler Betriebsdruck, Druckabfall sowie größter und kleinster Neigungswinkel		X	
Permissible wind and snow load zulässige Wind- und Schneelast		X	
Maintenance requirements Wartungsanforderungen		X	

Collector type plate:

Kollektortypenschild

Collector marking did fulfil requirements of DIN EN 12975-1:2006

	Pass:	Yes	No
Name of the manufacturer Name des Herstellers		X	
Type of collector Kollektortyp		X	
Serial number Seriennummer		X	
Year of manufacture Herstellungsjahr		X	
Gross collector area Brutto-Kollektorfläche		X	
Dimensions of the collector Maße des Kollektors		X	
Maximum operating pressure Maximaler Betriebsdruck		X	
Stagnation temperature, at 1000 W/m ² and 30 °C Stillstandtemperatur, bei 1000 W/m ² und 30 °C		X	
Volume of the heat transfer fluid Volumen des Wärmeträgerfluids		X	
Empty weight of the collector Leergewicht des Kollektors		X	
Manufactured in: ... Hergestellt in: ...		X	
Durability: Beständigkeit:		X	

Vacuum Solar Collector / Próźniowy Kolektor Słoneczny

Model: PROECO JNSC 30-58/1800

year of production / rok produkcji: 2013, Serial No:dimensions / wymiary(mm): 1960 x 2050 x 125gross area / powierzchnia (m²): 4weight / masa (kg): 112maximum operation pressure / maksymalne ciśnienie pracy (bar): 6stagnation temperature / temperatura stagnacji / at 1000W/m² and 30°C: 260 °Cvolume of the heat transfer fluid / objętość płynu wymiany ciepła (l.): 2,3

Made in P.R.China, manufactured by / wyprodukowane przez:

Pro Eco Solutions Ltd.

importer to the EU:

Pro Eco Solutions Ltd. Oddział w Polsce**ul. Kasztanowa 2, 55-080 Sadków****info@proecosolutions.pl www.ProEcoSolar.pl**

6 Execution and evaluation

Durchführung und Auswertung

6.1 Visual inspection

Sichtprüfung

Date Datum	06 March 2012	Inspector Prüfer	Schaub
---------------	---------------	---------------------	--------

Internal barcode no. Interne Barcode Nummer	Serial no. Seriennummer	Description of defects Beschreibung der Schäden
21218600-1	20120000909	No visual damages
21218600-2	20120000910	No visual damages



Fig. 1: label random selection

6.2 Internal pressure test Innendruckprüfung

6.2.1 Collector type Kollektortyp

Absorber material	<input checked="" type="radio"/> Inorganic unorganisch	<input type="radio"/> Organic Organisch
Maximum collector operating pressure specified by manufacturer [kPa] Maximaler vom Hersteller festgelegter Betriebsdruck	600	
Serial no. Seriennummer	20120000910	

6.2.2 Test conditions; Prüfbedingungen

	pressure test Druckprobe
Date Datum	06 March 2012
Inspector Prüfer	Schaub
Test temperature [°C] Prüftemperatur	21
Test pressure [kPa] Prüfdruck	923
Test duration [min] Prüfdauer	15
Pressure difference [kPa] Druckabfall	0.12

6.2.3 Test results Prüfergebnisse

Details of any observed or measured leakage, swelling or distortion and problems which according to 5.2 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe".

Einzelheiten hinsichtlich beobachteter oder gemessener Undichtigkeiten, Ausbuchtungen oder Verdrehungen sowie Fehler, die nach 5.2 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.3 High temperature resistance test

Prüfung der Hochtemperaturbeständigkeit

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	08 May 2012
Inspector Prüfer	Schaub

6.3.1 Method used to heat collector

Verfahren zum Aufheizen der Kollektoren

Test performed with outdoor exposure / solar simulator Testdurchführung während der Außenexposition / unter Sonnensimulator	Outdoor
--	---------

6.3.2 Conditions for testing high temperature resistance

Prüfbedingungen der Hochtemperaturbeständigkeit

Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur Horizontalen in °	35
Average irradiation during test [W/m ²] Mittlere Bestrahlungsstärke während der Prüfung	1037
Average ambient air temperature [°C] Mittlere Umgebungstemperatur	24.0
Average ambient air speed [m/s] Mittlere Windgeschwindigkeit in der Umgebung	< 1
Duration of test [min] Dauer der Prüfung	60

6.3.3 Test results

Prüfergebnisse

Details of any observed or measured degradation, distortion, shrinkage or out gassing and problems which according to 5.3.4 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe".

Einzelheiten hinsichtlich beobachteter oder gemessener Leistungsminderungen, Verwindungen, Schrumpfungen oder Gasbildung sowie Fehler, die nach 5.3.4 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.4 Stagnation temperature

Stagnationstemperatur

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	30 May 2012
Inspector Prüfer	Schaub

6.4.1 Method used to heat collector

Verfahren zum Aufheizen der Kollektoren

Test performed with outdoor exposure / solar simulator Testdurchführung während der Außenexposition / unter Sonnensimulator	Simulator
--	-----------

6.4.2 Conditions for testing stagnation temperature

Prüfbedingungen der Stagnationstemperatur

Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur Horizontalen in °	45
Average irradiation during test [W/m ²] Mittlere Bestrahlungsstärke während der Prüfung	850
Average ambient air temperature [°C] Mittlere Umgebungstemperatur	23.0
Average ambient air speed [m/s] Mittlere Windgeschwindigkeit in der Umgebung	0
Absorber temperature [°C] Absorbentemperatur	186

Requisite additional information for stagnation temperature:

Erforderliche Zusatzinformationen zur Ermittlung der Stagnationstemperatur

6.4.3 Determination of stagnation temperature

Ermittlung der Stagnationstemperatur

Stagnation temperature for ambient conditions of 1000W/m ² and 30°C (determination acc. to EN 12975-2:2006, Annex C) Stagnationstemperatur für Umgebungsbedingungen von 1000 W/m ² und 30°C	221.8
---	-------

6.4.4 Test remarks

Prüfanmerkungen

Requisite additional information for stagnation temperature:
Erforderliche Zusatzinformationen zur Ermittlung der Stagnationstemperatur

Single pipe used for detection of stagnation temperature

6.5 Exposure test

Expositionsprüfung

Serial no. Seriennummer	20120000910	
Date begin/ end Datum Start/ Ende	20 March 2012	09 May 2012
Inspector Prüfer	Schaub	

6.5.1 Test conditions

Prüfbedingungen

Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur Horizontalen in °	35	
Total no. of test days and radiation energy [MJ/m ²] Anzahl der Prüftage und Strahlungsenergie	50	900.1
No. of days with more than 14 MJ/m ² Anzahl der Tage mit mehr als 14 MJ/m ²	34	
No of rain days and total rainfall [mm] Anzahl der Regentage und Gesamtniederschlags- summe	15	163.3
Time period with G>850 W/m ² & ta>10°C [h] Zeitabschnitte mit G > 850 W/m ² und ta > 10°C	103.3	
	minimum value Mindestwert	maximum value Maximalwert
Ambient temperature of test days [°C] Umgebungstemperatur der Prüftage	0.0	28.3
Ambient temperature during high irradiation > 850 W/m ² [°C] Umgebungstemperatur während hoher Einstrahlung	10.7	27.6
Total daily rainfall [mm] Tägliche Niederschlagssumme [mm]	0.0	42.6

6.5.2 Test results

Prüfergebnisse

Details of any observed or measured problems or failures which according to B 5.5 of EN 12975-2:2006 are to be classified as "severe". Einzelheiten hinsichtlich beobachteter oder gemessener Probleme oder Fehler, die nach B 5.5 von EN 12975-2:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

For more details about exposition test see Appendix 2: climate data.

6.6 External thermal shock test

schnelle äußere Temperaturwechselprüfung

6.6.1 Test conditions

Prüfbedingungen

	1 st shock		2 nd shock	
Test performed with outdoor exposure / solar simulator Testdurchführung während der Außenexposition / unter Sonnensimulator	Outdoor		Outdoor	
Serial no. Seriennummer	20120000910			
Date Datum	25 April 2012		26 April 2012	
Inspector Prüfer	Ciccarelli		Ciccarelli	
Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur horizontalen in °	35		35	
Min. & mean irradiation [W/m ²] Mindest & mittlere Bestrahlungsstärke	851	930	859	931
Min. & mean ambient air temperature [°C] Mindest & mittlere Umgebungslufttemperatur	17.2	17.9	20.5	21.0
Period during which steady state conditions were maintained prior to shock [min] Zeitdauer, während die geforderten Betriebsbedingungen eingehalten wurden	60		60	
Water spray mass flow rate [kg/(sm ²)] Massenstrom des Sprühwassers	0.044		0.043	
Water spray temperature [°C] Temperatur des Sprühwassers	16.8		16.5	
Spraying duration [min] Sprühdauer	15		15	

6.6.2 Test results:

Prüfergebnisse

Details of any observed or measured cracking, distortion, condensation, water penetration or loss of vacuum found and problems which according to 5.5.4 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe". Einzelheiten hinsichtlich beobachteter oder gemessener Risse, Verdrehungen, Kondensation, eindringendes Wasser oder Vakuumverlust sowie Fehler, die nach 5.5.4 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.7 Internal thermal shock test

Schnelle innere Temperaturwechselprüfung

6.7.1 Test conditions

Allgemeines

	1 st shock	2 nd shock	
Test performed with outdoor exposure / solar simulator Testdurchführung während der Außenexposition / unter Sonnensimulator	Outdoor	Outdoor	
Serial no. Seriennummer	20120000910		
Date Datum	25 April 2012	26 April 2012	
Inspector Prüfer	Ciccarelli	Ciccarelli	
Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur horizontalen in °	35	35	
Min. & mean irradiation [W/m ²] Mindest & mittlere Bestrahlungsstärke	929	1049	1037 1052
Min. & mean ambient air temperature [°C] Mindest & mittlere Umgebungslufttemperatur	19.7	20.2	22.1 22.8
Period during which steady state conditions were maintained prior to shock [min] Zeitdauer, während die geforderten Betriebsbedingungen eingehalten wurden	60	60	
Water spray mass flow rate [kg/(sm ²)] Massenstrom des Sprühwassers	0.038	0.040	
Water spray temperature [°C] Temperatur des Sprühwassers	16.5	16.4	
Spraying duration [min] Sprühdauer	5	5	
Absorber temperature after spraying [°C] Absorbertemperatur unmittelbar nach dem Besprühen			

Requisite additional information for internal thermal shock test:

Erforderliche Zusatzinformationen zu der schnellen inneren Temperaturwechselprüfung

--

6.7.2 Test results:

Prüfergebnisse

Details of any observed or measured cracking, distortion, condensation, water penetration or loss of vacuum found and problems which according to 5.6.4 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe". Einzelheiten hinsichtlich beobachteter oder gemessener Risse, Verdrehungen, Kondensation, eindringendes Wasser oder Vakuumverlust sowie Fehler, die nach 5.6.4 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.8 Rain penetration test

Prüfung auf eindringendes Regenwasser

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	09 May 2012
Inspector Prüfer	Sommer

6.8.1 Test conditions

Prüfbedingungen

Collector mounted on: Kollektor montiert auf	Open frame Offenem Rahmen
Collector tilt angle [° from horizontal] Neigungswinkel des Kollektors zur Horizont. in °	35
Detection of ingress of water: Verfahren zur Ermittlung von eingedrunenem Wasser	by means of visual inspection and disassembly
Water spray flow rate [kg/(s*m ²)] Massenstrom des Sprühwassers	0.052
Spraying duration [h] Sprühdauer	4

6.8.2 Test results;

Prüfgergebnisse

Area with visible water penetration [% of aperture area] Fläche mit sichtbaren Anzeichen eingedrunenen Wassers (in % der Aperturfläche)	-
Location where water penetration is observed Stellen an denen eingedrunenes Wasser festgestellt wurde	-
Duration until visible water penetration has disappeared Zeitspanne bis zum Verschwinden der Anzeichen des eingedrunenen Regenwassers	-

Details of any problems which according to 5.7.4 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe": Einzelheiten hinsichtlich sämtlicher Fehler, die nach 5.7.4 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.9 Mechanical load test

Mechanische Belastung

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	21 May 2012
Inspector Prüfer	Schaub

Method used to apply pressure

Verwendetes Verfahren zum Ausbringen der Druckbelastung

- Suction cups
 Saugnäpfe
- Loading with water
 Belastung durch Wasser

6.9.1 Positive pressure test of the collector cover

Überdruckprüfung der Kollektorabdeckung

Maximum pressure load [Pa] Maximale Druckbelastung	1500
Remaining deflection [mm] Bleibende Durchbiegung	0

6.9.2 Negative pressure test of collector

Unterdruckprüfung der Kollektorabdeckung

Maximum pressure load [Pa] Maximale Druckbelastung	Not applicable
Remaining deflection [mm] Bleibende Durchbiegung	-

Test results

Prüfergebnisse

Details of any damage to the collector cover, cover fixings or mounting fixings and problems which according to 5.9 of EN 12975-1:2006 are to be classified as "severe":

Einzelheiten hinsichtlich beobachteter Schäden bezüglich Kollektorabdeckung, Abdeckungsbefestigung, Kollektorbefestigung sowie Fehler, die nach 5.9 von EN 12975-1:2006 als "größerer Fehler" bezeichnet werden:

No visual damages

6.10 Final Inspection; Endüberprüfung

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	23 May 2012
Inspector Prüfer	Schaub

Test results Ergebnisse

	Collector component	Potential problem	Evaluation
a)	Collector box, fasteners Kollektorgehäuse/-befestigungsteile	Cracking, warping, corrosion, rain penetration Rissbildung/ Verwerfung/ Korrosion/ eindringendes Regenwasser	0
b)	Mountings, structure Montageelemente/ Tragwerk	Strength, safety Festigkeit/ Sicherheit	0
c)	Seals, gaskets Verschlüsse/ Dichtungen	Cracking, adhesion, elasticity Rissbildung/ Haftung/ Elastizität	0
d)	Cover, reflector Abdeckung/ Reflektor	Cracking, crazing, buckling, delamination, warping, out gassing Rissbildung/ Haarrisse/Ausbeulen/ Abblättern/ Verwerfung/ Ausgasen	0
e)	Absorber coating Absorberbeschichtung	Cracking, crazing, blistering Rissbildung/ Haarrisse/ Blasenbildung	0
	Absorber tubes and headers Absorberrohre und Kopfstücke	Deformation, corrosion, leakage, loss of bonding Verformung/ Korrosion/ Undichtigkeit/ sich lösende Verbindungen	0
	Absorber mounting Absorberbefestigung	Deformation, corrosion Verformung/ Korrosion	0
f)	Insulation Wärmedämmung	Water retention, out gassing, degradation Wasseraufnahme/ Ausgasung/ Schwindung	0

Evaluate each potential problem according to the following scale:

Jedes mögliche Problem ist nach folgender Einteilung zu bewerten:

0	No problem	kein Problem
1	Minor problem	geringes Problem
2	Severe problem	schweres Problem

- Inspection to establish the condition was not possible. Überprüfung zur Einstellung der Bedingung war nicht möglich

Requisite additional information for final inspection:

Erforderliche Zusatzinformationen zu der Endkontrolle

--

7 Measuring results of thermal performance testing; Prüfergebnisse der Leistungsprüfung von Sonnenkollektoren

7.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 chapter 6.1 Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1

- outdoor steady state (6.1.4) indoor steady state (6.1.5)
 stationär, im freien stationär, indoor

Serial no. Seriennummer	20120000909	
Date (Start/End) Datum (Start/Ende)	2012-04-26	2012-04-27
Inspector Prüfer	Ciccarelli	

7.2 Test conditions Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	43°28'
Longitude [°] Geographische Länge	13°04'
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	40
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	tracked
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	vertical
Mass flow [kg/(m ² s)] Massenstrom	0.023
Aperture area A _a [m ²] Aperturfläche	2.84

7.2.1 Test results thermal performance

Prüfergebnisse Wärmeleistung

Second order fit to data

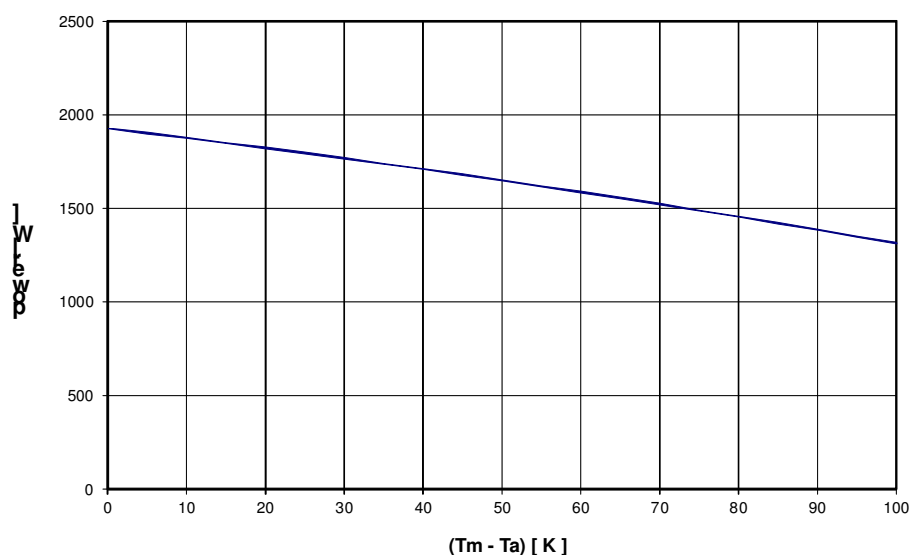
Ausgleichskurve 2. Ordnung für die Messwerte

$$\dot{Q} = A \cdot G \left(\eta_0 - a_1 \frac{(t_m - t_a)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \right)$$

Conversion factor η_{0a} [] Konversionsfaktor	0.679 ± 0.002 (based on aperture area)
Heat transfer coefficient a_{1a} [W/(m ² K)] Wärmedurchgangskoeffizient	1.760 ± 0.159 (based on aperture area)
Temp. dependent heat transfer coefficient a_{2a} [W/(m ² K ²)] Temperaturabhängiger Wärmedurchgangskoeffizient	0.004 ± 0.002 (based on aperture area)

Power curve per collector unit (for $G = 1000 \text{ W/m}^2$)

Leistungskurve pro Kollektormodul



Maximum power [W_{peak}] Spitzenleistung (G=1000 W/m ²) per collector unit/ pro Kollektormodul	1927
--	-------------

Details of any damage and problems: Einzelheiten hinsichtlich vorhandener Fehler.

No visual damages

For more details about thermal performance test see Appendix 1: Thermal performance test results.

7.3 Measuring results of time constant testing

Prüfergebnisse der Ermittlung der Zeitkonstante

Outdoor
 im freien

Indoor
 indoor

Serial no. Seriennummer	20120000910
Date Datum	2012-04-26
Inspector Prüfer	Ciccarelli

7.3.1 Test conditions

Prüfbedingungen

Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	40
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	vertical
Mass flow [kg/(m ² s)] Massenstrom	0.023
Aperture area A _a [m ²] Aperturfläche	2.84

7.3.2 Test results

Prüfergebnisse

Collector Time constant τ_c [s] Kollektorzeitkonstante	615
--	-----

For more details about time constant test see Appendix 1: Thermal performance test results.

7.4 Calculated effective thermal capacity

Berechnete effektive Wärmekapazität

7.4.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 Chapter 6.1.6
 Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1.6

	Per collector unit	Per m ² aperture area
Thermal capacity of the Absorber [kJ/K] Wärmekapazität des Absorber	23.75	8.36
Thermal capacity of the heat transfer fluid [kJ/K] Wärmekapazität des Wärmeträgers	9.63	3.39
Thermal capacity of the Isolation [kJ/K] Wärmekapazität des Isolierung	1.26	0.44
Thermal capacity of the external glazing [kJ/K] Wärmekapazität der äußere Verglasung	2.27	0.80
Effective Thermal capacity of the collector Effektive Wärmekapazität des Kollektors	36.90 kJ/K	12.99 kJ/(K*m²)

7.5 Collector incident angle modifier

Prüfergebnisse der Ermittlung des Einfallswinkel-Korrekturfaktors

7.5.1 Test method according to DIN EN 12975-2:2006 Chapter 6.1.7

Prüfgrundlage entsprechend DIN EN 12975-2:2006 Kapitel 6.1.7

Serial no. Seriennummer	20120000910	
Date (Start/ End) Datum (Start/ Ende)	2012-04-12	2012-04-25
Inspector Prüfer	Cicarelli	

7.5.2 Test conditions Prüfbedingungen

Latitude [°] Geographische Breite	43°28'
Longitude [°] Geographische Länge	13°04'
Collector tilt [° from horizontal] Kollektorneigung	35
Collector azimuth [° from south] Kollektorazimut	0
Orientation of absorber or pipes Ausrichtung des Absorbers oder der Absorberröhren	vertical
Mass flow [kg/(m ² s)] Massenstrom	0.023
Aperture area A _a [m ²] Aperturfläche	2.84

7.5.3 Quasi-dynamic test results Quasi-dynamische Prüfergebnisse

Angle [°]	10	20	30	40	50	60	70
$K_{\theta b \text{ longi}} (\) []$	1.00	0.99	0.98	0.97	0.94	0.90	0.81
$K_{\theta b \text{ trans}} (\) []$	1.01	1.06	1.14	1.34	1.49	1.33	0.70
Incidence angle modifier $K_{\theta}(40.2^{\circ} / 40.2^{\circ}) []$ Einstrahlwinkel-Korrekturfaktor	1.30 (based on aperture area)						

Requisite additional information for incident angle modifier:

Erforderliche Zusatzinformationen zu dem Einfallswinkel-Korrekturfaktor:

--

For more details about time constant test see Appendix 1: Thermal performance test results

8 General remarks

Bemerkungen

All results only refer to the test samples that were subjected to testing.

The extended total measuring uncertainty (k=2) for the outdoor performance test is:

$$\eta \leq \pm 2.8 \% \text{ (for irradiation levels above } 700 \text{ W/m}^2\text{)}$$

To minimize back side reflectivity during thermal performance test, a black plastic film with low reflectivity (< 20%) was used!

All results are related to report number 21218600_EN_JNSC30 dated 2012-07-04.

COPY

Appendix 1 : Thermal performance test results

Evaluation of steady state collector test based on aperture area and mean temperature of heat transfer fluid (multi linear regression/simulation)

Performance results, measured and derived data													
Date	UTC	G	G/G _d	EL	t _a	U	\dot{m}	t _{in}	t _m	t _m -t _a	T* _m	\dot{Q}	η_a
	hh:mm	W/m ²	%	W/m ²	°C	m/s	kg/s	°C	°C	K	m ² K/W	W	%
YYYY-MM-DD	13:11	989	0.17	-	24.65	3.0	0.0644	19.27	22.82	-1.82	-0.00184	1914	0.681
2012-04-27	13:21	978	0.19	-	24.32	3.0	0.0644	19.26	22.78	-1.54	-0.00158	1898	0.683
2012-04-27	13:31	972	0.19	-	24.42	3.0	0.0644	19.24	22.75	-1.67	-0.00172	1887	0.683
2012-04-27	13:41	963	0.20	-	24.09	3.0	0.0644	19.22	22.71	-1.39	-0.00144	1875	0.685
2012-04-27	13:13	1046	0.11	-	23.95	3.0	0.0655	43.03	46.45	22.51	0.02151	1876	0.631
2012-04-26	13:24	1047	0.11	-	23.94	3.0	0.0655	43.03	46.46	22.53	0.02152	1878	0.632
2012-04-26	13:34	1041	0.11	-	24.06	3.0	0.0653	43.02	46.46	22.40	0.02152	1874	0.634
2012-04-26	13:44	1030	0.11	-	24.00	3.0	0.0653	43.04	46.45	22.45	0.02180	1863	0.637
2012-04-26	10:05	1008	0.13	-	21.12	3.0	0.0650	72.01	75.04	53.92	0.05352	1655	0.578
2012-04-27	10:15	1008	0.13	-	21.58	3.0	0.0649	72.03	75.07	53.48	0.05306	1657	0.579
2012-04-27	10:25	1011	0.14	-	22.01	3.0	0.0649	72.05	75.09	53.09	0.05253	1662	0.579
2012-04-27	10:35	1009	0.14	-	22.13	3.0	0.0649	71.98	75.05	52.92	0.05242	1670	0.583
2012-04-27	08:29	907	0.12	-	17.53	3.0	0.0649	89.08	91.47	73.94	0.08150	1307	0.507
2012-04-27	08:39	924	0.12	-	18.08	3.0	0.0649	89.18	91.63	73.55	0.07956	1345	0.512
2012-04-27	08:49	941	0.12	-	18.30	3.0	0.0650	89.15	91.67	73.36	0.07798	1380	0.517
2012-04-27	08:59	956	0.12	-	18.52	3.0	0.0650	89.08	91.66	73.13	0.07649	1415	0.521
2012-04-27													

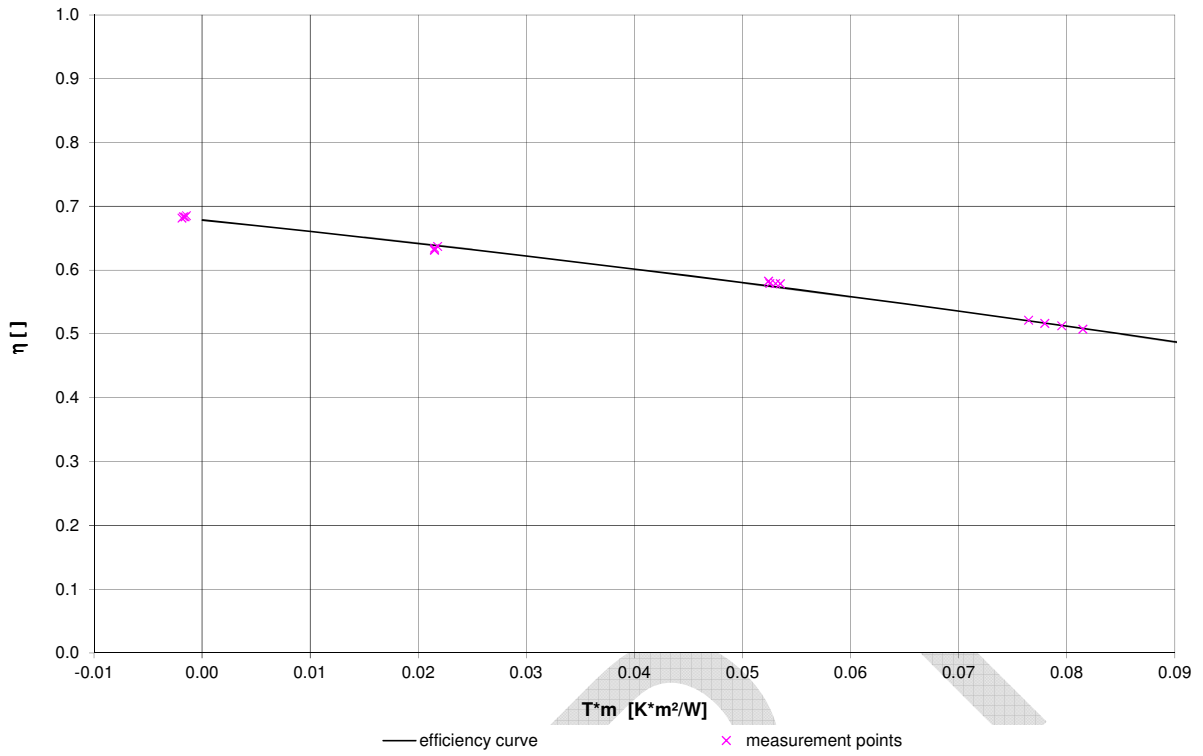


Figure A1.1: efficiency curve over reduced temperature difference at 1000W/m² irradiation

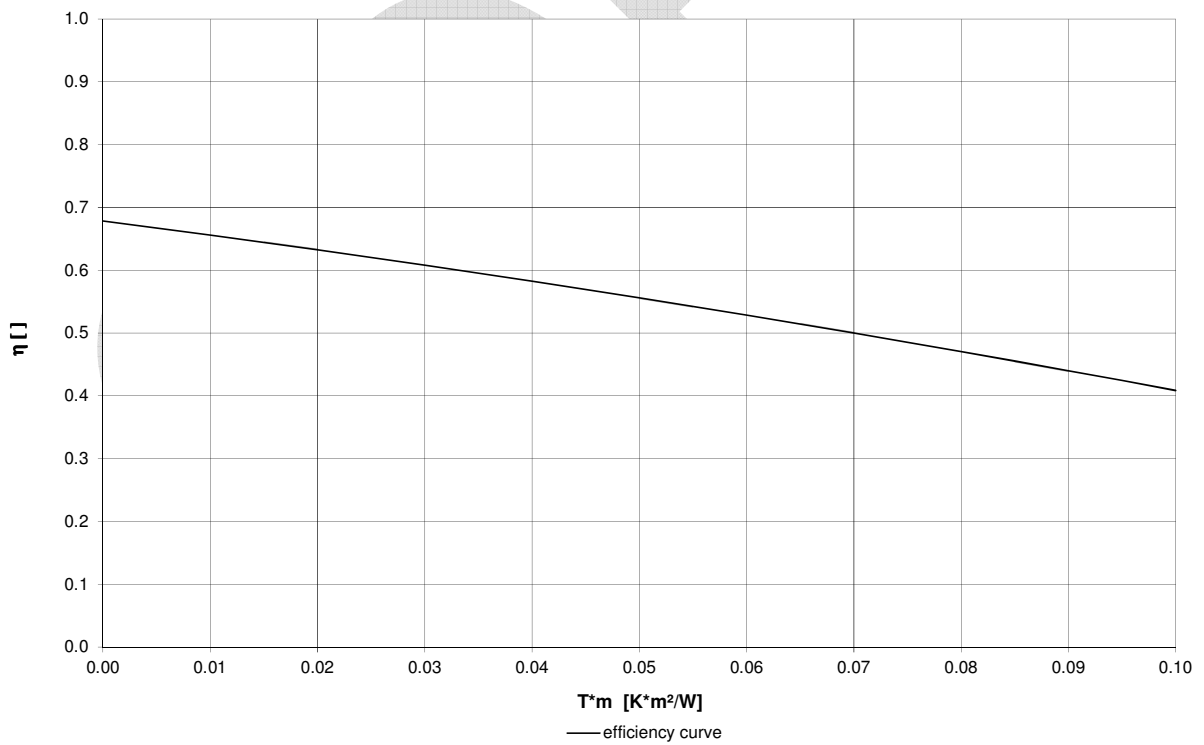


Figure A1.2: efficiency curve over reduced temperature difference at 800W/m² irradiation

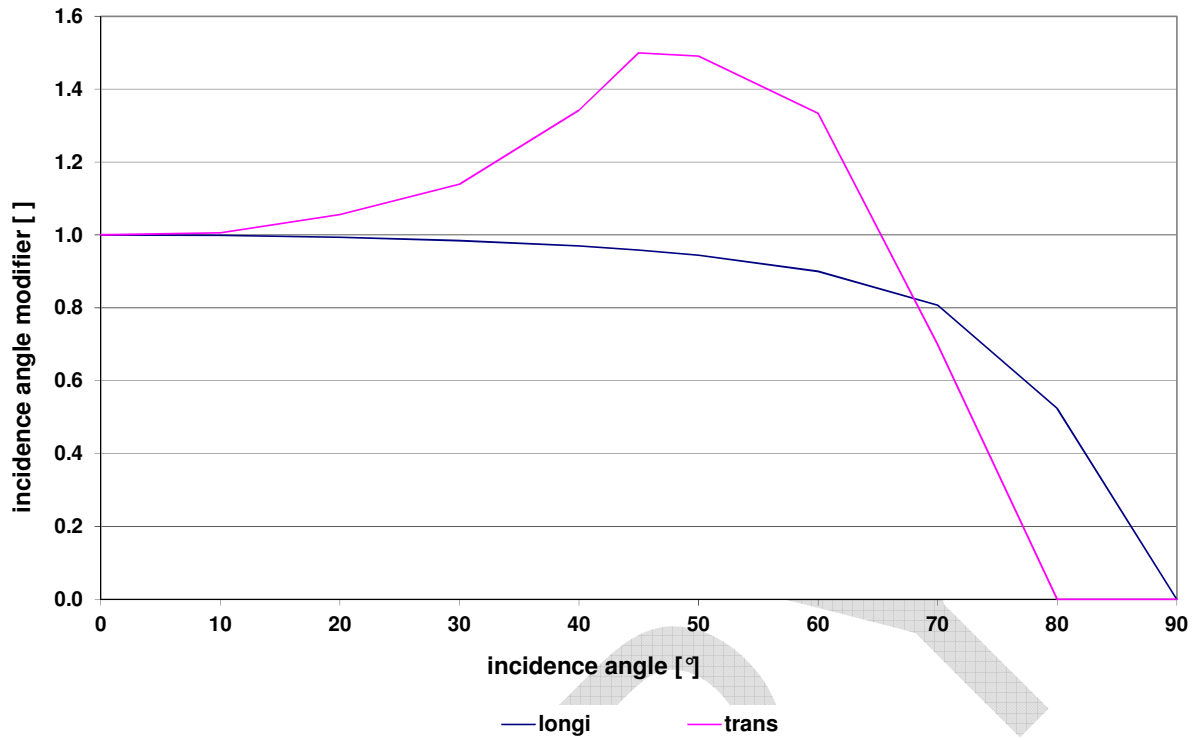


Figure A1.3: incidence angle modifier over incidence angle quasi-dynamic

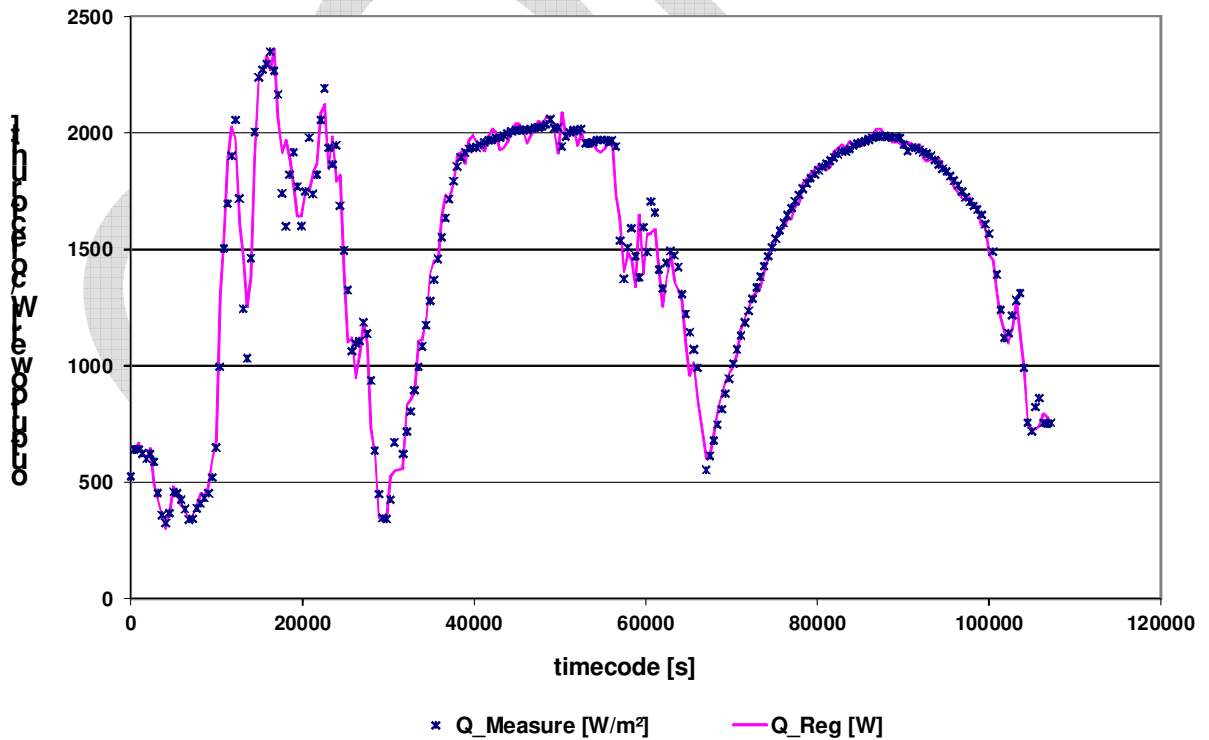


Figure A1.4: measured and simulated power during incidence angel determination

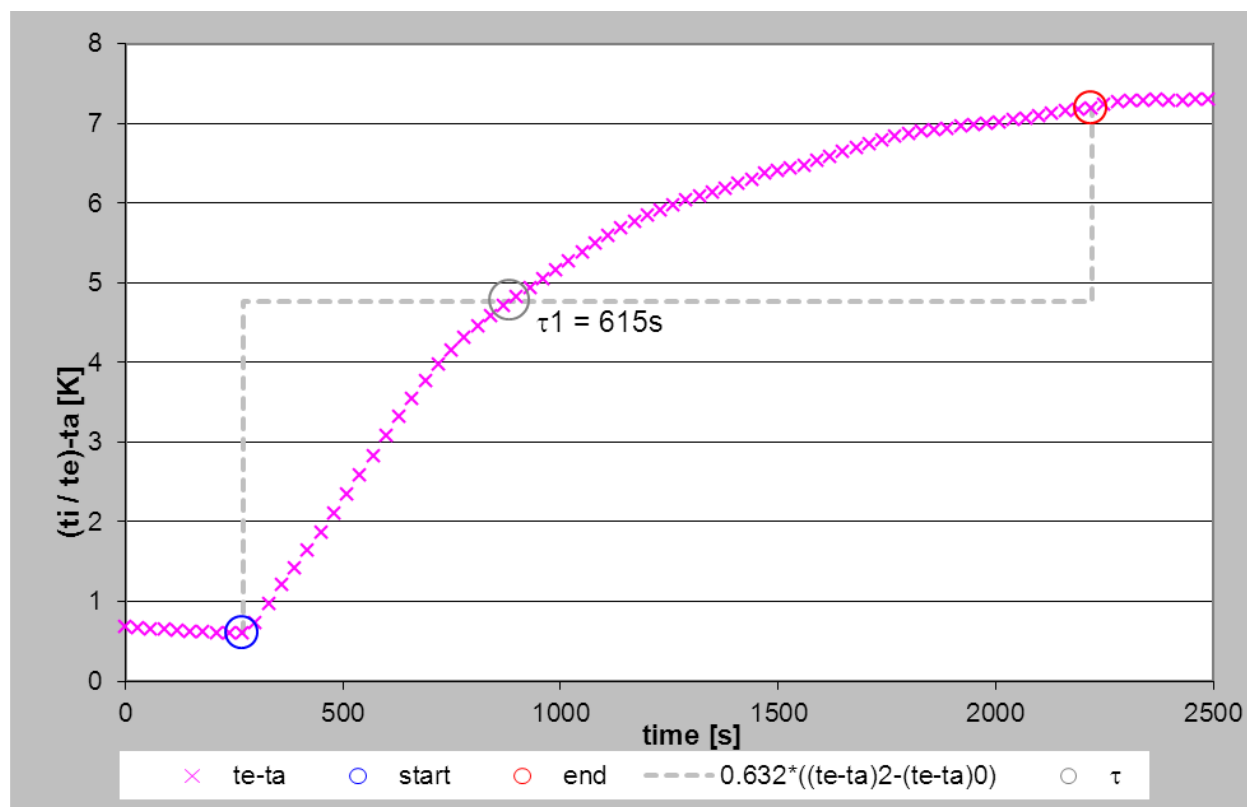


Figure A1.5: Thermal Time Constant

Appendix 2: climate data

March 12								
Date	time (G* > 850W/m ²)	ta (G* > 850W/m ²)	H	min ta	max. ta	mean ta	Rain	Comments
	min	°C	MJ	°C	°C	°C	l/m ²	
2012-03-01	220	21.5	23.9	4.1	22.5	16.4		
2012-03-02	230	23.7	24.2	4.8	25.1	19.0		
2012-03-03	225	22.1	24.1	14.5	23.2	19.5		
2012-03-04			15.7	4.0	18.9	13.9		
2012-03-05			7.3	7.6	17.0	13.0	1.6	
2012-03-06			0.9	6.6	8.1	7.4	22.3	
2012-03-07	130	12.1	21.9	5.1	13.0	10.4	0.2	
2012-03-08	90	12.3	17.1	-0.3	13.4	9.2		
2012-03-09			18.9	1.6	13.8	10.5		
2012-03-10	135	12.0	22.4	1.1	12.6	9.6		
2012-03-11	250	13.9	24.9	0.1	15.4	11.6		
2012-03-12			15.9	2.9	17.9	12.4		
2012-03-13	160	15.7	25.0	1.4	17.7	13.1		
2012-03-14	245	17.7	25.4	2.5	18.6	14.1	10.0	
2012-03-15	240	19.7	25.1	3.7	21.5	16.1		
2012-03-16	230	21.4	25.0	4.7	22.6	17.6		intermittent failure
2012-03-17	245	23.2	26.0	6.9	24.6	19.9		
2012-03-18	65	19.7	16.5	8.3	20.5	16.5		
2012-03-19	120	21.3	17.2	7.4	22.7	17.7		
2012-03-20	70	17.7	20.9	8.5	18.9	15.6		
2012-03-21	230	20.6	25.0	6.1	21.3	17.0		
2012-03-22	115	21.0	22.4	6.6	21.8	17.4		
2012-03-23	35	22.5	20.2	5.8	24.2	18.5		
2012-03-24	115	22.4	22.5	9.2	23.0	18.5		
2012-03-25	35	20.6	20.8	5.8	21.7	16.7		
2012-03-26	230	21.6	25.2	6.6	22.3	17.8		
2012-03-27	250	21.4	26.4	4.2	22.3	17.0		
2012-03-28	255	21.9	26.6	5.3	23.2	18.2		
2012-03-29	265	25.8	26.9	6.0	26.7	21.6		
2012-03-30	260	22.8	25.5	14.3	25.0	20.8		
2012-03-31	230	23.1	26.4	14.8	24.5	21.3		

April 12								
Date	time	ta	H	min ta	max. ta	mean ta	Rain	Comments
	(G [*] >850W/m ²) min	(G [*] >850W/m ²) °C	MJ	°C	°C	°C	l/m ²	
2012-04-01			9.1	11.5	20.3	14.2		
2012-04-02	190	20.0	21.6	2.9	21.0	15.8		
2012-04-03			7.4	10.8	19.1	15.1	12.1	
2012-04-04	145	21.5	21.0	8.9	22.6	18.0	0.1	
2012-04-05			11.7	11.5	21.3	15.7	15.4	
2012-04-06	235	21.4	26.5	7.6	22.9	18.8		
2012-04-07			13.3	13.1	20.4	16.4		
2012-04-08			6.0	6.2	16.1	10.7	12.5	
2012-04-09	235	10.7	27.1	0.4	13.2	9.3		
2012-04-10	275	17.0	27.3	0.0	18.0	13.1		
2012-04-11			7.4	8.8	17.7	13.0	11.0	
2012-04-12	220	19.0	22.8	11.6	20.8	16.9		
2012-04-13			7.4	8.3	16.2	12.8	13.0	
2012-04-14			3.0	9.3	12.4	10.9	42.6	
2012-04-15	55	18.3	18.5	8.2	20.9	14.7	11.4	
2012-04-16								
2012-04-17								
2012-04-18								
2012-04-19								
2012-04-20								
2012-04-21	200	18.8	26.5	10.3	21.8	17.1	0.7	
2012-04-22			9.2	15.3	20.6	17.5	1.5	
2012-04-23	30	19.3	16.7	10.7	22.0	16.3	10.5	
2012-04-24	90	18.3	16.2	12.6	19.7	16.3	11.3	
2012-04-25	245	19.0	27.7	11.6	21.8	17.8		
2012-04-26	275	22.2	28.6	7.1	23.4	20.0		
2012-04-27	255	23.8	27.4	9.4	24.8	20.4		
2012-04-28	260	26.0	27.7	11.4	26.9	22.6		
2012-04-29	40	27.6	16.6	12.4	28.3	23.1		
2012-04-30	115	26.1	18.8	13.6	26.9	22.2		

May 12								
Date	time	ta	H	min ta	max. ta	mean ta	Rain	Comments
	(G* > 850W/m²) min	(G* > 850W/m²) °C	MJ	°C	°C	°C	l/m²	
2012-05-01	90	25.5	13.8	14.7	26.0	20.3	10.3	
2012-05-02			19.5	11.7	25.8	19.9		
2012-05-03	285	24.5	29.2	9.3	26.8	21.1		
2012-05-04	290	23.5	29.3	13.5	25.0	21.4		
2012-05-05	110	22.7	22.0	14.2	24.7	21.2		
2012-05-06			4.4	15.0	20.7	18.2	10.6	
2012-05-07	65	21.2	17.7	15.0	23.4	18.8	0.3	
2012-05-08	285	24.1	26.7	10.7	24.9	20.8		
2012-05-09	190	26.5	24.0	12.7	28.0	22.9		
2012-05-10	260	27.6	28.2	12.3	28.9	24.0		
2012-05-11	260	29.1	28.5	12.1	30.4	24.9		
2012-05-12	270	33.7	28.5	11.2	35.3	27.5		
2012-05-13			2.6	10.2	19.1	14.7	22.5	
2012-05-14			7.5	9.7	15.4	12.2	0.5	
2012-05-15	230	22.0	28.3	5.3	23.6	18.2		
2012-05-16			12.6	8.8	20.5	13.8	12.9	
2012-05-17	285	19.6	30.0	5.0	21.0	17.1	0.1	
2012-05-18	80	21.8	22.4	3.8	22.6	17.5		
2012-05-19	220	23.8	26.1	8.0	24.8	19.7		
2012-05-20			9.3	9.9	22.6	19.0	10.5	
2012-05-21			14.3	13.3	24.1	18.9	0.1	
2012-05-22	40	21.5	16.5	11.4	22.6	18.0	0.1	
2012-05-23			7.3	12.7	21.7	17.1	12.3	
2012-05-24	175	27.8	25.2	14.0	29.3	24.4		
2012-05-25	225	25.3	27.3	13.2	26.3	22.7		
2012-05-26	100	24.5	21.7	11.2	25.7	21.0		
2012-05-27	185	25.0	28.1	9.3	26.7	21.4		
2012-05-28	170	26.3	22.2	9.8	28.6	20.2		
2012-05-29	70	28.6	24.2	10.8	29.8	23.8		
2012-05-30	35	29.6	18.3	14.0	30.4	22.9	10.3	
2012-05-31	175	29.2	23.9	14.3	30.6	25.0	10.5	

Appendix 3: Photo documentation



Fig. 2: performance test



Fig. 3: internal shock test



Fig. 4: final inspection



Fig. 5: final inspection