

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ДАННИ ИЗМЕРЕНИ С МЕТЕОСТАНЦИЯ Vantage Pro2 Plus И ПРОГНОЗИРАНЕ ГОДИШНИЯ ДОБИВ НА СЛЪНЧЕВА ЕНЕРГИЯ

Веселин Ташев<sup>1</sup>, Ролф Вернер<sup>1</sup>, Ангел Манев<sup>1</sup>, Богдана Мендева<sup>1</sup>, Мариана Горанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

<sup>2</sup>Технически университет София, Факултет по компютърни системи и управление  
e-mail: veselint@abv.bg;

**Ключови думи:** Слънчева радиация, слънчева енергия, метеорологични измервания

**Резюме:** Известно е, че слънчевата радиация и добива на слънчева енергия са пряко свързани една с друга. Данните за слънчевата радиация са измерени и акумулирани с помощта на автоматичната метеорологична станция Vantage Pro2 Plus. Тя е от полупрофесионален тип, а един от нейните датчици е специално предназначен за измерване на слънчевата радиация. Директно получените данни от сензора за слънчева радиация са интегрирани и преизчислени за да могат да се получат резултати за слънчевата енергия, която се усвоява за определен период от време от единица площ на земната повърхност. По този начин се проследява изменението на енергийните слънчеви характеристики през различните месеци, свързано със сезонния характер на положението на Слънцето. Показана е и степента на повтаряемост през едноименните месеци за различни години. Изчислена е и годишната повтаряемост на измерванията. Месечната повтаряемост се сравнява с годишната, като последната се оказва значително по-добра. Високата повтаряемост, която се наблюдава през годините дава възможност да се прогнозира слънчевия енергиен добив за следващите години.

## INVESTIGATION OF DATA MEASURED WITH WEATHER STATION Vantage Pro2 Plus AND FORECASTING THE ANNUAL PRODUCTION OF SOLAR ENERGY

Veselin Tashev<sup>1</sup>, Rolf Werner<sup>1</sup>, Angel Manev<sup>1</sup>, Bogdana Mendeva<sup>1</sup>, Mariana Goranova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Space Research and Technology Institute – Bulgarian Academy of Sciences

<sup>2</sup>Technical University Sofia, Faculty of Computer Systems and Control, Sofia, Bulgaria  
e-mail: veselint@abv.bg

**Keywords:** Solar radiation, solar energy, measurement of meteorological parameters

**Abstract:** It is known that the solar radiation and solar power are directly related to each other. The amount of sunlight reaching Earth's surface is monitored and accumulated by automatic weather station Vantage Pro2 Plus. Applying the data, sun energy characteristics of different months are monitored and related to sun position during the seasons. The degree of repeatability is presented for the corresponding days and months in different years. The annual repeatability is estimated on the base of these measurements. The monthly and daily repeatability has been compared with the annual one, as the latter turned out to be significantly better. The high annual repeatability provides an opportunity for sunlight forecast for subsequent years.

### 1. Въведение

За измерване на слънчевата енергия попадаща на земната повърхност, могат да се използват данните получени от сензори за измерване на слънчевата радиация. Директно получените данни от тези сензори се интегрират и преизчисляват за да се получат резултати за слънчевата енергия, която се усвоява за определен период от време от единица площ на земната повърхност. Такива сензори притежава метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus, която е от полупрофесионален тип. В сравнение с основния вариант на метеостанциите от типа на Vantage Pro, полупрофесионалната станция Vantage Pro 2 Plus е снабдена с

допълнителни сензори за измерване на слънчевата радиация и слънчевото ултравиолетово излъчване. Тези сензори регистрират интензивността на слънчевата радиация, дозата и индекса на ултравиолетовото излъчване. Метеорологичната станция Vantage Pro 2 Plus предоставя на своите потребители освен седемте директно измервани метеорологични параметри като: температура, относителна влажност, атмосферно налягане, валежи, скорост и посока на вятъра и още над тридесет производни параметри, като слънчева енергия (Solar Energy), която се получава чрез интегриране по време на директно измерваната Слънчева радиация (Solar Radiation).

Метеостанцията Vantage Pro 2 Plus е продукт на американската корпорация Davis. Поради тази причина Слънчевата енергия е дадена в единица Langley.

1 Langley = 11.622 Wh/m<sup>2</sup>

Всички данни за метеорологичните параметри могат да се експортират чрез файл в текстови формат за тяхната по-нататъшна обработка.

## **2. Теоретични данни за слънчевата радиация и слънчевата енергия попадаща върху единица земна площ**

Известно е, че слънчевата радиация зависи от много фактори и съвсем логично е да се очаква, че добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен. Това се дължи на факта, че само част от слънчевата енергия достига до земната повърхност. Една част от попадащата слънчевата радиация върху земната атмосфера се рефлектира директно обратно в космоса, а друга част се абсорбира в стратосферата и тропосферата. Общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4].

Интензитетът на слънчевата радиация намалява главно поради поглъщането от водните пари в инфрачервената област на спектъра, озоното поглъщане в ултравиолетовата област и разсейването от частиците във въздуха. Такива компоненти като въглеродния двуокис и някои други газове, които се съдържат в по-малки количества в атмосферата, поглъщат част от топлинната радиация, излъчвана от земната повърхност. Следователно добивът на енергия за различните региони може да е съвсем различен в зависимост от техните особености.

Слънчевата енергия се излъчва главно като електромагнитна радиация със спектър на идеално черно тяло характеризиращо се с температура от приблизително 6000K. Слънчевата радиация представлява плътността на лъчистия енергиен поток излъчван от слънцето, измерван на разстояние една астрономическа единица върху единица хоризонтална площ за единица време. Тя се измерва в единици ват на квадратен метър [ W/m<sup>2</sup> ]. Количеството енергия на квадратен метър за определен период от време се получава чрез интегриране на слънчевата радиация по време. Поради тази причина количеството слънчева енергия се измерва в единици ватчас на квадратен метър [ W\*h/m<sup>2</sup> ].

Интензитетът на слънчевата радиация попадаща върху земната повърхност, се изменя в зависимост от разстоянието Земя-Слънце. Степента на абсорбция на слънчевата радиация зависи от дължината на оптичния път, който светлината трябва да измине през атмосферата за да достигне от горните й слоеве до повърхността на Земята. Тя е обратно пропорционална на косинуса на ъгъла между положението на Слънцето спрямо зенита.

Слънчевата радиация попадаща върху дадена повърхност има две компоненти. Едната е директната радиация, падаща върху повърхността без изменение на посоката. Другата е дифузната радиация, която представлява сумата от разсеяната в атмосферата и отразена от почвата и околните предмети радиация, падаща върху дадена повърхност. Наличието на облаци води до отслабване на директната и увеличаване на разсеяната радиация.

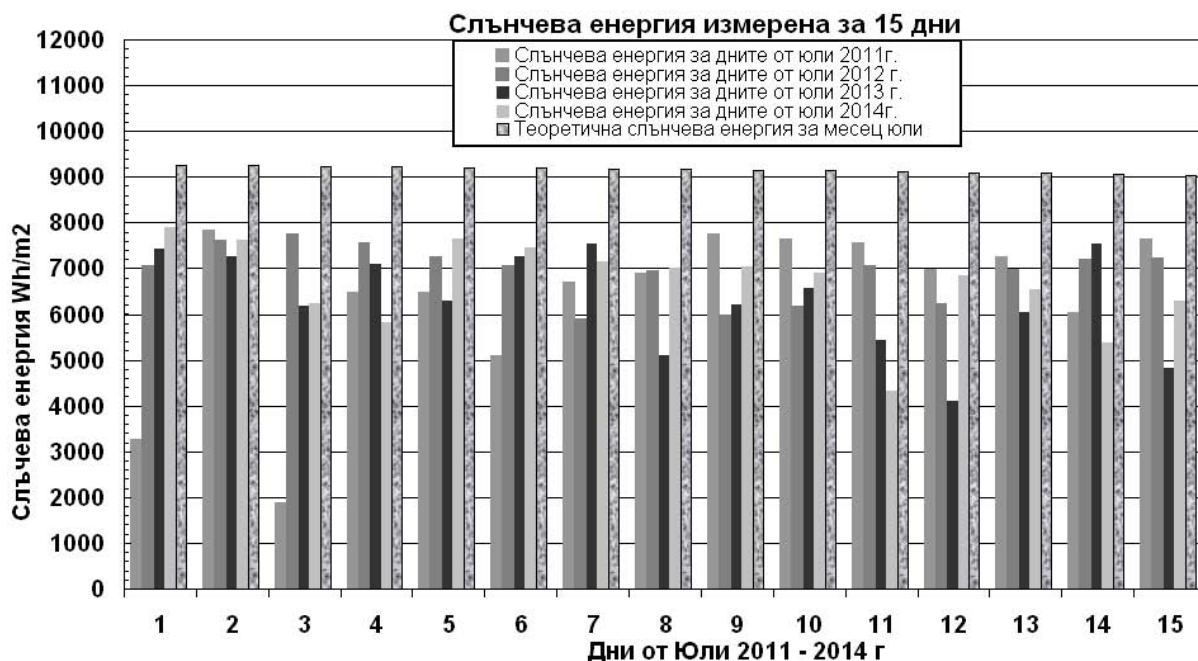
В настоящите изследвания разчетите са направени за потока от слънчева енергия, който попада върху фотосоларните преобразователи, а каква част от него ще се усвои зависи от коефициента на полезно действие на съответните преобразователи.

## **3. Изследване на дневния ход на слънчевото греене**

Директно получените данни от метеорологичната станция се запазват във файлове за период от един месец, като за всеки 15 минути е направено по едно измерване. Общия обем на информацията за период от 39 месеца съдържа около 140 000 измервания. След това данните за слънчевата радиация се интегрират по време за всеки час, за всеки ден и за всеки месец за да се получат резултати за измерената слънчева енергия. Общия обем на базата данни е за период от около 4 години. Получените резултати са показани в графичен и табличен вид.

На фиг. 1 е показана измерената слънчева енергия за различни дни за да се види как се изменя слънчевата енергия за един и същи ден, за един и същи месец през съответната година. За пример са избрани първите 15 дни от месеците Юли, тъй като това е месеца с най-

интензивна слънчева радиация. Сумарната слънчева енергия за всеки един ден от първите 15 дни на месец Юли 2011 , Юли 2012, Юли 2013 и Юли 2014 години е показана с различни цветове.



Фиг. 1. Слънчева енергия измерена за всеки ден от 1 до 15 юли от 2011 до 2014 година

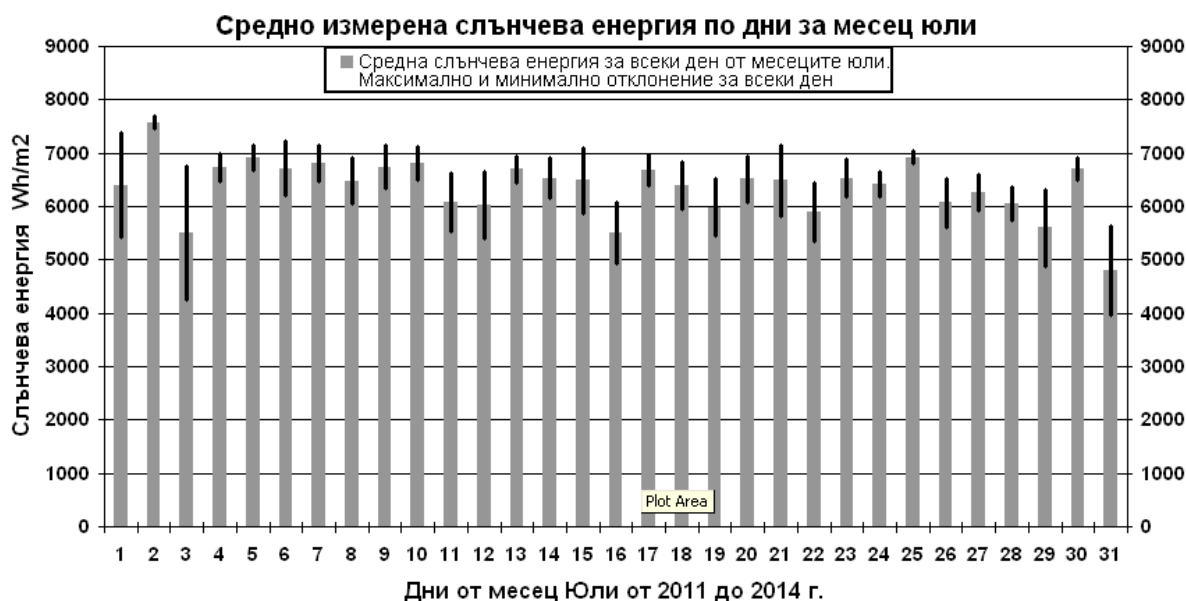
С мозаичен сив цвят е оцветена графиката на теоретично изчислената слънчева енергия за всеки един ден. От тази графика се вижда, че през месец Юли се наблюдава бавно намаляване на измерената слънчева енергия, в следствие на намаляване на общата излъчена енергия от Слънцето, което пък е следствие на неговото променено положение спрямо зенита.

Същата констатация важи и за измерената слънчева енергия за месеците Юли за всички години. Промяната на вариациите на радиацията в следствие на облаците, обаче е по-силна от този тренд. Поради този факт се наблюдава, че слънчевата енергия за различните дни от месеца значително се различава по стойност. Например за почти безоблачните дни 2, 4 и 13 юли стойностите са почти еднакви и същи, като разликата е по-малка от  $1000 \text{ wh/m}^2$ . За сравнение се вижда, че за ден 1 и 3 юли те се променят от  $2000$  до  $7500 \text{ wh/m}^2$  или повече от  $5000 \text{ wh/m}^2$ . Въпреки, че височината на слънцето не се променя съществено практически, измерените резултати се различават, защото атмосферата е с различна пропускателна възможност за различните дни. Пропускливостта на атмосферата значително се влияе както от облаци, така и от влага, прах и други замърсители, които поглъщат слънчевата енергия.

На фиг. 2 е показана средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли в продължение на 4 години. За разлика от фиг. 1 тук е показана средно измерената стойност за всяка година, както и максималните и минимални отклонения за всеки месец.

Със сиви стълбчета е показана средната стойност за всеки ден от месеците Юли, през четирите години, а с черни линии е отбелязано дневното минимално и максимално отклонение от средната стойност. Тук още по-ясно се вижда динамиката в стойностите за 2 и 4 ден, когато е минимална спрямо 1 и 3 ден, когато е значително по-голяма. Тази динамика може да се проследи и за останалите дни.

От тук може да се направи заключението, че измерените стойности на слънчевото греене са значително по-колебливи от теоретичните, което е свързано и с по-големите промени в пропускливостта на атмосферата, както отбелязахме по-горе. В следствие на променящото се състояние на атмосферата и на облачността измерените стойности са по-малки от теоретичната оценка, а при безоблачно време се приближават до тези стойности, каквато е например стойността на 01 Юли 2014 г. и 2 Юли 2011 г. на фиг. 1.



Фиг. 2. Средно измерена слънчева енергия за всеки ден от месец Юли от 2011 до 2014 г.

Отслабването на слънчевата радиация, респективно на слънчевата енергия в атмосферата не е едно и също за различните части на нейния спектър, а освен това зависи както от съдържанието на влага в атмосферата, така и от облачността. Например абсолютно сухият и чист въздух притежава най-голяма прозрачност за инфрачервената радиация и най-малка за ултравиолетовата радиация. Наличието на озон в атмосферата също оказва влияние в поглъщането на радиация в ултравиолетовия и в далечния инфрачервен диапазон. Коя от компонентите какво влияние оказва тук не може точно да се посочи, но в случая е важно каква част от енергията достига до повърхността на земята.

#### 4. Изследване на месечния ход на слънчевото греене.

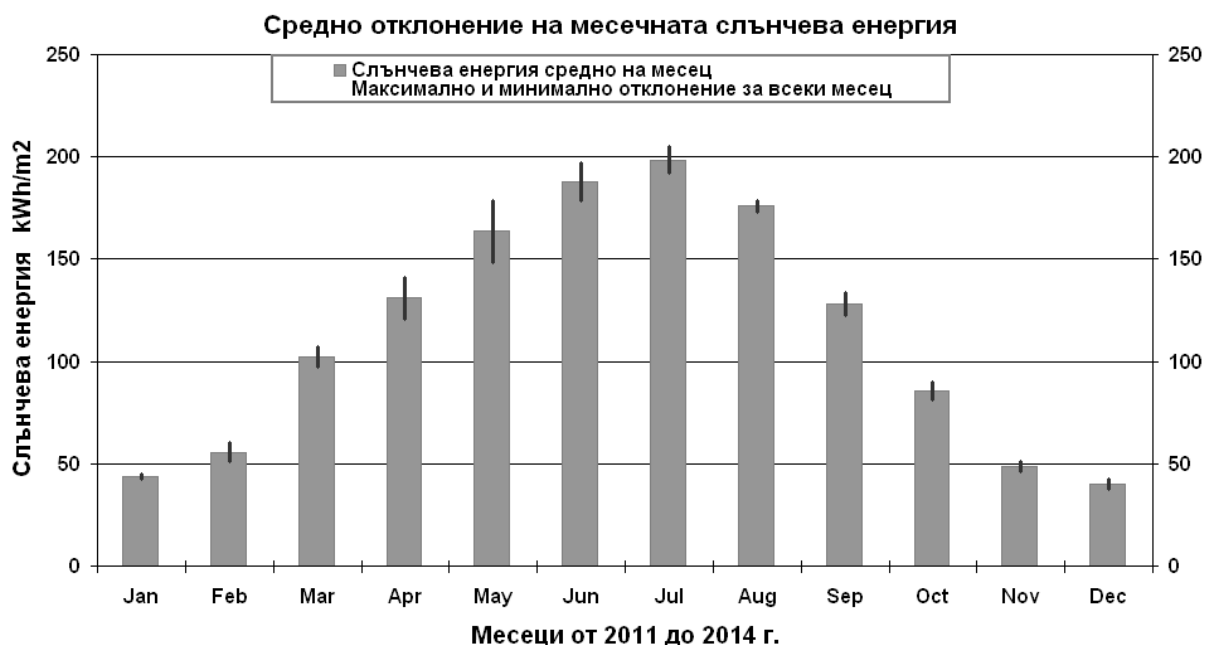
На фиг.3 са показани стойностите на слънчевата енергия измерена за всеки месец в продължение на около 4 години. За всяка от четирите години стълбчетата, показващи съответните месечни стойности са изобразени с различен цвят.



Фиг. 3. Слънчева енергия измерена за всеки месец от 2011 до 2013 г.

От графиката ясно се вижда сезонния характер в изменението на слънчевото греене. То е най-голямо през месеците Юни и Юли и най-малко през месеците Януари и Декември. Най-интересен, обаче е фактът, че динамиката в изменение на стойностите за едноименните месеци през годините показани на фиг. 3 е много по-малка отколкото тази на едноименните дни показана на фиг. 2 и фиг.1.

На фиг. 4 е показана средно измерената слънчева енергия за всеки месец в



Фиг. 4. Средно измерена слънчева енергия за всеки месец

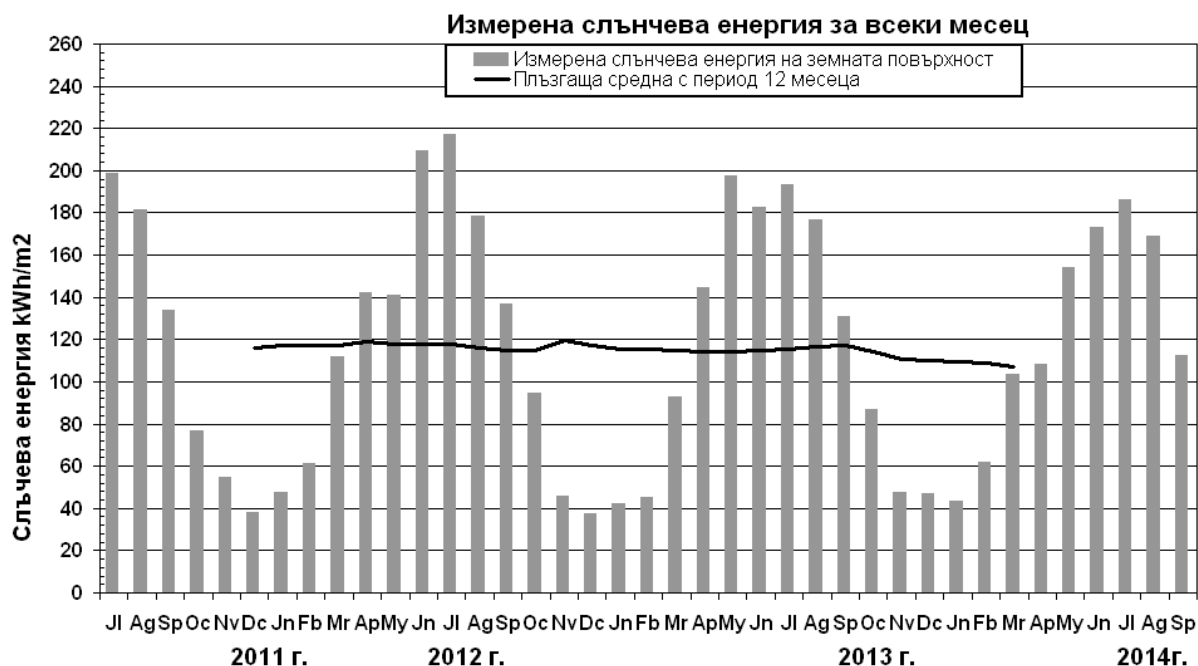
продължение на 4 години, за разлика от фиг. 3, където са показани действителните стойности на месеците. Със сиви стълбчета е показана средната месечна стойност, а с черни линии е отбелязано минималното и максимално отклонение от средната стойност за всеки месец.

На тази графика още по-добре се вижда по-малката динамика в месечното отклонение спрямо дневното. Например за едни и същи дни от месеците Юли 2011, Юли 2012, Юли 2013 и Юли 2014 г., показани на фиг. 1 и фиг. 2 измерената слънчева енергия се различава значително, както отбелязахме по-горе, но за четирите едноименни месеца показани на фиг. 3 и фиг. 4 общият добив е почти един и същи. Числовите данни за ден 1, съответно за 1 Юли 2011 г. с измерена стойност 3200 Wh/m<sup>2</sup>, спрямо 1 Юли 2014 г. с измерена стойност 7800 Wh/m<sup>2</sup> показват динамика от 2.5 пъти, а за ден 3-ти съответно за 3 Юли 2011 г. с измерена стойност 1800 Wh/m<sup>2</sup> спрямо 3 Юли 2012 г. с измерена стойност 7600 Wh/m<sup>2</sup> показват динамика повече от 4 пъти. В същото време разликата в измерената енергия за четирите месеца Юли от 2011 до 2014 г. е по-малка от 15 %, което се вижда от месечното разпределение, показано в таблица 1. Подобни минимални разлики се получават и за другите месеци. Например за месеците Януари, Март, Юни и Август тя е по-малка от 20 %, а най-голяма е за месец Май – само 35%. С други думи наблюдаваме едно усредняване на месечна база. Тези първоначални резултати, въпреки, че не са достатъчно продължителни дават основание да се предположи, че би могло да се прогнозира със сравнително добра точност бъдещата ефективност на фотосоларните преобразователи.

Табл. 1. Разпределение на слънчевата енергия по едноименни месеци

Месец	2011 г. [ kWh/m <sup>2</sup> ]	2012 г. [Kwh / m <sup>2</sup> ]	2013 [Kwh / m <sup>2</sup> ]	2014 [Kwh / m <sup>2</sup> ]	Средно [Kwh / m <sup>2</sup> ]	Макс. разлика [Kwh / m <sup>2</sup> ]	Отклонение [ % ]
Януари		47	42	43	44	4	12
Февруари		61	45	61	55	16	29
Март		111	92	103	102	19	19
Април		142	144	108	131	36	28
Май		140	197	153	163	57	35
Юни		209	182	173	188	36	19
Юли	198	216	193	186	198	30	15
Август	181	178	176	169	176	12	7
Септември	133	136	130	112	128	24	19
Октомври	76	94	86		86	18	21
Ноември	54	45	47		49	9	18
Декември	37	37	46		40	9	23

На фиг. 5 е показано месечното разпределение на слънчевата енергия от месец Юли 2011 година до месец Септември 2014 година, заедно с центрирана плъзгаща се средна с период 12 месеца в продължение на около 4 години.



Фиг. 5. Плъзгаща се центрирана математическа средна на слънчева енергия по 12 месеца

Със сиви стълбчета е отбелязана стойността на измерената енергия за всеки месец, а с по-тъмната линия стойността на плъзгащата се математическа средна.

От графиката се вижда, че стойността на плъзгащата се математическа средна е почти постоянна, т.е. годишното отклонение е по-малко от месечното. Този факт потвърждава извода направен по-горе, че колкото периодът на усредняване е по-голям толкова прогнозите за стойността на слънчевото греене стават по-точни.

Максималните стойности на средната слънчева радиация се получават през месец юли поради по-голямата дължина на деня и голямата височина на Слънцето. Реалните стойности на слънчевата радиация през летните и ранните есенни месеци е около 50% от теоретично максималната радиация, а за късните есенни и наблюдаваните зимни месеци за 2011 – 2014 г, тя е около 30% от теоретично максималната радиация. Доколкото слънчевата енергия е акумулираната във времето слънчева радиация тази констатация би трябвало да се отнася и за нея. Теоретичната слънчева енергия от фиг. 1 за месец Юли е:

$$(1) \quad E_{\text{теор}} = \frac{9.1 \times 31}{0.81} = 348 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2},$$

където използваме коригиращия коефициент 0.81, съгласно т. 2, в която споменаваме, че „общо около 19% от слънчевата енергия не достига долните слоеве на земната повърхност [4]. „

От друга страна, средно измерената слънчева енергия за месец Юли от таблица 1 е 198 kWh/m<sup>2</sup>. От тук получаваме, че реалните стойности на измерената слънчевата енергия за регион Стара Загора в следствие на облачността през летните месеци е 56.8% от теоретично максималната енергия.

В таблица 2 е показано разпределението на слънчевата енергия по месеци, а заедно с това средната стойност, стандартното отклонение и относителният спад. От таблицата се вижда, че стандартното отклонение и относителният спад сравнено за месеците през различните сезони на четирите години се различават значително. Това е показателно, че факторите, които влияят на слънчевата енергия като облаци, прах и други имат случаен характер и с течение на времето взаимно се компенсират и осредняват. При анализа на базата данни натрупана до 2013 година, т.е. в миналия доклад констатирахме, че през преходните месеци от един сезон към друг стандартното отклонение в слъчевото греене е относително по-голямо, а когато се установи сезона то става по-малко. Така например за типично зимния месец Декември то беше 0.5%, за типично пролетния Април 1.6%, а за типично летния Август 2.2%. Обратно, за преходния месец Май то беше 40.3%, за Март 13.7%, а за месец Октомври 9.15. С добавяне на данните през 2014 година се получи малка корекция в тази тенденция. Най-големите отклонения леко се изместват от пролетния към средния пролетен и началото на летния сезон. От таблица 2 се вижда, че най-големите отклонения са съответно за месец Април 20.4%, Май 29.8% и Юни 18.6%. За есенните месеци отклоненията леко намалят – Октомври до 9.1% и Ноември 4.6%. Най-малки вече се оказват отклоненията през зимните месеци съответно за месец Декември 4.6% и Януари 2.7%.

Табл. 2. Разпределение на слънчевата енергия по месеци

Месец	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Стойности												
2011 г. kWh/m <sup>2</sup>							198	181	133	76	54	37
2012 г. kWh/m <sup>2</sup>	47	61	111	142	140	209	216	178	136	94	45	37
2013 г. kWh/m <sup>2</sup>	42	45	92	144	197	182	193	176	130	86	47	46
2014 г. kWh/m <sup>2</sup>	43	61	103	108	153	173	186	169	112			
Средна стойност	44	55	102	131	164	188	198	176	128	86	49	40
Стандартно Отклонение	2.7	9.3	9.7	20.4	29.8	18.6	13.1	5.2	11.0	9.1	4.6	5.2
Относителен Спад [%]	6.1	16.8	9.5	15.6	18.2	9.9	6.6	2.9	8.6	10.6	9.5	13.1

Друг интересен извод, който може да се направи е, че измерената енергия за период от една година е почти една и съща. Резултатите от тези разчети са дадени в таблица 3. В колонка 2 е изчислена слънчевата енергия за период от 1 година между 2 едноименни месеца, а в колонка 3 средната месечна стойност за една година, т.е. за един период от 12 поредни месеца. Например за периода Юли 2011 до Юни 2012 тази стойност е 1389 kWh/m<sup>2</sup>, а средномесечната изчислена от плъзгащата се математическа средна е 115.7 kWh/m<sup>2</sup> на месец. В колонка 4 е изчислена средната стойност за всички 12-месечни периоди и тя е 115.1 kWh/m<sup>2</sup>. В колонка 5 е показана разликата между месечната стойност за всеки период, колонка 3 и средната стойност в колонка 4. В колонка 6 е изчислена същата разлика в проценти.

Табл. 3. Разпределение на слънчевата енергия по години

Период	Сл. енергия за година [ Kwh/m <sup>2</sup> ]	Матем. сред за месец [ Kwh/m <sup>2</sup> ]	Средна стойност [ Kwh/m <sup>2</sup> ]	Разлика [Kwh/m <sup>2</sup> ]	Разлика [ %]
1	2	3	4	5	6
Юли 2011 – Юни 2012	1389	115.7	115.1	0.6	0.6
Авг. 2011 – Юли 2012	1407	117.3	115.1	2.2	1.9
Септ. 2011 – Авг. 2012	1405	117.1	115.1	2.0	1.7
Окт. 2011 – Септ. 2012	1407	117.3	115.1	2.2	1.9
Ноем. 2011 – Окт. 2012	1426	118.8	115.1	3.7	3.1
Дек. 2011 – Ноем. 2012	1417	118.1	115.1	3.0	2.5
Ян. 2012 – Дек. 2012	1416	118.0	115.1	2.9	2.5
Февр. 2012 – Ян. 2013	1411	117.6	115.1	2.5	2.1
Март 2012 – Февр. 2013	1395	116.3	115.1	1.2	1.0
Апр. 2012 – Март 2013	1376	114.6	115.1	-0.5	-0.4
Май 2012 – Апр. 2013	1378	114.8	115.1	-0.3	-0.2
Юни 2012 – Май 2013	1435	119.6	115.1	4.5	3.7
Юли 2012 – Юни 2013	1408	117.4	115.1	2.3	1.9
Авг. 2012 – Юли 2013	1385	115.4	115.1	0.3	0.3
Септ. 2012 – Авг. 2013	1383	115.3	115.1	0.2	0.1
Окт. 2012 – Септ. 2013	1377	114.8	115.1	-0.3	-0.3
Ноем. 2012 – Окт. 2013	1369	114.1	115.1	-1.0	-0.9
Дек. 2012 – Ноем. 2013	1371	114.3	115.1	-0.8	-0.7
Ян. 2013 – Дек. 2013	1380	115.0	115.1	-0.1	-0.1
Февр. 2013 – Ян. 2014	1382	115.1	115.1	0.0	0.0
Март 2013 – Февр. 2014	1398	116.5	115.1	1.4	1.2
Апр. 2013 – Март 2014	1409	117.4	115.1	2.3	2.0
Май 2013 – Апр. 2014	1372	114.4	115.1	-0.7	-0.6
Юни 2013 – Май 2014	1329	110.7	115.1	-4.4	-4.0
Юли 2013 – Юни 2014	1319	109.9	115.1	-5.2	-4.7
Авг. 2013 – Юли 2014	1312	109.3	115.1	-5.8	-5.3
Септ. 2013 – Авг. 2014	1305	108.7	115.1	-6.4	-5.9
Окт. 2013 – Септ. 2014	1286	107.2	115.1	-7.9	-7.4
Средна стойност		115.1			
Стандартно отклонение		3.16			
Относителен спад [%]		2.74			

От таблица 3 се вижда, че най голяма разлика е получена за периода Октомври 2013 и Септември 2014 със стойност 7.9 kWh/m<sup>2</sup> или 7.4 %. За останалите периоди се вижда, че отклоненията са още по-малки. Например за периода Февруари 2013 – Януари 2014 тя е почти 0 kWh/m<sup>2</sup>, а за периода Януари 2013 – Декември 2013 0.1 kWh/m<sup>2</sup> или само 0.1%. Такива малки отклонения има и за редица други месеци. Тази ниски разлики показват, че едногодишните стойности се различават твърде малко по отношение на енергийния добив за разлика от месечните (таблица 2), където отклоненията са относително по-големи и дневните, където са най-големи.

В последните редове на табл. 3 са пресметнати стандартното отклонение за всички едногодишни периоди и относителният спад. Те са съответно 3.16 Kwh / m<sup>2</sup> и 2.74 % съответно. Тези ниски стойности още веднъж показват, че отклоненията в слънчевата радиация и респективно в слънчевия енергиен добив на годишна база са много ниски и в този смисъл поне краткосрочните прогнози ще са много точни.

Тази констатация ни дава основание да пресметнем средногодишен добив (СГД) на електроенергия в регион Стара Загора:

СГД = Средномесечна енергия x 12 месеца. От тази формула получаваме:



$$(2) \quad СГД = 115.1 \times 12 = 1381.2 \text{ kWh/m}^2$$

или приблизително  $1380 \text{ kWh/m}^2$  .

### 5. Заключение

В сайта EMDE Solar ([www.emde-solar.com](http://www.emde-solar.com)) е посочена стойност за слънчев добив на енергия от минимум  $1314 \text{ kWh/m}^2$  до максимум  $1510 \text{ kWh/m}^2$  като годишна база в регион Стара Загора или средно  $1412 \text{ kWh/m}^2$  . Тази стойност сравнително точно съвпада с получените от нас резултати от  $1380 \text{ kWh/m}^2$  . При нас стандартното отклонение съгласно таблица 3 е значително по-малко и има стойност  $3.16 \text{ kWh/m}^2$  ,. Възможно е, ниската стойност на нашето отклонение да се дължи на факта, че измерванията са правени в една точка, но от друга страна средните стойности съвпадат много точно.

От теоретична гледна точка споменахме много фактори, които оказват съществено влияние върху потока на слъчевата радиация, респективно върху количеството слънчева енергия, което достига до земята. Това се потвърди и от краткосрочните измервания с помощта на метеорологичната станция. При по-дългосрочните измервания, обаче се наблюдава едно усредняване и подтискане на разликата, особено на годишна база. Това се дължи на факта, че тези изменения във времето са с различен знак, както положителни така и отрицателни и при тяхното сумиране за по-дълъг период от време те взаимно се компенсират и осредняват.

Натрупаната база данни е все още сравнително малка за да се направят категорични научни заключения, но се надяваме, че бъдещите изследвания ще потвърдят направените в този доклад първоначални констатации. Резултатите от това изследване могат да послужат като важен ориентир, за да се изчисли предварително очакваната енергия от фотоволтаичните преобразователи в определен географски регион.

### Литература:

1. Davl Instruments Corp. *Vantage Pro2 Plus*. Reference Guide.
2. Meus, J. *Astronomische Algorithmen*, Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig-Berlin-Heidelberg, 1993
3. Lean, J. L., Solar irradiance and climate forcing in the near future, *Geophys. Res. Lett.* 28, pp. 4119-4122, 2001.
4. Roedel, W. *Physik unserer Umwelt*, 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S.48, 1994.