



Interreg - IPA CBC



CCI 2014TC16I5CB006



ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЯ ОТ ПОКРИВНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ



Инвестиционен наръчник от А до Я за местни власти и публични институции



**НАСЪРЧАВАНЕ НА ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАНОТО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЯ ОТ
ВЪЗОБНОВЯЕМИ ЕНЕРГИЙНИ ИЗТОЧНИЦИ**

Настоящата публикация е осъществена с подкрепа на Европейския съюз чрез Програмата за ТГС ИНТЕРРЕГ-ИПП България - Македония 2014-2020.
Съдържанието на тази публикация е отговорност единствено на Фондация за местно и ИТ развитие – Гевгелия и по никакъв начин не отразява
позицията на Европейския съюз или на Управляващия орган на програмата.

Име на документ

Децентрализирано производство на енергия от покривни фотоволтаични системи
Инвестиционен наръчник от А до Я за местни власти и публични институции

Наръчникът е изработен в рамките на проект

„Насърчаване на децентрализираното производство на енергия от възобновяеми енергийни източници“
Реф. №. CB006.1.11.023 (EnerGAIN)

Източник на финансиране

ИНТЕРРЕГ - ИПА Програма за трансгранично сътрудничество България – Македония 2014-2020

Изпълнители на проекта

ФЛОРИТ Гевгелия – Водещ партньор
СПЕЕ-BG - Проектен партньор

Екип на проекта

Ристо Атанасовски, Ръководител проект,
ФЛОРИТ Гевгелия
Петранка Чалков, Технически и финансов координатор, ФЛОРИТ Гевгелия
Марияна Ненкова - Атанасова,
Технически и финансов координатор,
СПЕЕ-BG
Румяна Попова, Проектен асистент,
СПЕЕ-BG

Организация, отговорна за разработването на наръчника

Център за климатични промени – Гевгелия

Автори на наръчника

Проф. д-р. Димитър Димитров
Проф. д-р. Атанас Илиев

ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЯ ОТ ПОКРИВНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ

Инвестиционен наръчник от А до Я за местни власти и публични институции

С налагащите се световни тенденции за устойчиво развитие, използване на чиста енергия и намаляване на разходите за електроенергия, изграждането на фотоволтаични системи става все по-актуално. Неотдавна, поради високите цени, приложението на тези системи беше ограничено до използването им за задоволяване нуждите на малки потребители, които нямат достъп до електропреносната мрежа. Въпреки това, в последните десет години, благодарение на различните разработени насърчителни мерки и механизми, развитието на технологиите и масовото производство, цената на системите за производство на електроенергия от слънцето намалва значително. В резултат на това се откриха множество области за приложението на този тип системи, а популярността им нарасна неимоверно.

Основните предимства на децентрализираното производство на енергия са свързани с намаляване на загубите при пренос и разпределение на енергия. В допълнение на това, този тип производство позволява на по-малките производители на енергия да участват в процеса на производство на енергия, като същевременно намаляват собствените си разходи за електричество. Производството на електроенергия от фотоволтаични системи е непостоянно и зависи от наличието на дневна светлина. През деня потреблението на енергия в обществените сгради и институции е най-високо. Ето защо, фотоволтаичните инсталации за производство на енергия са изключително подходящи за покриване на нуждите от електрическа енергия на публичните сгради и съоръжения.

Въпреки големия интерес за инвестиране във фотоволтаични системи, съществуват и редица пречки за тяхното по-широко приложение. Със сигурност част от тези пречки са обективни, технически ограничения, като например ограничения капацитет на разпределителната и електроенергийната система. Други са от субективен характер, като например наличието на бюрокрация, липсата на информираност относно новите технологии, липса на инициативност за промяна и др. В резултат на това, законодателството в подкрепа на внедряването и използването на децентрализирани енергийни системи се променя и адаптира прекалено бавно, за да отговори на очакванията на потребителите и инвеститорите.

Покривната и фасадна конструкция на публичните институции и учреждения са подходящо място за интегриране на фотоволтаични модули. В допълнение на това, вместо използването на класически строителни материали, могат да бъдат интегрирани модерни технологии за производство на енергия, които освен че биха могли да осигурят част от енергийните нужди, подобряват и естетическия им вид.

Настоящият наръчник има няколко основни цели. Една от тях е да запознае експерти и представители на публичните институции с основните принципи на работа и наличните технологии на фотоволтаичните системи, а също и да представи идеи за приложението им в дадено населено място или общност. От друга страна, в него е поместена полезна информация относно рентабилността на подобен вид инвестиции, а също и специфики, свързани с разположението на модулите, наличното финансиране, добри практики и др. В наръчника е представено в резюме и текущото законодателство в България и Македония в сферата на изграждането и експлоатацията на покривни фотоволтаични системи за производство на електрическа енергия.

Наръчникът е разработен в рамките на проект "Насърчаване на децентрализираното производство на енергия от възобновяеми енергийни източници" (Реф. номер СВ006.1.11.023), който е съфинансиран от Европейския съюз чрез ИНТЕРРЕГ - ИПП Програма за трансгранично сътрудничество България-Македония 2014-2020. Проектът се изпълнява от Фондация за местно развитие и развитие на информационни технологии - Гевгелия и Съюз на производителите на екологична енергия - BG (СПЕЕ-BG) от Благоевград, България.

Реализацията на проекта е насочена към повишаване на информираността, познанията и компетенциите в сферата на децентрализираното производство на енергия от възобновяеми източници (ВИ) и въвеждането на иновативни решения за енергийна ефективност в домакинствата, бизнеса и обществените институции.

Съдържанието на документа е разработено от екип на Център за климатични промени – Гевгелия и експертната помощ на проф. д-р Димитър Димитров и проф. д-р Атанас Илиев от Университет „Св. Кирил и Методий“ в Скопие, Република Македония. Центърът за климатични промени - Гевгелия е сдружение на граждани, чиято основна цел е опазване на околната среда и борба с последствията от изменението на климата в Македония и региона.

Информация за авторите

Проф. д-р Димитър Димитров преподава във Факултета по електротехника и информационни технологии, който е част от Университета „Св. Кирил и Методий“ в Скопие, Република Македония. Проф. Димитров има успешно защитена докторантура в областта на фотоволтаичните системи. Преподава дисциплини в областта на възобновяемите енергийни източници и енергийни инсталации за комбинирано производство на енергия. Проф. Димитров участва активно в редица научни и изследователски проекти в областта на ВИ и енергийната ефективност.

Проф. д-р Атанас Илиев е професор във Факултета по електротехника и информационни технологии в Университета „Св. Кирил и Методий“ в Скопие, Република Македония. Магистър и доктор по електротехника. Преподава курсове в областта на производството на електроенергия, енергийни инсталации, икономика и др. Участва активно в редица изследователски и приложни проекти в тези области.

Съдържанието и информацията, поместени в настоящия наръчник, са отговорност единствено на Фондацията за местно развитие и развитие на информационните технологии – Гевгелия и по никакъв начин не отразява позицията на Европейския съюз или на Управляващия орган на програмата.

Съдържание

1. Увод	5
1.1. Възобновяеми енергийни източници	5
1.2. Децентрализирано производство на електрическа енергия	7
1.3. Добри практики в сферата на децентрализираното производство на енергия	10
1.4. Енергията на слънчевата радиация	11
2. Фотоволтаични системи и компоненти	12
2.1. Разположение на фотоволтаичните панели	13
2.2. Фотоволтаичен генератор	14
2.2.1. Видове соларни клетки	14
2.2.2. Характеристики на фотоволтаични клетки и модули	15
2.3. Инверторите като компоненти на фотоволтаични системи	18
2.4. Други компоненти на фотоволтаичните системи	19
2.5. Конфигурации на фотоволтаични системи	20
2.5.1. Свързване на фотоволтаичните генератори и инвертори	20
2.5.2. Разположение на компонентите на фотоволтаичната система	22
2.5.3. Монтаж на фотоволтаични модули върху покривна конструкция	23
2.6. Съхранение на енергия	24
2.7. Хибридни фотоволтаични системи	25
2.8. Примери за фотоволтаични системи в индустриални обекти	27
3. Регламенти и административни процедури	28
3.1. Преглед на законодателството в Република Македония	28
3.2. Правила за достъп до мрежата и децентрализирано производство	28
3.3. Процедура за получаване на разрешително за изграждане на система и лиценз за производство на електрическа енергия	29
3.3.1. Процедура в Република Македония	29
3.3.2. Процедура в Република България	30
4. Финансиране	32
4.1. Механизми за насърчаване на инвестициите във фотоволтаични системи	32
4.1.1. Преференциални цени	33
4.1.2. Производство на електроенергия за собствени нужди	34
4.1.3. Субсидии и грантове	35
5. Техничко-икономически анализ	36
5.1. Анализ на приходите и разходите – паричен поток на проект за изграждане на фотоволтаична система	37
5.1.1. Оценка на годишното производство на електрическа енергия от малки фотоволтаични системи	39
5.2. Начини за финансиране на проекти за изграждане на ФС	39
5.2.1. Характеристики на банковото кредитиране	41
5.3. Стойност на парите във времето и паричен поток (Cash Flow)	42
5.4. Методи за оценка на икономическата ефективност на проекти за производство на енергия от възобновяеми източници	43
5.4.1. Метод за изчисляване на периода за откупване на инвестицията	44
5.4.2. Метод на нетната настояща стойност	45
5.4.3. Изчисляване на индекса за рентабилност – Benefit/Cost метод	46
5.4.4. Изчисляване на вътрешна норма на възвращаемост	47
5.4.5. Анализ на проект за фотоволтаична система за собствено производство на електроенергия	48

1. Увод

1.1. Възобновяеми енергийни източници

Животът на съвременното общество е немислим без наличието на електричество. Производството на електроенергия става в електрически централи чрез преработване на първични енергоносители - въглища, ядрено гориво, воден потенциал и др. Всяка електрическа централа се състои от електрически генератор, преобразуващ енергията от природен ресурс - механична енергия от движението на водата (ВЕЦ), топлината на изгаряното гориво, силата на вятъра, на приливната вълна и на течението на реките в електрическа енергия. Произведената електрическа енергия се трансформира и пренася по изградена преносна система до местата, където се осъществява нейното разпределение и довеждане до краен потребител - стопански субект или домакинство.

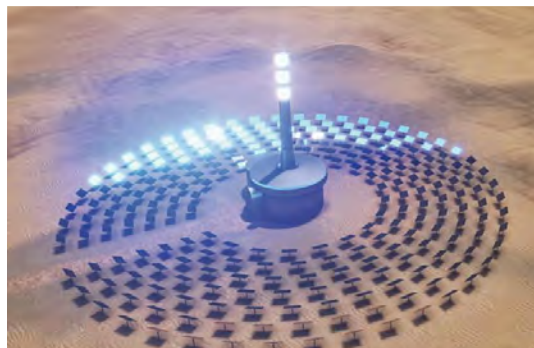
Възобновяемите енергийни източници са източници, които се приемат за естествено възстановяващи се или за практически неизтощими – слънчева светлина, вятър, вода, приливи, геотермална енергия и др. Използването на възобновяеми източници за производство на електроенергия се увеличава непрекъснато. Според Международната агенция по енергетика (МАЕ) през 2012 г., 13% от общата консумирана електроенергия в глобален аспект е произведена от възобновяеми енергийни източници (включително големите водноелектрически централи). До 2020 г. се очаква този процент да достигне 26%. Според някои проучвания, делът на енергията от възобновяеми енергийни източници ще се утрои до 2040 г., в сравнение с 2012 г.

Въпреки че гореизложените факти са общоизвестни, е необходимо да се определи доколко енергията от възобновяеми енергийни източници може да бъде използвана ефективно и целесъобразно.



Фигура 1.1: Възобновяеми източници на енергия

Освен благоприятният ефект върху околната среда, енергията произведена от възобновяеми енергийни източници допринася за намаляване на енергийната зависимост от традиционните източници на енергия, вноса на материали и суровини, а също и за увеличаване на работните места. От друга страна, производството на енергия от възобновяеми енергийни източници е свързано с по-високи първоначални инвестиции, което увеличава производствената цена на електроенергията за крайния потребител в сравнение с традиционните енергоизточници. Това предполага необходимостта от непрекъснати инвестиции за подобряване на вече съществуващите технологии и повишаване на енергийната ефективност, за да се постигне конкурентоспособност с традиционните източници на електроенергия.



Фигура 1.2: Системи за производство на електричество от слънчева енергия

Слънчевата енергия представлява светлината и топлината, която се излъчва от Слънцето. Слънчевата енергия се определя като неизчерпаем източник на енергия. Енергията от слънцето се използва за получаване на топлинна енергия (топла вода, пара и т.н.) и електричество. Превръщането на слънчевата енергия в електрическа се извършва чрез използването на фотоволтаични системи, както и чрез слънчеви топлинни инсталации с концентратори.

Водните електроцентрали използват енергията на водната маса за производство на електричество. Обикновено водноелектрическите централи се изграждат на речни корита или язовири. Освен традиционните електроцентрали съществуват и хидроцентрали, които използват енергията на морските вълни, приливите и отливите за производство на електроенергия.



Фигура 1.3: Водноелектрически централи

Вятърна енергия (или енергия от вятъра) е възобновяем вид енергия и представлява кинетичната енергия на въздушните маси в атмосферата. Вятърните турбини преобразуват кинетичната енергия на вятъра в механична енергия. Когато механичната енергия се преобразува в електричество, използваното съоръжение се нарича ветрогенератор. Те могат да бъдат изградени както на сушата, така и във водни басейни.

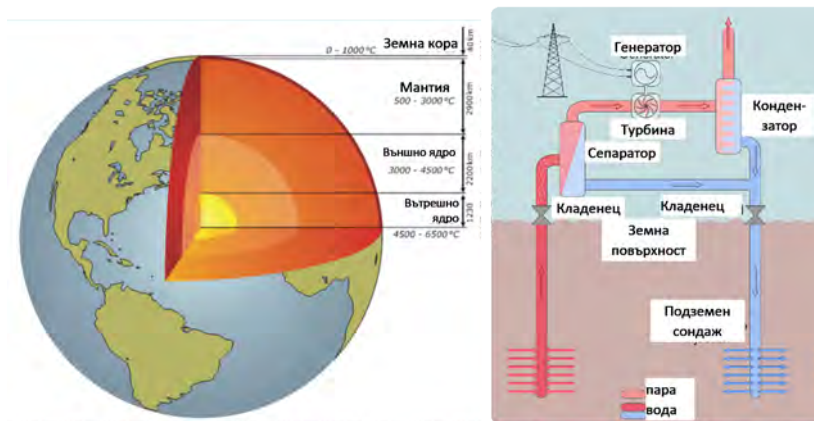
Енергията от биомаса или биоенергия се отнася до енергията, произведена от органични вещества. Технологиите за производство на енергия от биомаса използват суровини, получени от различни видове отпадъци - дървесни отпадъци, отпадъци от земеделието и хранително-вкусовата промишленост, растения и дървета, утайки от отпадни води, оборски тор и други.

Биомасата е въглеродно неутрално гориво, защото абсорбира толкова количество въглерод по време на растежа, колкото изразходва като гориво. Затова биомасата се смята за възобновяем енергиен източник, който не допринася за увеличаване на нивото на въглеродния диоксид в атмосферата. За производството на енергия и гориво от биомаса се използват различни процеси. Един от най-често използваните процеси за производство на енергия от биомаса е изгарянето, при който суровината изгаря в кислородна среда. При горенето се освобождава топлина, която се преобразува в електрическа енергия.



Фигура 1.4: Производство на енергия от биомаса

Геотермалната енергия е топлинна енергия идваща от вътрешността на Земята. Тази топлина, под формата на пара или гореща вода, се отделя на различни места на земната повърхност (вулканични кратери, гейзери, геотермални извори и т.н.). Геотермалната енергия се превръща в електрическа посредством използването на парни турбини.

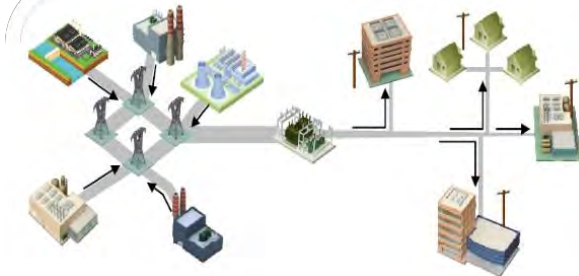


Фигура 1.5: Производство на енергия от геотермални източници

1.2. Децентрализирано производство на електрическа енергия

При традиционните енергийни системи електричеството се произвежда в големи електроцентрали - топлоелектрически, ядрени, водноелектрически, газови и др. Чрез преносната и разпределителната мрежа, електроенергията се доставя до крайния потребител.

Управлението на електрическите мрежи допринася за постигането на висока надеждност при преноса и разпределението на електроенергия при сравнително достъпна цена. Въпреки това, необходимостта от повишена енергийна ефективност, ритмичността при снабдяването с електрическа енергия, намаляването на вредните въздействия върху околната среда, както и либерализацията на пазара, изискват промяна в традиционната концепция на електроенергийната система. Все по-често в електроенергийната система се присъединяват малки производители, които се намират в близост до крайния потребител – т.н. децентрализация на енергийната система.



Фигура 1.6: Централизирано производство на електрическа енергия

Децентрализираното производство на енергия се различава от традиционната централизирана концепция за енергийната система в редица отношения. При децентрализираното производство на енергия голям брой производители с ниска мощност снабдяват непосредствено потребителите на електроенергия в даден регион. Много често тези мощности произвеждат енергия по едно и също време, а потребителите я използват за отопление или охлаждане. Системите, които използват възобновяеми енергийни източници се вписват в тази концепция. Те обикновено произвеждат по-малко енергия и са свързани към разпределителната мрежа на средно или ниско напрежение. В този случай, електроенергията се произвежда за самите потребители, което намалява загубите от пренос и преобразуване на електроенергията. Този вид производство се нарича децентрализирано или разпределено производство. В определени случаи, децентрализираните производители на енергия освен да произвеждат могат и да акумулират произведената енергия в съответствие с текущите нужди на системата. Така, децентрализираното производство играе важна роля за балансирането на мрежата. Децентрализираното производство на енергия има редица предимства. Най-важното от тях е поставянето на производителя на енергия в близост до потребителя. Така количеството енергия, което трябва да бъде пренесено през електрическата мрежа намалява значително. По този начин се намаляват загубите при пренос и се оптимизира натовареността на мрежата. В следващата таблица са изброени характеристиките на различните технологии, които се използват при децентрализираното производство на енергия.



Фигура 1.7: Децентрализирано производство на електрическа енергия

Таблица 1.1. Основни характеристики на технологиите за производство на електрическа енергия

		ФОСИЛНИ ИЛИ ВЪЗБНОВЯЕМИ						ВЪЗБНОВЯЕМИ						
		Паро-турбинни съоръжения с ниска мощност	Газови турбини	Микро-турбини	Двигатели с вътрешно горене	Стърлинг машини	Горивни камери с висока температура	Горивни камери с ниска температура	Фотоволтажни системи	Малки ВЕЦ	Ветрогенератори на суша	Ветрогенератори във водни басейни	Геотермални	Солар-термални
Показатели	Тип на гориво / Източник на енергия	газ, въглища, биомаса	газ	газ	дизел, нефта, биогориво, газ	газ, соларна енергия	газ, водород	газ, водород	соларна енергия	Водна енергия	Вятърна енергия	Вятърна енергия	Геотермална топлина	соларна енергия
	Мощност [MWt]	0.5 - 10+	0.5 - 10+	0.03 - 0.5	0.05 - 10+	<0.01 - 1+	1 - 10+	<0.1 - 3+	<0.001 - 5	0.05 - 1	0.5 - 6+	5 - 10+	0.5 - 3+	<0.001 - 2
	Статус на технологията	налична на пазара	налична на пазара	В развитие/налична на пазара	налична на пазара	В развитие/налична на пазара	В развитие/налична на пазара	В развитие/налична на пазара	В развитие/налична на пазара	налична на пазара	налична на пазара	В развитие/налична на пазара	В развитие/налична на пазара	В развитие/налична на пазара
	Разходи	€	€	€€	€	€/€/€/€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€	€€€
	Влияние	☀️☀️☀️	☀️☀️☀️	☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️	☀️☀️☀️☀️
	Разпространение	•	••	••	•	••/••••	••••	••••	••••	••••	••••	••••	••	•••
	Степен на развитие	Висока	Ниска в процес на развитие	Ниска	Ниска	Ниска	Ниска	Ниска в процес на развитие	Ниска, бързо развитие	Средна степен на развитие	Средна степен на развитие	Ниска, бързо развиваща се	Ниска	Ниска
Приложение	В индустрията	***	*	*	***	*	***	**	*	**	**	-	-	-
	В търговски обекти	*	**	**	***	***	*	***	**	*	*	-	-	-
	В домакинствата	-	-	***	**	**/**	-	***	***	-	-	-	-	-
	Възможност за когенерация	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Не	Не	Не	Да	Да	Да
Разходи	Инвестиция [€/kW]	550-1250	1000-2000	350-1000	1500-8000	3500-10000	2000-8000	4000-8000	1400-5000	800-2000	1200-3000	800-4000	1500-2000	
	Инсталиране [€/kW]	100-200	50-200	60-120	40-200	500-850	500-850	40-150	100-200	100-200	600-800	200-400	100-200	
	Производствена цена на единица енергия [€/t / kWh]	3-7	8-15	4-7	9-15	15-35	10-25	20-40	6-14	6-10	8-15	NA	NA	
	Срок на експлоатация	20	20	20	15	10	10	20	60	20	20	20	20	20

1.3. Добри практики в сферата на децентрализираното производство на енергия

1.3.1. Когенерационна система за производство на електрическа енергия

Административна сграда обезпечава собствените си нужди от електрическа енергия с помощта на три високоефективни когенерационни системи. Две трети от произведената електрическа енергия се използва за собствени нужди, а останалата част се предава в електроразпределителната мрежа. От произведената топлинна енергия от когенерацията се затоплят два резервоара с вода с капацитет 500 литра. През 2014 г. е изградена станция за зареждане на електрически велосипеди.



ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОЕКТА

- **Инвеститор:** Restaurant Lippeschlösschen
- **Местонахождение:** град Весел, Германия
- **Модел на оборудването:** SenerTec Dachs HR 5.3I
- **Инсталирана мощност на всеки блок на системата:** 5,3 кВт (електр.), 10,5 кВт (топлинна енергия)
- **Дата на пускане в експлоатация:** февруари 2000 г.
- **Гориво:** дизелово гориво
- **Годишно производство на ел. енергия:** 78 000 кВтч.
- **Годишно производство на т. енергия:** 122 145 кВтч.
- **Разход на гориво:** около 24 000 лит/год.
- **Капацитет на резервоара за топла вода:** 2 x 500 лит.

1.3.2. Микрогазова турбина за производство на електрическа и топлинна енергия

В Техническия колеж в град Аахен, Германия (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - RWTH Aachen University) е инсталирана система с микрогазова турбина за задоволяване на собствените нужди на сградата на колежа от електрическа и топлинна енергия. Системата използва за гориво течен природен газ. Налягането на природния газ е между 3-5 бара, което е достатъчно за работата на системата и повишаване на ефективността на процеса на производство на енергия с 2%. Направените анализи показват, че инвестицията се е изплатила за период от 3,5 години.

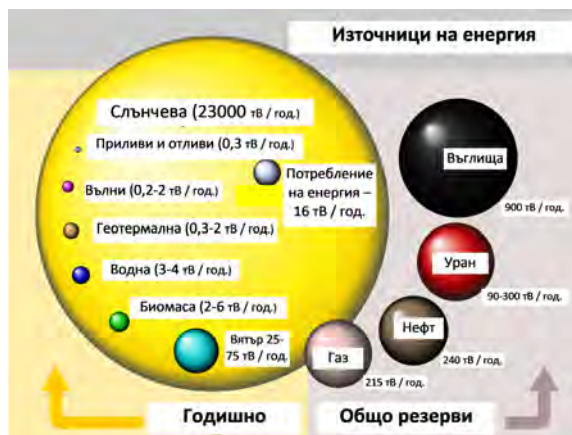


ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОЕКТА

- **Инвеститор:** Propan Rheingas GmbH & Co. KG
- **Бенефициент:** Технически колеж за енергийни технологии
- **Местонахождение:** град Аахен, Германия
- **Мощност на газовата турбина:** 50 кВт (ел.), 68 кВт (т. ен.)
- **Дата на пускане в експлоатация:** май 2009 г.
- **Гориво:** природен газ
- **Годишно производство на ел. енергия:** 109 069 кВтч.
- **Годишно производство на т. енергия:** 247 223 кВтч.
- **Размер на инвестицията:** 128 000 евро

1.4. Енергията на слънчевата радиация

Енергията от слънчевата радиация е най-големият източник на енергия на Земята. Според проучвания, количествата слънчева енергия, която достига до земната повърхност, надвишават годишното търсене на изкопаеми горива в глобален мащаб с над 10 000 пъти. На фиг. 1.8 са показани основните енергоизточници на Земята и техните прогнозни количества.

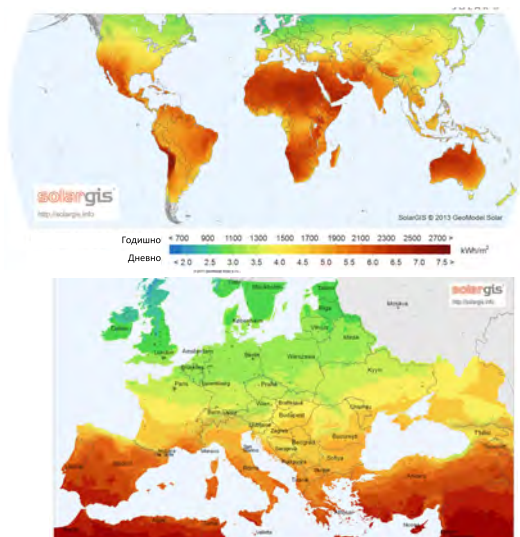
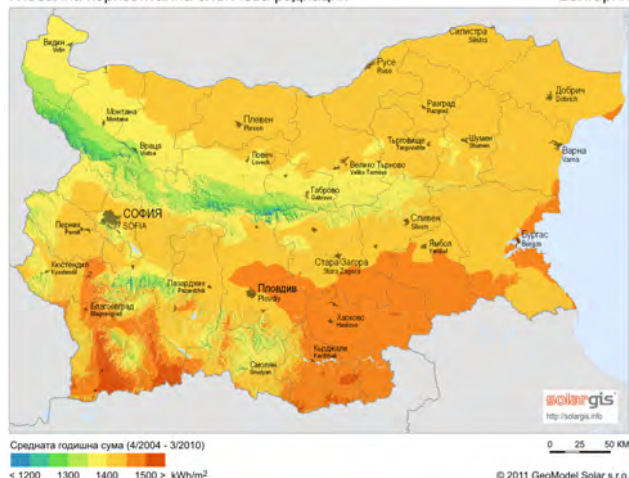


Фигура 1.8: Прогнозни количества на енергия от основните енергоизточници

Слънчевата радиация на повърхността на Земята е най-висока в районите около екватора, а най-ниска на Северния и Южния полюс. Интензитетът на слънчевата радиация зависи от височината, характеристиките на региона, климатичните условия и др. В Република Македония и Република България, в зависимост от географската ширина, енергията на глобалната слънчева радиация, която годишно пада върху земната повърхност, варира от 1300 до 1550 кВтч/кв.м. Това е с около 30% повече от количеството слънчевата радиация в страните от Централна Европа, например Германия.

Глобална хоризонтална слънчева радиация

България



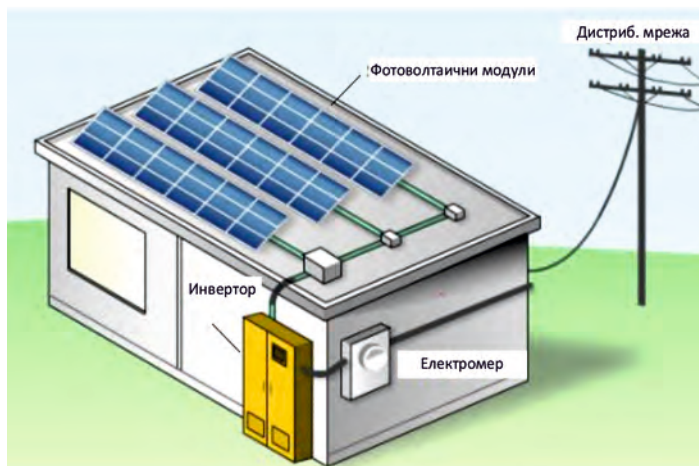
Фигура 1.9: Карта на интензитета на слънчева радиация

2. Фотоволтаични системи и компоненти

Фотоволтаичните системи са инсталации, чрез които слънчевата радиация се преобразува в електрическа енергия за по-нататъшно приложение. На следващата таблица са описани основните предимства и недостатъци на фотоволтаичните системи.

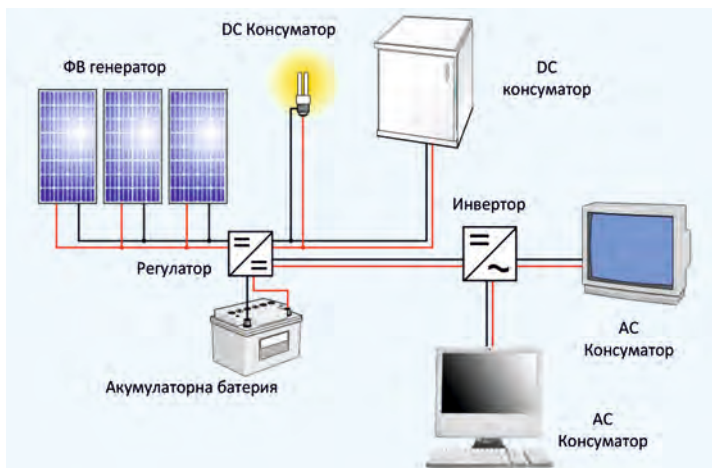
ПРЕДИМСТВА	НЕДОСТАТЪЦИ
• Екологичен източник на електроенергия • Намалени загуби при пренос и разпределение на ел. енергия • Широкодостъпна технология • Ниски разходи за експлоатация и поддръжка • Дълъг експлоатационен период • Възможност за надграждане на мощността на инсталацията • Сравнително ниска цена	• Непостоянно производство (ден-нощ, зима-лято) • Несигурност (при променливи метеорологични условия) • Множество административни пречки и усложнения при продажбата на произведената електроенергия • Допълнителни данъци и такси, които затрудняват инвеститорите

Фотоволтаичните системи се разделят на два основни вида – мрежови и автономни. По – широко разпространени са мрежовите фотоволтаични системи, които са свързани с електропреносната мрежа. Според инсталираната мощност, мрежовите фотоволтаични централи се делят на големи (с мощност от няколко десетки киловата до над 100 мегавата), които се изграждат върху земя, и системи, интегрирани в сгради или върху други системи, които са част от сградата (с мощност до 10 киловата).



Фигура 2.1: Мрежова фотоволтаична система

Автономните фотоволтаични системи имат за цел да произведат електричество за потребители, които нямат достъп до електропреносната мрежа. Обикновено този тип инсталации са с по-ниска мощност (до 10 киловата), като за осигуряване на постоянна енергия се използват акумулаторни батерии. На фиг. 2.2 е представена примерна схема на автономна система, която захранва консуматори на постоянен (DC) и променлив (AC) електрически ток. Основният недостатък на тези системи е нуждата от висококачествени акумулатори, които са скъпи и с кратък експлоатационен живот.



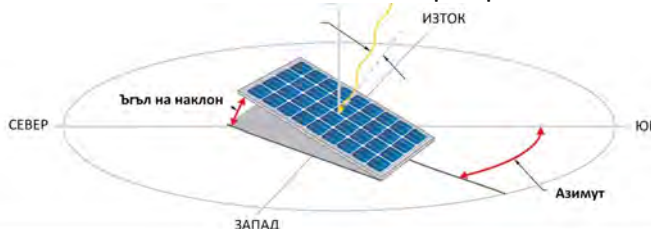
Фигура 2.2: Автономна фотоволтаична система

2.1. Разположение на фотоволтаичните панели

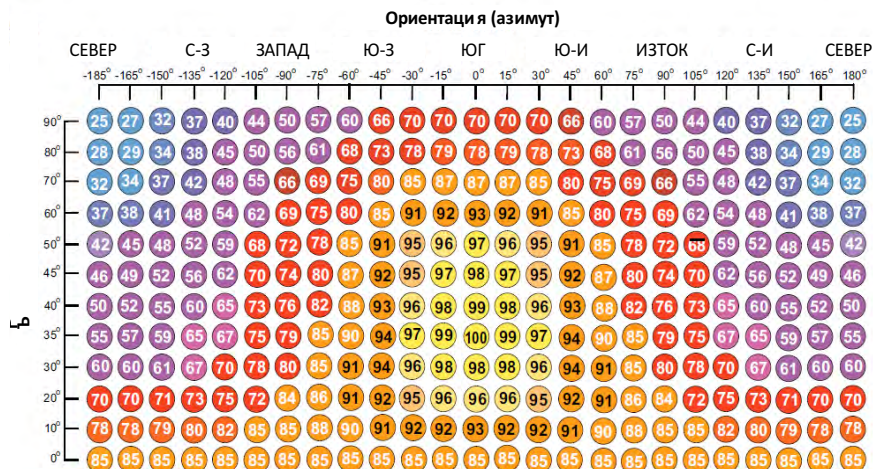
Производството на електроенергия от фотоволтаичните системи зависи от интензитета на слънчевата радиация на мястото, където са инсталирани. За да се увеличи количеството на слънчевата радиация, която попада във фотоволтаичните модули, е необходимо те да бъдат разположени под определен ъгъл. Оптималният ъгъл на разположение на фотоволтаични панели за Република Македония и Република България е между 30° и 35° , с ориентация на юг. Голяма част от фотоволтаичните системи се монтират върху покривната или фасадната конструкция на сгради и съоръжения, като ориентацията (азимутът) и ъгълът на наклон се определят от самите обекти. Това частично намалява слънчевата енергия, която попада върху модулите. Фигурата по-долу показва процента на енергия, спрямо оптималното разположение на модулите (юг - азимут нула и ъгъл на наклон 35°). Азимутът е отрицателен на изток и положителен на запад. Например, ако модулите трябва да се поставят вертикално на стена с ориентация 45° на запад, произведената енергия в продължение на една година ще бъде около 66% от енергията при оптимално позициониране.



Фигура 2.3: Фотоволтаични панели поставени на покрив с различен наклон и ориентация



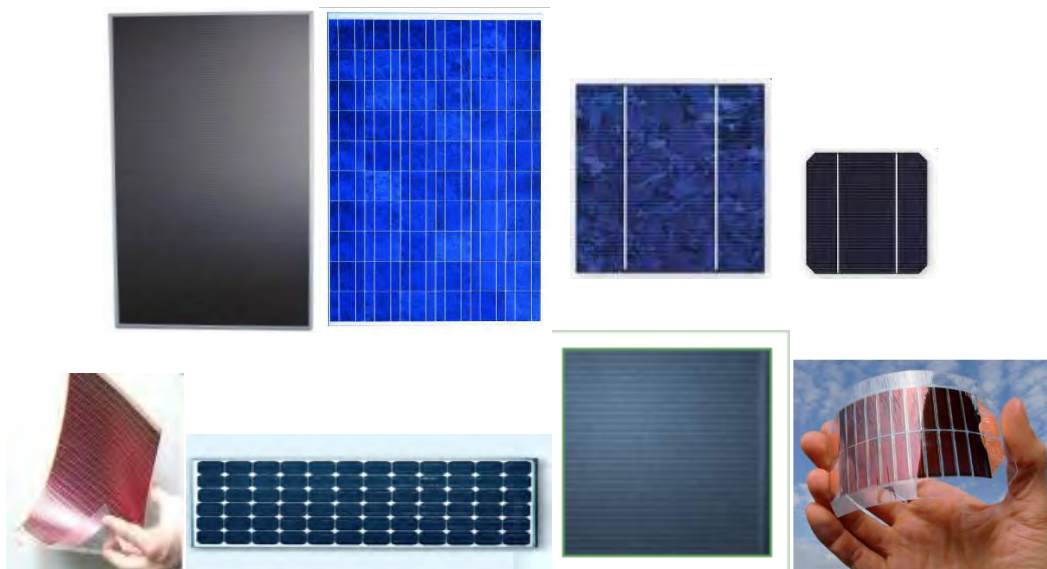
Фигура 2.4: Азимут (ориентация) и ъгъл на наклон



2.2. Фотоволтаичен генератор

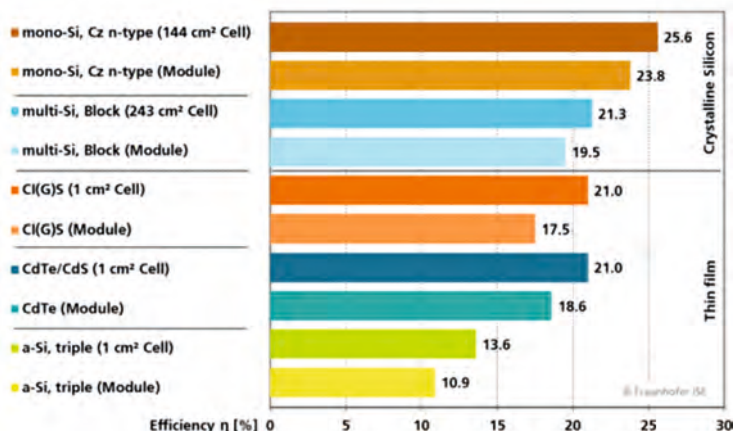
2.2.1. Видове соларни клетки

Слънчевата батерия, наричана също слънчев панел, слънчева клетка, слънчев елемент, фотоклетка, фотоелемент, фотоелектричен преобразувател, е полупроводниково устройство, което преобразува светлинната енергия в електрическа. Соларните клетки са "сърцето" на всяка фотоволтаичната система. Клетките на фотоволтаичния панел са изработени от полупроводников материал: монокристален силиций, поликристален силиций, аморфен силиций, кадмиев телурид, мед, индий, галиев селенид/сулфид и др. Най-масово разпространените фотоволтаични клетки на пазара са произведени от монокристален силиций.



Фигура 2.6: Фотоволтаични модули с различни технологии на слънчевите клетки

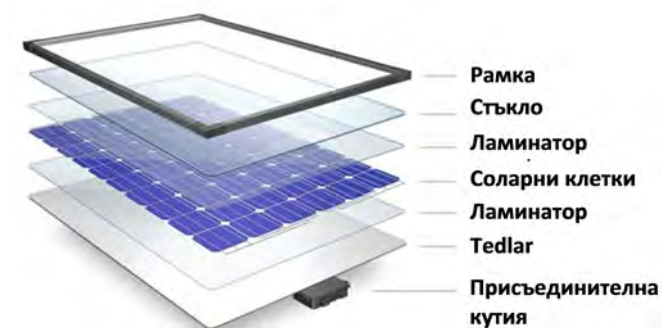
Соларните клетки, които са произведени от монокристален силиций имат най-висока ефективност, но и най-висока цена. Клетките от поликристален силиций имат малко по-ниска ефективност, по-ниска цена и показват по-добра производителност при по-високи температури в сравнение с монокристалните системи. Клетките от аморфен силиций (с тънкослойно покритие) имат най-ниската цена, но и по-ниска ефективност. Този тип клетки имат по-добро представяне при наличието на частични засенчвания и облачно време. Експлоатационният им живот е кратък и тяхната ефективност бързо намалява. На снимката е показана ефективността на различните фотоволтаични клетки, които са налични в търговската мрежа.



Фигура 2.7: Ефективност на фотоволтаични клетки за зависимост от технологията на производство

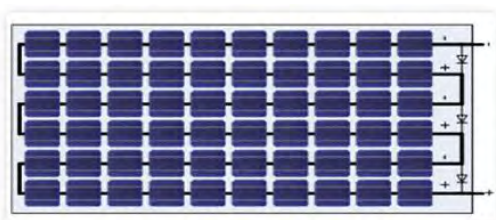
2.2.2. Характеристики на фотоволтаични клетки и модули

Електрическата мощност на една фотоволтаична клетка варира от 1 до 4 вата и зависи от технологията на производство и нейните размери. За да се осигури по-висока мощност отделните клетки се свързват последователно. Клетките са тънки и са изработени от чуплив материал. Затова, те се поставят върху субстрат от специален материал наречен Tedlar, като предварително се защитават със стъкло, а цялата конструкция се укрепва с алуминиев профил. На фигура 2.8 е представена структурата на фотоволтаичен модул.



Фигура 2.8: Основни компоненти на фотоволтаичния модул

Отделните клетки в модула се свързват последователно. Последователното свързване на клетките се нарича стринг. На всеки 15 - 20 клетки се поставя диод, който предпазва модула от повишаване на температурата в резултат на засенчване и дефекти в някоя от клетките. Електрическата верига на клетките се извежда в присъединителна кутия, която е поставена на гърба на модула. В присъединителната кутия се свързват и соларните кабели с плюсовия и минусовия извод на модула. Кабелите са означени със съответния потенциал и обикновено завършват с щекери за лесна и бърза връзка с други модули или с инвертора на фотоволтаичната система. Най-често използваните видове щекери са MC4 (Multicontact) и Tyco.

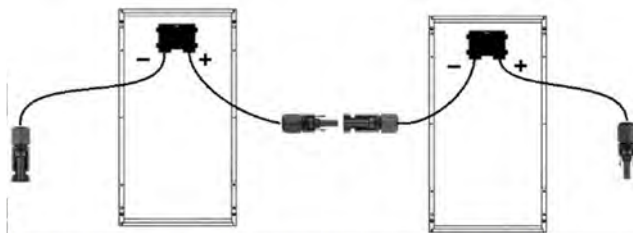


Фигура 2.9: Свързване на клетките във фотоволтаичен модул



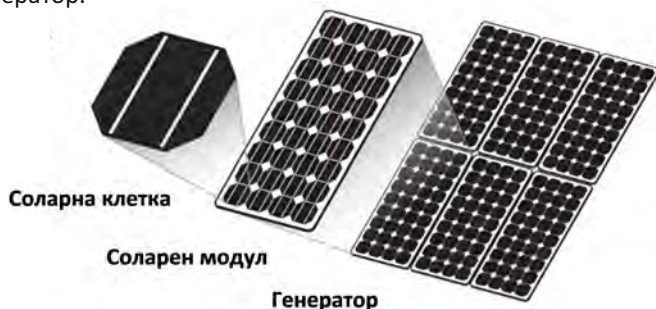
Фигура 2.10: Изглед на задната страна на фотоволтаичен модул

За постигане на по-голяма мощност на системата, фотоволтаичните модули се свързват последователно чрез наличните конектори. По този начин се получава серия от последователно свързани модули - т.нар. стринг. Броят на последователно свързаните модули в един стринг се изчислява в зависимост от минималните и максималните стойности на входното напрежение в инвертора, както и от техническите параметри на самите модули.



Фигура 2.11: Последователно (серино) свързване на фотоволтаични модули

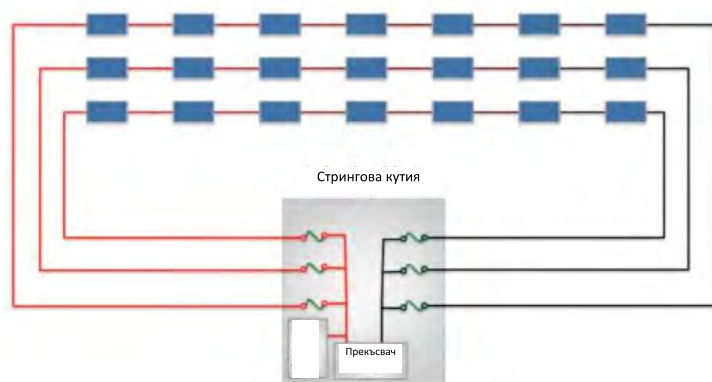
Стринговете могат да бъдат свързани и паралелно в т.нар. стрингови кутии. Към връзките в стринговите кутии са монтирани елементи за защита от свръхток и свръхнапрежение, а в някои случаи и шалтер за прекъсване на електрическата верига (DC ключ). По този начин се създава т.н. фотоволтаичен генератор.



Фигура 2.12: Наименования на отделните компоненти на фотоволтаичния генератор



Фигура 2.13: Фотоволтаични панели



Фигура 2.14: Схема на свързване на фотоволтаичен генератор

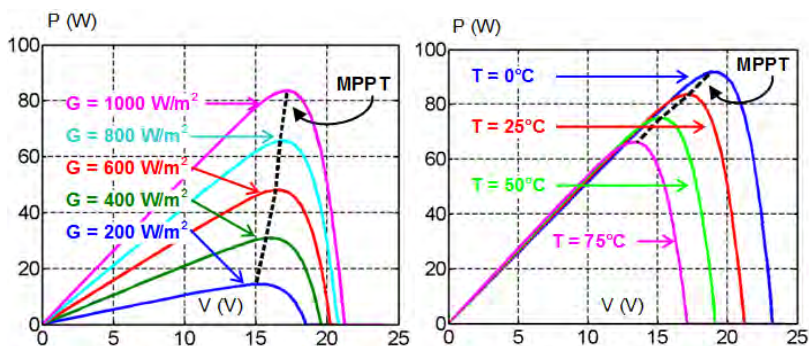


Фигура 2.15: Стрингова кутия

От изключително значение е всички модули във фотоволтаичния генератор да бъдат еднакви по отношение на модел, производител, характеристики и технически параметри. Също така, броят на модулите във всеки стринг трябва да бъде еднакъв. В противен случай, генераторът няма да работи ефективно и дори има вероятност от повреда на модулите.

Мощността на фотоволтаичният генератор зависи от интензитета на слънчевата радиация, която попада върху повърхността на модулите, а също и от температурата на соларните клетки. Ако тези два параметъра са постоянни, фотоволтаичният генератор работи на максимална мощност, т.е. най-ефективно. Затова при проектирането на фотоволтаични системи от голямо значение е управлението на модула с цел отдаване на максимална мощност (Maximum Power Point Tracker - MPPT). Съществуват редица устройства, които позволяват определяне и следене на точката максималната мощност на фотоволтаичния генератор, които често са интегрирани в инверторите.

При намаляване на слънчевата радиация се намалява и максималната мощност, която фотоволтаичният генератор може да достигне. С намаляването на температурата на клетките се увеличава мощността и обратното. За всеки градус по-висока температура на клетката, мощността на фотоволтаичния генератор намалява с 0.35 до 0.5%. На фиг. 2.16 е показвана характеристиката на фотоволтаичен модул, чиято мощност пада от 92 W при 0 °C до 65 W при 75 °C. Намаляването на мощността се изчислява по следния начин: $(92-65) \times 100 / (92 \times 75) = 0.391\%/^{\circ}\text{C}$.



Фигура 2.16: Промяна на мощността на фотоволтаичен модул при промяна на слънчевата радиация и температурата на клетките

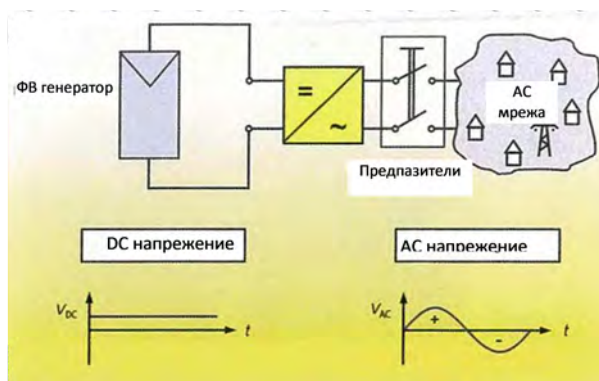
Поради зависимостта на мощността на фотоволтаичния генератор от интензитета на слънчевата радиация и температурата на клетките, модулите се изпитват при точно определени условия, наречени STC - СТАНДАРТНИ ТЕСТОВИ УСЛОВИЯ. Резултатите получени при тези условия, са указани в техническите параметри на модулите, които се предоставят от производителя. Температурата на клетките зависи от температурата на въздуха и интензитета на слънчевата радиация. За разлика от температурата на въздуха, температурата на клетките е трудно измерима. Тази температура се изчислява посредством тестването на фотоволтаичните модули в близки до реалните условия. Тези условия се наричат типични условия на експлоатация, при които се измерва NOCT (Nominal Operating Cell Temperature) – номиналната работна температура на слънчевия елемент (NOCT). Обикновено NOCT варира между 45 - 50 °C.

Standard Test Conditions – STC (Стандартни тестови условия)	
Слънчева радиация	1000 вата / кв.м.
Температура на клетките	25 °C
Спектър на слънчевата радиация	AM 1.5

Normal operation cell temperature - NOCT Номинална работна температура	
Слънчева радиация	800 вата / кв.м.
Температура на въздуха	20 °C
Скорост на вятъра	1 м/с

2.3. Инверторите като компоненти на фотоволтаични системи

Фотоволтаичните генератори превръщат слънчевата радиация в електричество. Генерираната енергия е с еднопосочни параметри (напрежение и честота). Електро-разпределителната мрежа и по-голямата част от потребителите работят на променливо напрежение (230 V, 50 Hz). Инверторите са устройства, които преобразуват постоянния ток в променлив. Съвременните инвертори интегрират множество допълнителни функции като регулиране и следене на MPPT, управление на реактивната енергия, защита, наблюдение, др.



Фигура 2.17: Функции на инвертор във фотоволтаична система

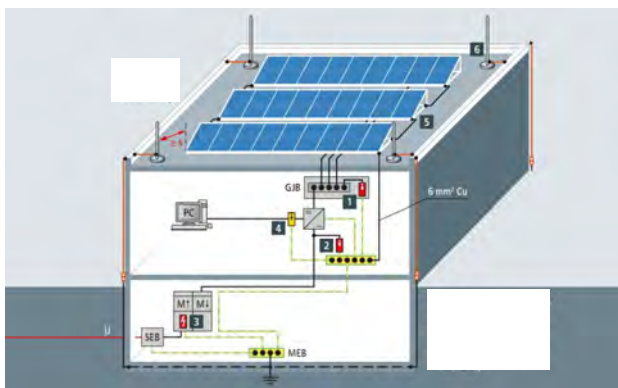
В автономните фотоволтаични системи инверторът генерира синусоидално напрежение на изхода си и е в състояние сам да захранва променливотокови консуматори, които са включени в мрежата. За разлика от автономните фотоволтаични системи, при мрежовите фотоволтаични системи инверторът се настройва на честотата и напрежението на мрежата, на която отдават цялата налична енергия.

Трансформаторните инвертори имат ниско или високочестотен трансформатор, чрез който се извършва галванично разделяне на АС и DC частта. Предлагат по-голяма безопасност за обслужващия персонал, но са с по-нисък КПД, обусловен от допълнителните загуби в трансформатора. Безтрансформаторните инвертори нямат галванично разделяне между АС и DC частта, в резултат на което имат възможно най-високия КПД (над 98%).

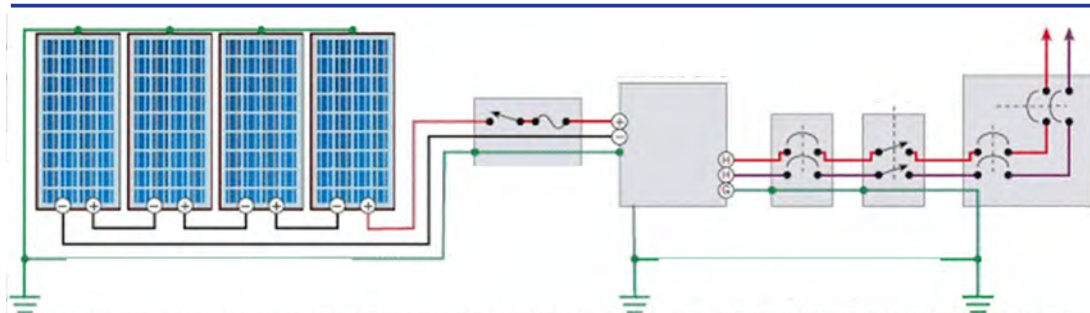
От съществено значение при проектирането на фотоволтаичните системи е диапазонът на напрежението да бъде в границите на техническите параметри на инвертора. Броят на фотоволтаичните модули в един стринг зависи изцяло от вида на инвертора.

2.4. Други компоненти на фотоволтаичните системи

За правилното функциониране на фотоволтаичните системи, към фотоволтаичните модули и инвертори са необходими и допълнителни компоненти, като окабеляване, защиты от свръхток и свръхнапрежение, мълниезащита, заземяване, устройства за мониторинг и контрол и др. Окабеляването се състои от електрически кабели, които служат за осъществяването на връзка между отделните компоненти. Разположението на кабелите се планира така, че никъде загубата на напрежение да не е по-голяма от няколко процента.



Фигура 2.18: Мълниезащита на фотоволтаична система



Фигура 2.19: Схема на защита от свръхнапрежение за фотоволтаична система с прекъсвачи

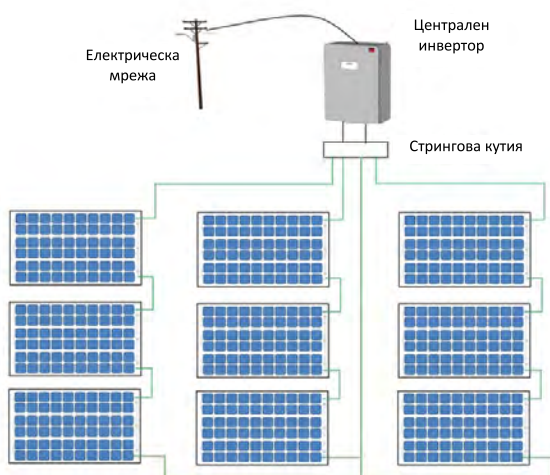
2.5. Конфигурации на фотоволтаични системи

2.5.1. Свързване на фотоволтаичните генератори и инвертори

В практиката се срещат няколко начина за свързване на генератор и инвертор във фотоволтаична система. Съществуват няколко възможни конфигурации:

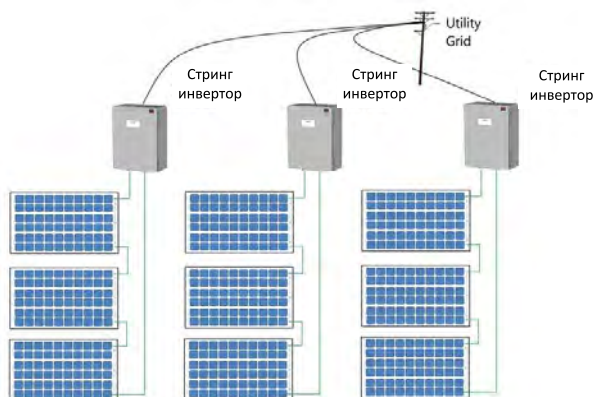
- с централен инвертор (с мощност от няколко десетки киловата до 100 mВт);
- с еднострингови инвертори (с мощност от няколко стотин вата до няколко десетки киловата);
- с мултистрингови инвертори;
- с микро инвертори (с мощност от 50 W до 500 W).

При конфигурация с централен инвертор, системата се състои от един инвертор, което означава, че мощността може да бъде висока. Тази конфигурация е с най-ниска цена за единица мощност, тя е лесна за проектиране и изпълнение. Недостатъкът е, че цялата система е свързана към едно устройство за следене на точката за максимална мощност (MPPT). Това означава, че при наличието на частично засенчване, системата ще работи с по-ниска ефективност. Освен това, при този тип системи, в случай на неизправност, цялата система спира да работи.



Фигура 2.20: Схема на фотоволтаична система с централен инвертор

Едностринговите инвертори се свързват с един или повече стрингове от последователно свързани модули. Мощността им варира от 0,7 kW до 15 kW. Подходящи са при фотоволтаични инсталации, при които има частично засенчване или стринговете са с различни разположения. Този тип инвертори не трябва да бъдат инсталирани на централно място и нямат нужда от съединителна кутия. Могат да бъдат инсталирани в близост до стринговете, като така се намалява дължината на кабелите за постоянен ток. Всеки стринг трябва да се състои от модули с приблизително еднакви характеристики, мощностни толеранси и да бъде изложен на равномерна соларна радиация.



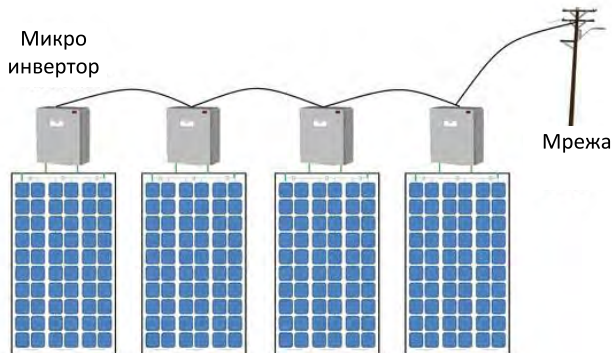
Фигура 2.21: Конфигурация на фотоволтаична система с еднострингови инвертори

Мултистринговите инвертори комбинират концепцията на еднострингов инвертор и централен инвертор. Прилагат се в случаи, в които фотоволтаичните модули в системата са от различен вид, модел и нямат еднаква ориентация и наклон или в случаите, когато има засенчване. Мултистринговите инвертори предлагат възможността всеки инвертор да бъде свързан към два или три стринга, като всеки от тях може да бъде с различна ориентация, наклон, мощност или мощностен толеранс. Освен това, един единствен инвертор може да се използва с различни стрингове, което е икономически по-изгодно в сравнение с инсталацията на няколко еднострингови инвертора. Допълнително предимство се явява фактът, че работата на всеки отделен стринг се оптимизира чрез отделна система за проследяване на точката на максимална мощност.



Фигура 2.22: Схема на мултистрингов инвертор за фотоволтаична система инсталирана върху двускатен покрив на еднофамилна жилищна сграда

Микро инверторите се наричат също и модулни инвертори, защото всеки фотоволтаичен модул е свързан с отделен инвертор. Микро инверторите са предназначени за системи с по-малка мощност и са най-подходящи при използването на фотоволтаични модули с различна мощност и толеранс. Основното предимство на конфигурацията с микроинвертори е в по-доброто поведение при



Фигура 2.23: Конфигурация на фотоволтаична система с микроинвертори

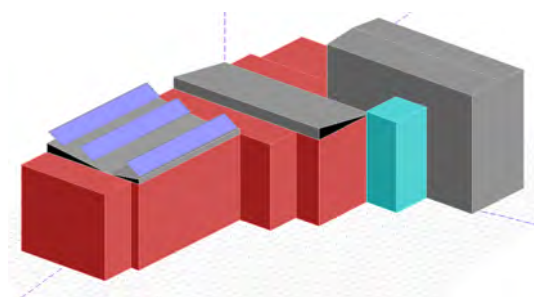
частично засенчване на фотоволтаичния генератор, тъй като наличието на MPPT устройство за всеки инвертор оптимизира допълнително ефективността на фотоволтаичните модули. При наличието на система за управление може да се следи работата на всеки фотоволтаичен модул. Недостатъците на този тип системи са свързани с високата цена за единица мощност, високите разходи за поддръжка на системата, а също и затруднения достъп за поддръжка на системата при ФС, поставени на покрив.



Фигура 2.24: Влияние на засенчването при системи с конвенционални и микро инвертори

2.5.2. Разположение на компонентите на фотоволтаичната система

Преди да започне проектирането на фотоволтаичната система е необходимо да се определи точното местоположение, предназначение и средствата, които са предвидени за нейното изграждане. На база на избраното местоположение трябва да се определят близки и далечни обекти, които биха могли да засенчат фотоволтаичните модули, а също и ориентацията, наклонът и възможностите за монтаж на избраната инсталационната повърхност (покрив, стена и т.н.). За изчисляване на прогнозното производство на електроенергия е необходима информация за количеството слънчева радиация. За изследване, оразмеряване, симулация и анализ на данни на фотоволтаични системи, се използват специализирани софтуерни инструменти (PVSYST, PV * SOL, SAM, PV Designer и др.). Тези инструменти предлагат възможност за точна симулация на условията и параметрите на системата, като засенчване от близки и далечни обекти, височина на хоризонта, местоположение, наклон и ориентация на модулите и т.н. Всеки от тези инструменти разполага с актуални бази данни, които се обновяват непрекъснато, включително и информация за интензитета на слънчевата радиация.



Фигура 2.25: Проектиране на фотоволтаична система върху покрив на административна сграда чрез специализиран софтуер PVSYST

ТАБЛИЦА 2.1 Показатели на фотоволтаична система с мощност от 15кВт

	Глоб. сл. радиация кВтч / кв.м	Средна температура °C	Слънчева рад. / накл. кВтч / кв.м	Слънчева рад. / ефект. кВтч / кв.м	ФВ генератор кВтч	ФВ мрежа кВтч	КПД генератор %	КПД система %
Януари	56,7	-1,50	96,5	92,4	1358	1329	15,60	15,27
Февруари	71,7	0,10	105,2	100,9	1481	1451	15,61	15,30
Март	109,7	4,20	141,3	135,0	1954	1915	15,34	15,03
Април	126,6	9,40	141,2	134,1	1875	1835	14,72	14,41
Май	160,3	15,10	163,4	154,9	2124	2080	14,41	14,12
Юни	189,3	19,40	186,2	176,8	2353	2302	14,01	13,71
Юли	199,3	22,10	200,2	190,2	2499	2447	13,85	13,55
Август	174,5	22,00	188,6	179,7	2355	2306	13,84	13,56
Септември	128,7	17,30	158,8	152,1	2037	1995	14,22	13,93
Октомври	89,9	11,30	128,4	123,0	1729	1694	14,93	14,63
Ноември	54,6	4,70	89,3	85,2	1230	1204	15,26	14,95
Декември	44,6	-0,50	76,5	72,7	1073	1049	15,55	15,20
Годишни показатели	1405,9	10,36	1675,7	1597,1	22067	21608	14,60	14,30

Много от производителите на инвертори предлагат специализирани софтуерни програми, които обикновено имат ограничени възможности, но могат да бъдат полезни при определяне на броя на модулите и отделните стрингове във фотоволтаичната система.

2.5.3. Монтаж на фотоволтаични модули върху покривна конструкция

Правилният монтаж на фотоволтаичните модули е от изключително значение за експлоатацията и поддръжката на всяка фотоволтаична система. Обикновено при изграждането на фотоволтаични системи в еднофамилни сгради се използват покривната/фасадната конструкция или прилежащите терени към самата сграда (двор, гараж, стена и т.н.).



Фигура 2.26: Монтаж на фотоволтаични модули на покриви и други фасадни елементи чрез монтажни шини и държачи

При монтаж на системата на земя основните предимства са свързани с възможността за лесен монтаж, достъпност и редовно почистване на модулите, а също и по-ниската температура на соларните клетки и възможност за допълнително приложение на изградената система (например за осигуряване на сянка за гараж, навес и т.н.). Основните недостатъци на монтирането на фотоволтаични системи на земя са свързани с необходимостта от получаване на разрешително за строеж и присъединяването към електропреносната мрежа, което е сложна и скъпа процедура. За поставянето на фотоволтаични модули върху повърхността на скатни покриви се използват специални монтажни шини и държачи, които се прикрепват към покривната конструкция. Използването на този тип носеща конструкция е изключително подходящо при изграждането на фотоволтаични системи върху скатни покриви, където рядко е необходимо използването на допълнителна конструкция за регулиране на ъгъла на наклон и ориентацията на фотоволтаичните модули. За изграждането на инсталацията се изисква разрешение от общината, като процедурата е сравнително улеснена. Недостатъците при покривния монтаж на фотоволтаични системи са свързани със затруднения достъп, трудното почистване на модулите и повишената температура, която води до по-ниско КПД на системата. По-долу са показани възможните начини за монтаж на модули върху покривна конструкция, включително мощност, специфично производство на електроенергия и цена.

16 ФВ модули (4 kWp)	2 x 8 модули	4 x 4 модули	$P = 27,2 \text{ m}^2$ $E = 5600 \text{ kWh/год}$ Цена: ~ 3200 €
20 ФВ модули (5 kWp)	2 x 10 модули	4 x 5 модули	
		5 x 4 мод.	
		2x5 + 2x5 мод.	$P = 34 \text{ m}^2$ $E = 7000 \text{ kWh/год}$ Цена: ~ 4000 €
24 ФВ модули (6 kWp)	2 x 12 модули	3 x 8 модули	
		4 x 6 мод.	
		2x6 + 2x6 мод.	$P = 41 \text{ m}^2$ $E = 8400 \text{ kWh/год}$ Цена: ~ 4800 €

Фигура 2.27: Брой на модули, необходима площ, мощност, годишно производство, цени и начин на монтиране на фотоволтаични модули на покрив (размери на фотоволтаичен модул - 1 m x 1,7 m с мощност 250 Wp).

2.6. Съхранение на енергия

Слънчевата радиация е с променлив интензитет и е налична само през светлата част на денонощието. В резултат на това, производството на електроенергия от фотоволтаични системи е непостоянно. По подобие на други енергийни системи, използващи възобновяеми източници на енергия, липсата или излишъкът на произведената енергия трябва да бъдат компенсирани от други енергийни източници в енергийната мрежа. Този процес се нарича балансиране. В процеса на балансиране могат да се използват устройства за акумулиране на излишната енергия, децентрализирани енергийни системи, интелигентно управление на мрежата и др.

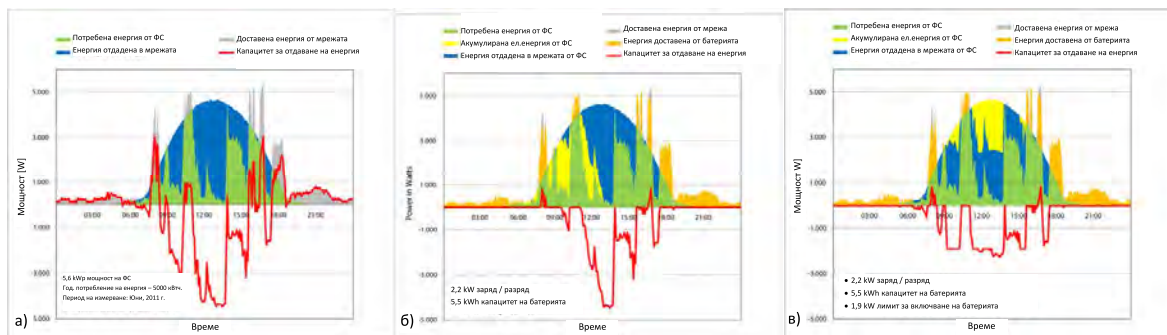
Децентрализираното производство на енергия е едно от най-добрите решения за балансиране на енергийната мрежа поради факта, че допринася за намаляване на загубите при преноса и разпределението на енергия, като скъсява пътя на енергията между производители и потребители. В Германия например, над 70% от соларната енергия се произвежда от фотоволтаични инсталации с малка мощност.

Въпреки това, към момента цената на устройствата за акумулиране на енергия (батерии и акумулатори) е все още висока, а експлоатационният им срок – сравнително кратък. Следователно, от техническа гледна точка, децентрализираното акумулиране и разпределение на енергия (множество устройства за съхранение в мрежа с нисък капацитет) предлага повече възможности и ползи. В допълнение на това, чрез определени механизми за подпомагане, много собственици и частни инвеститори, могат да бъдат подпомогнати да инвестират в закупуването на устройства за акумулиране на енергия. По този начин би могло да се повиши надеждността на мрежата, както и общата мощност на фотоволтаичните системи, които могат да бъдат включени в разпределителната мрежа.

Използването на акумулаторни батерии във фотоволтаичните системи, предназначени за собствена консумация, води до намаляване на енергията, която се отдава в електрическата мрежа. От финансова гледна точка това е много важно, поради факта че произведената енергия е с много ниска цена, което означава, че би било по-рентабилно тя да се съхранява и използва при необходимост.

По този начин се намалява натоварването на мрежата и се откриват възможности за присъединяването на нови потребители и производители. Като пример за изложеното дотук може да послужи анализ на потреблението на малък консуматор / производител на енергия от фотоволтаична система с мощност от 5,6 кВт (р) (Фиг. 2.28). Анализирани са три възможности: а) система без акумулатор; б) система с акумулатор с капацитет на съхранение от 5,5 кВтч без ограничение на отдадената мощност към мрежата; в) система с акумулаторна батерия с ограничение на отдадената мощност към мрежата до 1,9 кВтч.

Между 9:00 и 10:00 часа сутрин, мощността на фотоволтаичната система е около 3 кВт, от които 0,7 кВт се използват за собствена консумация. 1,9 кВт от произведената енергия от ФС се отдават в електрическата мрежа, а останалата енергия се акумулира в батерията. След 10:00 часа, консумацията е по-висока от количеството енергия, което се произвежда от ФС, а недостигът се компенсира от батерията. Между 11:30 и 14:00 часа се преминава лимитът от 1,9 кВт за отдадена мощност към мрежата, тъй като батерията е ограничена за заряд до 2,2 кВт. След 14:00 потреблението се увеличава, а отдадената мощност в мрежата е по-ниска от 1,9 кВт дори при липсата на акумулаторна батерия. В часовете между 08:00 и 17:00 ч., потреблението на енергия надвишава производството на енергия от ФС и количеството на енергия в акумулаторната батерия, като недостигът се компенсира с енергия от мрежата.



Фигура 2.28: Графика на потреблението на енергия от четиричленно домакинство и производство на енергия от ФС

2.7. Хибридни фотоволтаични системи

Хибридните енергийни системи произвеждат енергия от два или повече източника. Най-често при хибридните фотоволтаични системи, в допълнение към фотоволтаичния генератор, се използва ветрогенератор и/или малка водноелектрическа централа, и/или централа на биогаз, природен газ и т.н.

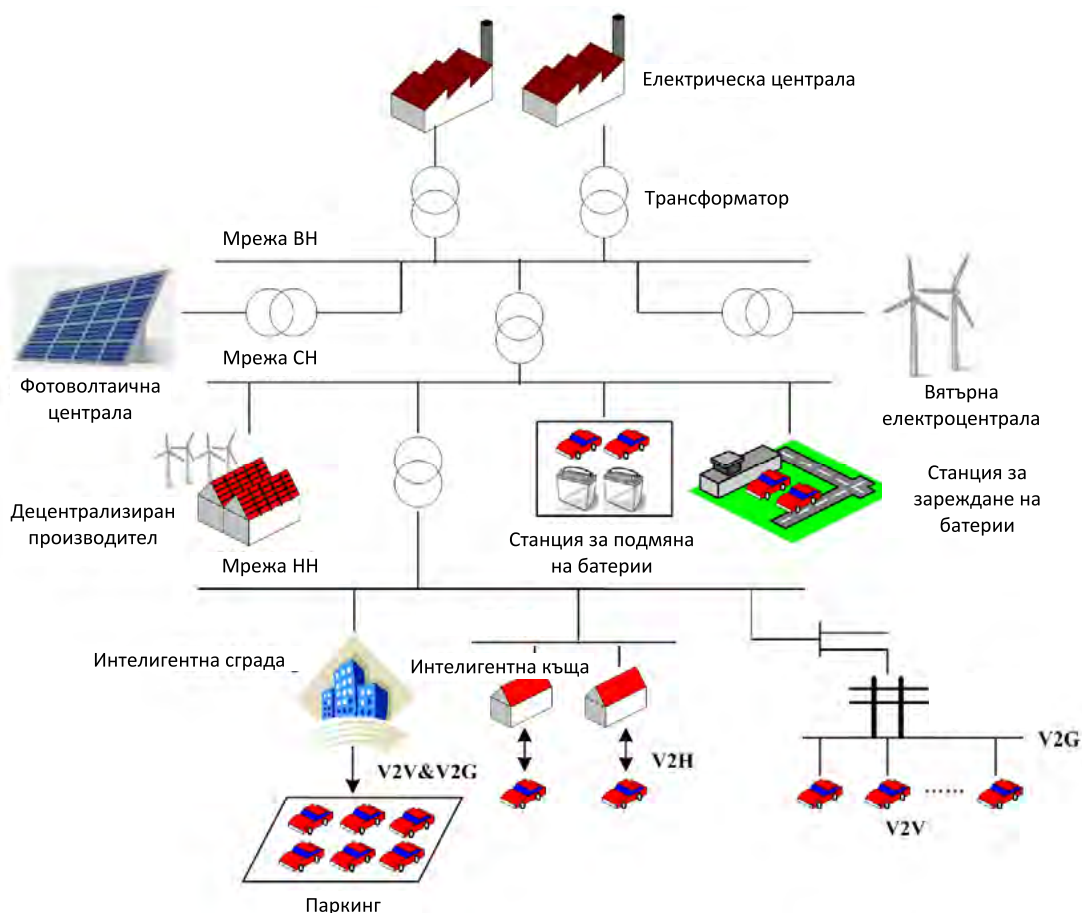


Фигура 2.29: Пример за хибридна система за производство на енерги

Много често хибридните системи използват акумулаторни батерии за съхранение на енергията. Хибридните системи намират приложение при инсталациите за автономно снабдяване с електрическа енергия, като по този начин се намалява цената на електрическата енергия, увеличава се надеждността на системата и се постига положителен ефект върху околната среда.

Основната причина за "хибридизацията" на енергийните системи е необходимостта от наличието на непрекъснат източник на енергия. Фотоволтаичните системи, както и някои други видове системи, които използват възобновяеми енергийни източници (вятърни генератори, малки водноелектрически централи и др.), имат променлив характер на производството, който е следствие на променливия интензитет на първичния енергоизточник (слънце, вятър, вода). Такъв тип системи се характеризират с високи първоначални инвестиции и сравнително ниски разходи за поддръжка. За да бъде инвестицията рентабилна е необходимо постигането на максимална степен на оползотворяване на енергията на основния енергоизточник. Хибридните системи, използващи природен газ, биогаз, бензин или дизелово гориво, имат първоначално по-ниски инвестиции, но разходите за гориво и текуща поддръжка са високи.

От друга страна, такъв тип системи биха могли да бъдат включени в системата или изключени за много кратък период от време поради факта, че позволяват сравнително лесно управление и диспечирание. При хибридните фотоволтаични системи, променливото производство или липсата на производство от фотоволтаичния генератор, може да бъде компенсирано с енергия от управляем източник. Така производството на енергия може да се адаптира към нуждите на местните потребители, което е от голямо значение за разпределителната мрежа, както от гледна точка на по-ниските загуби, така и от гледна точка на възможността за разширяване с нови мощности и потребители, без необходимостта от допълнителни инвестиции. Хибридните системи ще стават все по-популярни и ефективни в близко бъдеще, когато се очаква експанзия в употребата на електрически автомобили. Автомобилите ще зареждат батериите си с енергия от мрежата и ще могат да „вържат“ част от акумулираната енергия обратно, като ползват така наречения режим „vehicle to grid“.



Фигура 2.30: Електрическа мрежа с децентрализирано производство на енергия и захранване на електромобили

2.8. Примери за изградени фотоволтаични системи в публични и административни сгради

2.8.1. Фотоволтаична централа, използвана като сенник за обществен паркинг



ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОЕКТА

- Местонахождение: Зографу, Гърция
- Инсталирана мощност: 19,95 кВт
- Площ за Квт инсталирана мощност: 5,42 кв.м.
- Фотоволтаични модули: монокристален силиций
- Инвестиция: 120 000 евро
- Годишно производство на енергия: 26 200 кВтч.

Фотоволтаичната система е инсталирана на обществен паркинг, като освен за производство на електрическа енергия, изпълнява ролята и на сенник. Преференциалната цена за изкупуване на енергията, произведена от фотоволтаичната система, е 0,46 евро/кВтч.

2.8.2. Фотоволтаична система, изградена на голям търговски център



ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОЕКТА

- Местонахождение: Атина, Гърция
- Инсталирана мощност: 51 кВт
- Площ за Квт инсталирана мощност: 7,72 кв.м
- Фотоволтаични модули: монокристален силиций
- Инвестиция: 142 000 евро
- Годишно производство на енергия: 39 900 кВтч.
- Намаляване емисиите на CO2: 23,94 т./год.

Фотоволтаичната инсталация е изградена на южната фасада на търговски център на площ от 400 кв.м. Производството на енергия от ФС намалява годишния разход на електроенергия на сградата с 5 %. Преференциалната цена за изкупуване на енергията, произведена от фотоволтаичната система, е 0,394 евро/кВтч.

2.8.3. Фотоволтаична система, изградена на покрива на основно училище



ИНФОРМАЦИЯ ЗА ПРОЕКТА

- Местонахождение: Чавле, Хърватия
- Инсталирана мощност: 30 кВт
- Фотоволтаични модули: поликристален силиций
- Инвестиция: 90 000 Евро
- Годишно производство на енергия: 34 032 кВтч.
- Намаляване на емисиите на CO2: 20 т./год.

Фотоволтаичната система е инсталирана върху покрива на спортната зала на основно училище в град Чавле (Хърватия). Разположението на фотоволтаичните модули следва наклона на покривната конструкция. Преференциалната цена за изкупуване на електрическата енергия, произведена от фотоволтаичната система е 0,4 евро/кВтч.

3. Регламенти и административни процедури

3.1. Преглед на законодателството в Република Македония

- Закон за енергетиката (ДВ. бр. 16/2011);
- Закон за строителството;
- Закон за качеството на атмосферния въздух (ДВ. бр. 67/04 и бр. 92/07);
- Закон за защита от шум в околната среда (ДВ. бр. 79/07);
- Наредба за граничните стойности на нива и видове замърсители в атмосферния въздух (ДВ. бр. 50/2005);
- Закон за опазване на културното наследство (ДВ. бр. 20/04 и бр. 115/07);
- Наредба за определяне на проектите и критериите, за които е необходимо провеждането на процедура за оценка на въздействието върху околната среда;
- Правилник за определяне на преференциалните производители на електроенергия от възобновяеми енергийни източници;
- Правилник за издаване на лицензиите за извършване на енергийни дейности (ДВ. бр. 143 от 15.10.2011 г.);
- Правилник за дейността на Комисията за регулиране на енергетиката.

3.2. Правила за достъп до мрежата и децентрализирано производство

Операторът на разпределителната мрежа е длъжен да предоставя редовно и качествено електрическа енергия до всички потребители в системата. Начинът на доставка е регламентиран в подзаконовата нормативна уредба и правилниците за разпределение на електрическа енергия. Децентрализираните производители на енергия се присъединяват към разпределителната мрежа в съответствие с правилата за достъп до мрежата, посредством подаването на заявление за присъединяване. Освен общите правила, децентрализираните производители на енергия трябва да отговарят и на специфични условия за достъп до мрежата.

При присъединяване на производители на електроенергия към разпределителна мрежа се изисква анализ на състоянието на мрежата при различните режими на работа. По този начин се оценява включването на производителя, като специален акцент се поставя върху анализа на следните показатели:

- минимално натоварване на мрежата и минимално производство на електроенергия;
- минимално натоварване и максимално производство на електроенергия;
- максимално натоварване и минимално производство;
- максимално натоварване и максимално производство.

При всеки работен режим напрежението не трябва да надвишава допустимите граници, които са определени в правилата за използване и достъп до електрическата мрежа. В зависимост от вида на инсталацията, която се свързва (директно към мрежата или чрез инвертор), се извършва оценка на въздействието от гледна точка наличието на:

- фликери;
- висши хармоници;
- небалансирани товари;
- реактивна енергия и т.н.

Ако производителят отговаря на критериите и условията, операторът на разпределителната мрежа издава разрешително за достъп на производителя до електропреносната мрежа.

3.3. Процедура за получаване на разрешително за изграждане на система и лиценз за производство на електрическа енергия

3.3.1. Процедура в Република Македония

Първата стъпка за получаване на лиценз за производство на електроенергия от системи, използващи възобновяеми енергийни източници, е издаването на разрешително за строеж. За тази цел е необходимо да се потърсят услугите на фирма / лице за подготовка на специфичната строителна документация. Според Закона за изменение и допълнение на закона за строителството (ДВ. бр. 31 от 22 февруари 2016 год.), за фотоволтаични системи с мощност до 1 мВт, инсталирани върху покрив, не е необходимо разрешение за строеж. Изисква се единствено съгласуване с общината и издаване на разрешение за поставяне на оборудване съгласно Закона за строителството. От електроразпределителното дружество (EVN - Македония) трябва да се изиска и получи разрешително за присъединяване към разпределителната ел. мрежа. Издаването на разрешението за строеж, т.е. удостоверението за поставяне на оборудване е документ, който позволява:

- Изграждане на фотоволтаичната система;
- Издаване на удостоверение за въвеждане в експлоатация;
- Получаване на лиценз за производство на електроенергия;
- Вписване в Регистъра на съоръженията за производство на електроенергия от възобновяеми енергийни източници;
- Получаване на статут на производител на електроенергия;
- Договор за изкупуване на произведената електроенергия.

За получаване на лиценз за производство на електроенергия от възобновяеми източници, в Република Македония се прилага процедура, която включва следните стъпки:

- Възложителят може да започне процедурата за получаване на лиценз веднага след получаване на разрешението за строеж / удостоверението.
- Комисията за енергийно регулиране на Република Македония започва процедурата за издаване на лиценз от деня на вхождане на заявлението и съпътстващата документация (чл. 14 от Правилника за условията, реда и начина за издаване, изменение и отнемане на лицензии за извършване на дейности в сферата на енергетиката).
- Комисията за енергийно регулиране на Република Македония е длъжна в срок от осем работни дни от вхождането на заявлението за издаване на лиценз да уведоми заявителя за наличието на неточности или липсващи документи. В случай че Комисията установи наличието на пропуски в документацията, тя е длъжна да определи срок за отстраняване на пропуските и недостатъците, който не може да бъде по-дълъг от 15 дни. В случай, че Комисията установи, че Заявлението отговаря на всички нормативни изисквания, публикува уведомление, с което задължава Заявителя да извести средствата за масово осведомяване в срок от 3 работни дни.
- Комисията за енергийно регулиране на Република Македония издава решение за издаване на лиценз в срок, който не може да бъде по-кратък от 20 дни от датата на провеждане на предварителната среща.
- Искането за издаване на разрешение за ползване на сгради и съоръжения се подава до Министерството на транспорта и връзките или до общината по местонахождение на обекта (чл. 72, 73, 74, 75, 76 и 77 - от Закона за строителство, ДВ. бр. 130/09).
- Разрешението за строеж престава да бъде валидно, в случай че инвеститорът не започне строителството в рамките на шест месеца от датата на издаване на разрешителното за строеж.

- Компетентният орган по чл. 58 от Закона за строителство (ДВ. бр. 130/09) издава разрешението за ползване на сграда в срок до 15 дни от датата на технически надзор на обекта, в случай че комисията заключи, че сградата отговаря на изискванията и е годна за експлоатация.
- Обектите, изградени с цел производство на енергия от възобновяеми енергийни източници, попадат във втората и третата категории на чл. 57 от Закона за строителството.
- Комисията за енергийно регулиране е длъжна да издаде лиценз ако условията са изпълнени най-късно в срок до 90 дни от датата на подаване на заявлението, съгласно чл. 40 от Закона за енергетиката (ДВ. бр. 63/06, 36/07 и бр. 106/08) и чл. 14 от Правилника за условията, начина и реда за издаване, изменение и отнемане на лицензиите за извършване на дейности в сферата на енергетиката (ДВ. бр. 31/09).
- Агенцията за енергетика на Република Македония издава удостоверение за получаване на временен статут на производител на електроенергия от възобновяеми енергийни източници.
- След като получи лиценз за производство на електроенергия от Комисията за енергийно регулиране, инвеститорът подава заявление за код от регистъра на инсталации за производство на енергия от възобновяеми енергийни източници в Агенцията по енергетика на Република Македония (чл. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 от Правилника за използване на възобновяеми енергийни източници за производство на електроенергия, ДВ. бр. 127/08).

3.3.2. Процедура в Република България

В Република България правилата за присъединяване на фотоволтаичните системи към електроразпределителната мрежа са регламентирани в Закона за възобновяемите енергийни източници (ЗВЕИ). Производството на енергия от възобновяеми източници (ВИ), в това число и от фотоволтаични системи, се насърчава чрез:

- Предоставяне на гарантиран достъп на електрическата енергия, произведена от фотоволтаични системи, до преносната и разпределителните електрически мрежи при спазване на критериите за сигурност, определени с правилата по чл. 83, ал. 1, т. 4 и 5 от Закона за енергетиката.
- Гарантиране на изкупуването на електрическата енергия, произведена от фотоволтаични системи, за срок от 20 години на преференциална цена.

Съгласно чл.24, ал.1 и 2 от ЗВЕИ, могат да бъдат изградени фотоволтаични системи с мощност до 30 кВт за които се предвижда да бъдат изградени върху покривни и фасадни конструкции на присъединени към електроразпределителната мрежа сгради и върху недвижими имоти към тях в урбанизирани територии и до 200 кВт включително, които се предвижда да бъдат изградени върху покривни и фасадни конструкции на сгради за производствени и складови дейности, присъединени към електропреносната или електро-разпределителната мрежа в урбанизирани територии. Същественото за тези фотоволтаични системи за производство на енергия е, че те се присъединяват към мрежата по ниско напрежение – до 0.4kV.

За реализацията на инвестиции, свързани с изграждането на ФС в публични институции, те трябва да бъдат заложили в програмите за насърчаване използването на електрическа енергия от възобновяеми енергийни източници. Всяка общинска или областна администрация разполага с подобна програма, която е необходима, съгласно изискванията на ЗВЕИ. Към днешна дата, общинските и държавни учреждения нямат право да изграждат фотоволтаични системи за производство на енергия с цел продажба на преференциални изкупни цени. Така, върху покривните или фасадни конструкции на административните сгради, могат да се инсталират фотоволтаични системи само за собствени нужди.

Подобни инсталации могат да бъдат изградени върху покривите на училища, детски градини, болници, публични учреждения, като сградите на общинските и областни администрации и други, чиято собственост е държавна или общинска. Взаимодействието на публичните администрации с институциите, от които зависи издаването и получаването на всички съгласувателни, разрешителни и окончателни документи и договори, допринася за сравнително улеснените и ускорени процедури за документалното координиране и актуване на инвестицията. Въпреки това, по-долу са изброени конкретни стъпки, през които инвеститорът (общинската или държавна администрация) трябва да премине:

Стъпка 1: Подаване на документи за издаване на скица с виза за проектиране – от местната община / с нотариален акт или документ за собственост на имота, актуална скица на имота. Срок: 14 - 30 дни. Издава се от главния архитект на общината. Индикативни разходи: 16 лв.

Стъпка 2: Подаване на становища на инженер-конструктор, на електроинженер и/или на инженер по топлотехника с чертежи, схеми, изчисления и указания за изпълнението им и становище, с което са определени условията за присъединяване към разпределителната мрежа, съгласно чл.147, ал.1, от Закона за устройство на територията (ЗУТ), заедно с визата за проектиране в местната община за съгласуване на проектите и издаване на „Разрешение за инсталиране на фотоволтаична централа (ФЕЦ)“. Срок: 14 дни. Индикативни разходи: 250 лв.

Стъпка 3: Избор на фирма – изпълнител. Процедурите по избор на фирма-изпълнител би следвало да се проведат съгласно изискванията на Закона за обществените поръчки. Времето за реализация и изграждане на системата е много по-дълго, поради тромавата система на администриране на такъв тип инвестиции.

Стъпка 4: Едновременно със стъпки 1 и 2 в местното електроразпределително дружество (ЕРП) по местонахождение на обекта се подават документи за издаване на Становище за точката на присъединяване на фотоволтаичната система за производство на енергия. Към заявлението се прикрепват копия от документа за собственост, скицата с визата за проектиране и електрическият проект. Срок: до 30 дни. Индикативни разходи: 38 лв.

Стъпка 5: След получаване на становището от ЕРП и Разрешение за инсталиране на ФЕЦ от общината, в местното ЕРП се подават документи за сключване на Договор за достъп и присъединяване на фотоволтаичната система към електропреносната мрежа. Срок: 30 дни. Индикативни разходи: 380 лв.

Стъпка 6: След подписване на договора за достъп и присъединяване и извършения монтаж на фотоволтаичната система, в местното ЕРП се подава искане за извършване на 72 часови проби. Срок: 30 дни. Индикативни разходи: няма.

Стъпка 7: Подписване на Протокол за завършване и присъединяване на фотоволтаичната система в съответното ЕРП по местонахождение на обекта. Документът се издава след извършването на 72 часови проби.

Стъпка 8: Използване на енергията, произведена от фотоволтаичната система за собствени нужди и по предназначение – за захранване на локално осветление, термопомпи и помпи за отопление и гореща вода, поддръжка и осигуряване на енергийно захранване, чрез зареждане на акумулатори, осигуряване на енергийните нужди на компютърна и друга техника, видеонаблюдение и др.

Едно от основните предимства е свързано с липсата на забавяне по отношение на получаването на разрешителните и уведомителните документи свързани с изграждането и актуването на системата. В допълнение на това, общинските и държавни институции разполагат с обширен сграден фонд, който е изключително подходящ за инсталиране на фотоволтаични системи. Тези институции разполагат и с финансов ресурс, а при затруднение, могат да участват в инвестиционни проекти на базата на публично-частни партньорства. Основните недостатъци и пречки, които биха могли да възникнат, са свързани основно с наличието на бюрократични процедури свързани с избора на изпълнител за изграждане на обекта (ФС), които трябва да бъдат изготвени и проведени, съгласно изискванията на Закона за обществени поръчки.

4. Финансиране

4.1. Механизми за насърчаване на инвестициите във фотоволтаични системи

4.1.1. Преференциални цени

С цел насърчаване изграждането на системи, използващи възобновяеми енергийни източници, в Република Македония се предоставят преференциални цени за изкупуване на произведена електрическа енергия.

Наредбата за изкупуване на енергията от фотоволтаични системи на преференциални е приета през 2008 г. и към момента е променена три пъти.

ТАБЛИЦА 4.1 Преференциални цени на електрическа енергия, произведена от фотоволтаични системи в Македония

Година	Мощност на фотоволтаична система до 50 кВт [евро цента/кВтч]	Мощност на фотоволтаична система между 51-1000 кВт [евро цента / кВтч]	Период за изкупуване на преференциални цени (в години)
2008	46	41	20
2011	38	34	15
2011	30	26	15
2013	16	12	15

С решение на правителството на Република Македония е определена квота за максимално инсталирана мощност от фотоволтаични системи. Общата квота е 18 мВт, от които 4 мВт е за системи до 50 кВт и 14 мВт за системи от 51 до 1000 кВт. Тази квота в Република Македония е почти изпълнена, така че е необходимо да се търсят други начини за осигуряване на механизми за насърчаване на инвестициите в подобен вид енергия.

За България преференциалните изкупни цени са въведени от Комисията за енергийно и водно регулиране (КЕВР). В таблицата по-долу са показани преференциалните изкупни цени за произведената енергия от фотоволтаични електроцентрали. Цените са различни за инсталираните мощности и намаляват през годините. На таблица 4.2 са показани датите на решенията на КЕВР, с които се е променяла преференциалната цена през годините.

ТАБЛИЦА 4.2 Преференциални цени за изкупуване на електроенергия от фотоволтаични системи

Период	Инсталирана мощност до 5 кВт [лв./мВтч]	Инсталирана мощност до 5 кВт [евро цента / кВтч]	Инсталирана мощност от 5 кВт до 30 кВт [лв./мВтч]	Инсталирана мощност от 5 кВт до 30 кВт [евро цента /кВтч]
29.12.2006	782,00	40,0	718,00	36,7
01.04.2009	823,00	42,1	725,00	37,1
31.03.2010	792,89	40,5	728,29	37,2
30.03.2011	760,48	38,9	699,11	35,7
30.06.2015	228,00	11,7	211,71	10,8
30.06.2016	255,39	13,1	213,92	10,9
01.07.2017	271,67	13,9	231,20	11,8

Цените се без включен ДДС -20%.

ТАБЛИЦА 4.3 Преференциални цени за изкупуване на електроенергия, произведена от фотоволтаични системи върху покривни и фасадни конструкции [лв./мВтч]

Обща инсталирана мощност на фотоволтаични модули	01.7.2011	01.7.2012	01.9.2012	01.7.2013	01.7.2014
До 5 кВт, монтирани на покриви и фасади	605,23	400,7	381,18	353,97	211,81
От 5 кВт до 30 кВт, монтирани на покриви и фасади	605,23	400,7	289,96	284,18	203,97
От 30 кВт до 200 кВт, монтирани на покриви и фасади на производствени постройки и др.	596,5	369,08	226,87	211,4	169,12
От 200 кВт до 1000 кВт, монтирани на покриви и фасади на производствени постройки и др.	583,77	316,11	206,34	196,58	144,68
До 30 кВт	576,5	268,68	193,42	195,44	152,19
От 30 кВт до 200 кВт	567,41	260,77	188,1	191,13	143,35
От 200 кВт до 10 000 кВт	485,6	237,05	171,37	176,29	134,03
Над 10 000 кВт	485,6	236,26	169,85	160,2	131,36

Цените се без включен ДДС -20%.

С решенията на КЕВР преференциалните цени за изкупуване на енергия, произведена от фотоволтаични централи, с малки изключения, непрекъснато намаляват. Поради големия инвеститорски интерес към фотоволтаичните инсталации и множеството реализирани проекти бяха въведени и редица други ограничителни мерки с оглед балансиране на пазара на електроенергия. Според данни на Българската фотоволтаична асоциация (към 6 септември 2017 г.) инсталираната мощност на фотоволтаичните централи, присъединени към електропреносната и разпределителна мрежа в България, е както следва: до 30 кВт - 3690.56 кВт; до 5 мВт - 682 719.53 кВт и над 5 мВт - 133 331.32 кВт. Така общият инсталиран капацитет в Република България към месец септември 2017 г., е около 820 мВт.

4.1.2. Производство на електроенергия за собствени нужди

Както беше посочено по-горе, някои от основните предимства на фотоволтаичните системи са свързани с производство на електроенергия в близост до потребителите, ниска цена на произведената енергия, преференциални цени за изкупуване, гарантиран период на изкупуване и др. Произведената енергия от фотоволтаична система, която се намира в сграда (върху покривни и фасадни конструкции или други конструктивни елементи) се използва предимно за покриване на собствените енергийни нужди на потребителите, а излишъкът или недостигът на енергия, се подава или компенсира от електрическата мрежа. Към днешна дата, съгласно действащото законодателство в България, общинските и държавни учреждения нямат право да изграждат фотоволтаични системи за производство на енергия с цел продажба на преференциални изкупни цени. Така върху покривните или фасадни конструкции на административните сгради могат да се инсталират фотоволтаични системи само за собствени нужди. Ако в бъдеще това бъде променено, съществуват три основни начина за използване на енергията, която се произвежда от ФС за покриване на собствените енергийни нужди на потребителите и продажба, с цел генериране на приходи. Първият начин е чрез ограничаване на мощността на фотоволтаичната система. За ограничаването се използва специално устройство, което не позволява производството на ФС да превишава потреблението, т.е. не позволява произведената електроенергия да бъде подадена към мрежата. Този метод се използва, когато не е възможно да се сключи договор за изкупуване на излишъка на електроенергия с доставчика или оператора на разпределителната мрежа.

Вторият начин предоставя възможност да се отдава електроенергия в мрежата, но без тази енергия да се заплаща от Оператора на мрежата, да се продава на пазарни цени на свободния пазар. При третия начин електричеството се отдава в мрежата, при което Операторът на мрежата изкупува произведената от производителя електроенергия по преференциални цени, като след достигане на размера на „нетно специфично производство“ за съответната календарна година тази цена се определя от Оператора (т.н. свободно договорени цени).

Основните фактори, влияещи върху рентабилността на фотоволтаичната система за производство на енергия за собственото потребление са свързани с общото производство и потребление на електричество, а също и характеристиките на дневното потребление. За търговските потребители на електроенергия дневното потребление е строго индивидуално. Затова е необходимо изготвянето на индивидуален анализ, за да се прецени доколко е рентабилна инвестицията в изграждането на фотоволтаична централа за производство на електроенергия за собствени нужди.

В тази насока е важно да се определи съотношението между количествата на произведена и консумирана енергия. От това зависи каква част от произведената енергия ще бъде консумирана директно от потребителя и каква част би могла да бъде отдадена в мрежата.

4.1.3. Субсидии и грантове

В България общините, образователните, социалните и културните институции, имат достъп до средства от Европейски фондове и националния бюджет, за внедряване на мерки за повишаване на енергийната ефективност и използването на възобновяеми енергийни източници.

ОП "Региони в растеж"

Оперативна програма „Региони в растеж“ 2014-2020 г. (ОПРР 2014-2020 г.) е един от най-големите финансови инструменти, приоритетно насочен към регионалното развитие и към постигане на целите на градската политика в България. ОПРР финансира дейности, които целят осигуряване на баланс в градовете и допринасят за постигане на устойчиво градско развитие, създаване на благоприятни условия за подобряване качеството на живот, и нови работни места в градовете. Приоритетна ос 2 на Програмата е предназначена за подпомагане изпълнението на мерки за енергийна ефективност в обществени и жилищни сгради в малки градове - центрове на общини в периферни райони, които предоставят услуги на заобикалящите ги периферни райони.

Програма за развитие на селските райони 2014 - 2020

Програмата подпомага проекти и инвестиции в общините от селските райони на България за подобряване на инфраструктурата, за ремонт на пътища, улични настилки, ВиК системи, за стартиране на малък бизнес, за селски туризъм и други алтернативни дейности. Финансирането на мерки за реконструкция и/или ремонт на общински сгради, в които се предоставят обществени услуги, с цел подобряване на тяхната енергийна ефективност, включително използването на енергия от ВИ, се предоставя приоритетно в рамките на Мярка 7. „Основни услуги и обновяване на селата в селските райони на България“.

Договори с гарантиран резултат.

Приложното поле за използването на този инструмент са взаимоотношенията с фирми за енергоефективни услуги, по които възложители са учреждения и институции на бюджетна или общинска издръжка (болници, училища, детски заведения, санаториуми, пансионати за стари хора, домове за инвалиди, театри, кина, музеи, читалища, библиотеки, хотели, почивни домове, административни сгради и т.н.). Фирмите за енергоефективни услуги с гарантиран резултат (известни като ESCO) осигуряват със собствени средства ESCO-услуги и инвестиции (проучване, внедряване, експлоатация и поддръжка) при гарантирано ниво на енергийните спестявания, възвръщащи инвестицията заедно с известна печалба.

Кредити с грантове по специализираните кредитни линии

В България общините могат да разчитат на нисколихвени кредити за финансирането на проекти за повишаване енергийната ефективност и насърчаване използването на ВИ чрез нисколихвени кредити и гъвкави банкови механизми от Европейска банка за възстановяване и развитие, Фонд „Енергийна ефективност и възобновяеми източници, Национален Доверителен Екофонд, МФ „Козлодуй“ и др.

Национална програма за енергийна ефективност на многофамилни жилищни сгради

Програмата е насочена към обновяване на многофамилни жилищни сгради с основна цел - чрез изпълнение на мерки за енергийна ефективност да се осигурят по-добри условия на живот на гражданите в многофамилни жилищни сгради, топлинен комфорт и по-високо качество на жизнената среда. Общините осъществяват прием на документи за кандидатстване, оценка, одобрение, предоставяне на финансиране, мониторинг на изпълнението на мерките за енергийна ефективност по сградите. Допустими за кандидатстване са всички многофамилни жилищни сгради, проектирани преди 26 април 1999 г., на три или повече етажа с 6 (шест) или повече самостоятелни обекта с жилищно предназначение.

Други финансови механизми предоставящи грантово финансиране

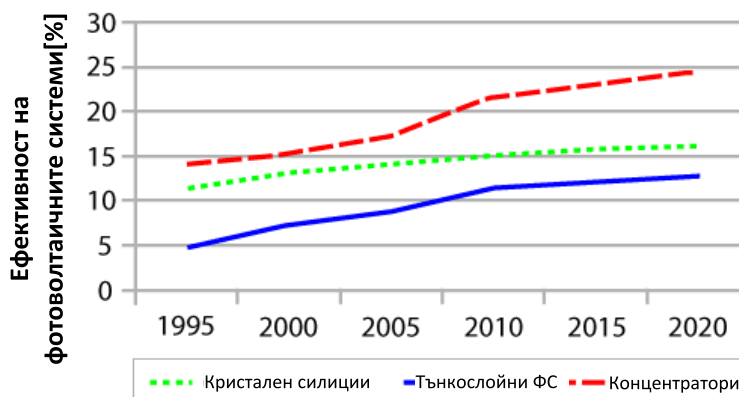
В началото на 2018 г. стартира приема на проекти за оползотворяване на възобновяемата енергия и по-специално геотермалната и водната, за повишаване на енергийната ефективност на общински администрации и институции в рамките на Финансовия механизъм за Европейското икономическо пространство/Норвежки финансов механизъм. Заделеното финансиране за такъв тип проекти за периода 2018 – 2021 е 32 млн. евро..

5. Техничко-икономически анализ

Техническата ефективност на системите за производство на енергия от възобновяеми енергийни източници е свързана с коефициента на полезно действие на процеса (КПД). Този коефициент представлява съотношението между изходящата полезна енергия и енергията, подадена към системата. Когато става дума за фотоволтаични системи, енергията, подадена към системата, е енергията на слънчевата радиация, а изходящата полезна енергия, е електричеството, което се произвежда в резултат на процеса.

$$\eta_{technical} = \frac{\text{изходяща полезна енергия от системата}}{\text{енергия подадена към системата}} < 1$$

Ето защо, едно от най-големите предизвикателства на инженерите, които работят в сферата на фотоволтаиката, е да конструират фотоволтаични панели с възможно по-голяма ефективност (КПД), които произвеждат максимално количество енергия от получената слънчева радиация. С развитието на технологията, ефективността на фотоволтаичните системи продължава да расте, като в зависимост от използваната технология може да достигне между 15 и 25%. Научните изследвания и разработки в сферата на фотоволтаиката се развиват непрекъснато, като в лабораторни условия са постигнати нива на ефективност надвишаващи 40%. Въпреки това, поради високата си цена, подобни технологии не са достъпни на пазара.



Фигура 5.1 : Ефективност на фотоволтаичните системи в зависимост от използваната технологията

За да бъде реализиран даден проект, който е изпълним от техническа гледна точка, е необходимо той да бъде привлекателен за потенциалния инвеститор и от финансова аспект. Всичко това определя нуждата от изготвянето на детайлен анализ на икономическата ефективност на фотоволтаичните системи за собствена консумация, с цел да се определят очакваните приходи и разходи в рамките на жизнения цикъл на проекта.

Икономическата ефективност на една система може да се определи като съотношение между прогнозните ползи (B - Benefit) и общите разходи по време на експлоатационния период:

$$\eta_{economy} = \frac{\text{ползи от проекта}}{\text{разходи за реализирането на проекта}} > 1$$

За разлика от техническата ефективност, която винаги е по-малка от 1, очакванията на инвеститора (в случая малко или средно предприятие) във фотоволтаична система са, че проектът ще реализира желаната печалба или лично удовлетворение, които ще оправдаят вложените средства.

Най-често ползите от даден проект се изразяват в генерирани парични средства (например приходи, генерирани от продажбата на електроенергия). Въпреки това, не всички ползи от реализацията на подобен проект са изцяло финансови. Така например, реализацията на проект за производство на електрическа енергия чрез фотоволтаична система осигурява чиста енергия, която се произвежда от самия потребител – общинска или държавна администрация, институция или учреждение, които биха могли да задоволят голяма част от енергийните си нужди, посредством използването на енергията от ФС. Това намалява вредните емисии на парникови газове в атмосферата, като по този начин допринася за опазването на околната среда в конкретния регион. Допълнителните предимства на подобен вид инвестиции са свързани с намаляване на загубите при преноса на енергия от големите електроцентрали с традиционни енергоизточници до крайните потребители.

Решението, свързано с реализацията или отхвърлянето на един проект за изграждане на ФС от една публична институция е предизвикателство, което изисква внимателен анализ на техническите и икономическите придобивки от инвестицията. Практиката показва, че много често икономическата ефективност има предимство пред техническата. Въпреки това, между тях съществува неразривна връзка поради факта, че развитието на технологиите допринася за създаването на системи, които са по-евтини и по-ефективни от икономическа гледна точка. Важна роля в процеса имат желанието и мотивацията на инвеститора (общината или държавната институция/предприятие) да инвестира в система, която допринася за опазването на околната среда, а също и неговите лични очаквания от реализацията на проекта.

При един по-задълбочен анализ, който не попада в обхвата на настоящия наръчник, би било добре да се анализират и съпътстващите рискове, които могат да възникнат в процеса на реализация на такива инвестиционни проекти. Такива рискове произтичат от използването на некачествено оборудване (фотоволтаични панели с ниско КПД), цената на електрическата енергия (която е в непрекъснат растеж), неправилната поддръжка на фотоволтаичната система, и т.н.

5.1. Анализ на приходите и разходите – паричен поток на проект за изграждане на фотоволтаична система

Основните видове разходи, с които е свързано изграждането и експлоатацията на една фотоволтаична система за производство на електроенергия се състоят от разходи за изграждане (инсталиране) на системата и разходи за последващо оперативно управление и поддръжка.

Инвестиционните проекти за строителство на фотоволтаични системи за производство на електрическа енергия, независимо дали става дума за фотоволтаични системи за собствено потребление, соларни инсталации, които се изграждат за покриване на енергийните нужди на производствено предприятие или централи за продажба на цялата електроенергия, се характеризират с високи първоначални инвестиции.

Едно от предимствата от реализацията на подобни проекти е, че в резултат на непрекъснатото развитие на технологиите, капиталовите разходи, свързани с изграждането на една фотоволтаична система, непрекъснато намаляват. Очаква се тази тенденция да продължи и за в бъдеще като се има предвид ограниченото количество на твърди горива. Това предполага, че електрическата енергия, произведена от фотоволтаични централи, постепенно ще се превърне в най-евтината и достъпна електроенергия.

На фигура 5.2 е представено движението на капиталовите разходи (изразени в щатски долари за инсталиран Ват) за три от основните технологии, които се използват при изграждане на фотоволтаични системи за периода от 1995 - 2020 година.



Фигура 5.2: Движение на капиталовите разходи, свързани с изграждането на фотоволтаични системи

Първоначалната инвестиция, необходима за изграждане/инсталиране на фотоволтаичната система, включва разходи, свързани с:

- закупуване на модули и инвертори;
- закупуване на метална конструкция и консумативи;
- проектиране, съгласуване и присъединяване на системата;
- разходи за монтаж и др.
- разходи за закупуване или наем на терен;
- разходи за изготвянето на документи, свързани с получаване на разрешително за изграждане и присъединяване на ФС към енергийната мрежа

Специфичните разходи на проекта намаляват при изграждането на фотоволтаични централи с по-висока мощност. Основният компонент на всяка фотоволтаична централа са фотоволтаичните модули (панели). Тяхната цена зависи основно от технологията на производство на слънчевите клетки, които влизат в състава на модула. При закупуване на оборудване освен цената, е необходимо да се вземат предвид следните важни характеристики, които определят качеството на фотоволтаичния панел:

- КПД на фотоволтаичния панел;
- годишно процентно намаляване на коефициента на полезно действие на фотоволтаичния панел;
- период на експлоатация на фотоволтаичния панел;
- гаранционен срок на производителя;
- достъпност на сервизното обслужване

Фотоволтаичните системи изискват относително ниски разходи за поддръжка по време на експлоатационния си период. Тези разходи включват поддръжка на фотоволтаичната система, допълнителни разходи за ремонт, почистване на панелите, застраховка и други. В зависимост от вида на компонентите на фотоволтаичната централа и начина на изграждане/инсталиране, годишните оперативни разходи варират между 20 и 50 евро за киловат инсталирана мощност.

Преките ползи, които се реализират от изграждането на една фотоволтаична система, произтичат от количеството произведена електрическа енергия. Основната цел на подобни проекти е да задоволят цялостно или частично собствените нужди от електроенергия на частния или стопански потребител, а остатъкът (ако има такъв и е позволено) да се отдава в електрическата мрежа. По този начин ще се намалят разходите за закупуване на електроенергия, а акумулираният излишък ще бъде продаден или заменен с електрическа енергия, която може да се използва за задоволяване на собствените енергийни нужди на потребителите в периодите, когато произведената енергия от фотоволтаичната система е недостатъчна.

5.1.1. Оценка на годишното производство на електрическа енергия от малки фотоволтаични системи за производство на енергия за собствени нужди

Един от основните въпроси, който интересува всеки потенциален инвеститор във фотоволтаични системи за производство на електроенергия за собствена консумация, е свързан с очакваното годишно производство на електроенергия и неговото разпределение по месеци. Производството на електроенергия от фотоволтаични системи може да се определи сравнително точно на база на географското положение на ФС. Неточностите по отношение на годишното производство на електроенергия в рамките на една календарна година са незначителни. По-големи отклонения биха могли да се очакват през различните сезони, което е разбираемо поради различните нива на слънчевата радиация (например през януари и юли).

На следващата таблица са представени данни за количеството годишна слънчева радиация на квадратен метър в Македония, България и водещите страни в използването на слънчевата енергия в Европа.

Таблица 5.1. Годишно количество на слънчева радиация в страни с потенциал за производството на енергия от ФС

Годишна глобална радиация (кВтч /кв.м)					
	Германия	Чехия	Испания	Македония	България
Минимална стойност	1.074	1.115	1.365	1.482	1.410
Средна стойност	1.147	1.169	1.812	1.623	1.517
Максимална стойност	1.445	1.267	2.028	1.722	1.600

Географското разположение на Македония и България е много благоприятно за използване на потенциала на слънчевата енергия. Този фактор е от голямо значение за повишаване на енергийната ефективност в двете държави, чрез насърчаване изграждането на фотоволтаични централи за производство на електрическа енергия, а също и комбинирани топлинни централи за производството на електричество и топла вода (т.н. солар термия). Една от спецификите на географското местоположение е свързана с разликата между количеството слънчева радиация в месеците юли и декември. Теоретично това означава, че количеството произведена енергия от фотоволтаичната система през месец юли ще бъде четири пъти по-голямо отколкото през декември. Този факт е изключително важен за фотоволтаичните централи, които произвеждат енергия за задоволяване на собствените нужди на малките и средни предприятия. Производството на електроенергия от системата ще бъде в пряка зависимост от климатичните условия през годината. За нуждите на точните изчисления е важно да се определи средният коефициент на отклонение на месечните стойности на слънчевата радиацията от годишните такива. За определянето на стандартното отклонение за дадена географска локация са необходими измервания на слънчевата радиация в продължение на няколко години

5.2. Начини за финансиране на проекти за изграждане на фотоволтаичните системи

Осигуряването на парични средства е основа за успешната реализация на всеки проект. Размерът на инвестицията за изграждане на една фотоволтаична система зависи основно от планираната мощност на системата. Въпреки това е важно да се спомене, че размерът на инвестицията намалява пропорционално за всеки киловат инсталирана мощност.

Така например, за реализацията на фотоволтаична система върху покрив на сграда е необходимо да се инвестират между 1200 и 1400 евро за киловат, докато при системи с по-голяма мощност (изградени на земя или върху покривни или фасадни конструкции на сгради, общинска или държавна собственост), размерът на инвестицията е около 1100 евро/кВт (данни за 2017 г.). Инвестиционните разходи за изграждането на фотоволтаични централи с различен капацитет зависят основно от цената на фотоволтаичните модули, с които ще бъде изградена системата. С увеличаване на мощността на фотоволтаичната инсталация, намалява количеството на необходимите инвертори, като по-голямата мощност на системата се компенсира с по-мощни инвертори. От друга страна, при изграждането на фотоволтаични инсталации с по-голяма инсталирана мощност се понижават специфичните разходи, свързани с проектиране, монтаж и т.н. За осигуряване на средства за изграждането на фотоволтаични системи за производство на електроенергия за собствена консумация, бихме могли да ползваме следните източници на финансиране:

- собствени средства;
- заети средства от банка или друга финансова институция;
- комбинирано финансиране;
- средства от субсидии, дарения, спонсори или други програми и механизми.

Използване на собствени средства. Този начин на финансиране е по-подходящ за реализацията на инвестиционни проекти с по-малък бюджет и може да се използва за финансиране на изграждането на фотоволтаични системи с по-ниска инсталирана мощност (до 50 кВт). В този случай очакваните доходи от инвестицията трябва да бъдат съпоставени с доходите от депозит на сумата на инвестираните пари в банка. От друга страна е важно да се спомене, че текущите лихвени проценти по спестовни влогове и депозити в България са прекалено ниски, което се явява допълнителен стимул пред потенциалните инвеститори в подобен вид битови фотоволтаични инсталации.

Заети средства от банка или друга финансова институция. Този начин на финансиране се използва, когато няма налични собствени средства и когато очакваме, че реализацията на проекта ще ни донесе приходи (в случая от произведената или спестената енергия), които ще ни позволят да обслужваме редовно кредита, но и да реализираме допълнителни доходи. Банковото кредитиране е за предпочитане и при инвестиции в изграждането на големи фотоволтаични инсталации (над 100 кВт), когато не са налични достатъчно собствени средства. Необходимо е производството на електроенергия да може да покрие месечните вноски по обслужване на кредита.

Комбинирано финансиране. При този тип финансиране, една част от инвестицията се финансира със собствени средства, а другата със заети. Този начин на финансиране е добра комбинация между първите два (не се взима висок заем и не се отделят прекалено много собствени средства). Подходящо е при инвестиции във фотоволтаични централи с мощност между 50 и 100 кВт.

Средства, които са получени от субсидии, дарения, спонсори или други насърчителни програми и механизми. Използването на финансиране от външни източници намалява финансовото участие на инвеститора в проекта. Постигнатите резултати след реализацията на проекта са свързани с намаляване на емисиите на вредни парникови газове и допринасят за опазването на околната среда. Например при изграждането на фотоволтаични централи би могло държавата да намали част от данъчната тежест за инвеститора или да субсидира определен процент от първоначалната инвестиция. Средствата могат да се осигурят и чрез проекти, финансирани от Европейския съюз, чиято цел е да се насърчи производството и използването на електроенергия от възобновяеми източници в общинските и държавни учреждения.

5.2.1. Характеристики на банковото кредитиране

При подготовката на финансов анализ на всяка инвестиция е необходимо да се вземат предвид някои основни специфики на банковото кредитиране, като например: размер на заема, лихвен процент, срок за погасяване, гратисен период, както и допълнителните разходи, свързани с отпускането и обслужването на заема.

Лихвеният процент се определя от банката или финансиращата институция. Лихвеният процент определя лихвата, т.е. таксата, която кредитополучателят предоставя на заемодателя за предоставената услуга - заемане на финансови средства. Обикновено лихвените проценти по краткосрочните и дългосрочните заеми варират. Лихвеният процент също е свързан с риска на инвестицията, в резултат на което рисковите проекти обикновено се финансират с по-висок лихвен процент, докато лихвите по краткосрочни заеми обикновено са по-ниски. Що се отнася до финансирането на проекти, свързани с изграждането на фотоволтаични системи за задоволяване на собствени нужди от електрическа енергия е необходимо създаването на т.н. "зелени" заеми, с които инвеститорите да бъдат стимулирани да развиват такъв тип проекти.

Срок за погасяване. Идеалният срок за погасяване на заем е този, който продължава толкова дълго, колкото е и продължителността на проекта, който се реализира с този заем. В практиката обаче това не винаги е изгодно. Поради тази причина е необходимо срокът да бъде определен за период, в който се очаква да бъде покрита главницата по заема. Когато заемът има по-кратък срок от реализацията на проекта, то проектът ще може да генерира по-голям приход, а инвестицията ще се изплати по-бързо. От друга страна, ако срокът за погасяване е по-дълъг от периода на изпълнение на инвестицията, има вероятност в процеса на реализацията на проекта да възникне нужда от допълнително финансиране, което ще натовари допълнително инвеститора, който все още изплаща първоначалния заем. Срокът за погасяване зависи и от вида на проекта и способността му да генерира приходи и печалба, която може да обслужва редовно дължимите вноски по заема. Обикновено срокът за погасяване е по-дълъг при отпускането на повече средства. При използването на банков заем за изграждане на малка фотоволтаична система за производство на електроенергия (около 5 000 евро), срока за погасяване би било добре да бъде между 3 и 5 години. За финансирането на по-големи обекти с по-висока мощност е добре заемът да бъде със срок за погасяване между 10 и 15 години.

Гратисен период е времето, в което ползвателят все още не е започнал да изплаща заема. Много често търговските банки предоставят тази възможност при заемането на по-голяма сума и по-дългосрочен кредит. Гратисен период за краткосрочни заеми не се предоставя.

Съществуват два вида гратисен период. Първият се използва по-често и се отнася само за главницата на кредита. По време на гратисния период се изплаща само дължимата лихва. Това означава, че след изтичане на гратисния период, сумата на главницата е същата, каквато при взимането на заема.

Вторият вид гратисен период се отнася за лихвения процент. В този случай лихвата не се изплаща, а се прибавя към главницата и по този начин общата сума, която трябва да бъде изплатена, непрекъснато се увеличава по време на гратисния период.

Също така, при договаряне на кредитиране за инвестиционни проекти за изграждане на фотоволтаични системи е необходимо да се вземат предвид и административните разходи, свързани с получаването и администрирането на заема, а също и дължимите неустойки и такси при предсрочно погасяване на кредита. Обикновено в договора за заем са посочени всички допълнителни такси и удържки, които банката има право да начислява на кредитополучателя (инвеститора).

Таблица 5.2. Месечни вноски за изплащане на заем за изграждане на фотоволтаична система за производство на електроенергия за нуждите на административна / обществена сграда

Сума на кредита:		100 000,00 евро		ФС на покрив на административна сграда			
Вид на вноската:		месечна					
Период на погасяване (в години)	Лихвен процент (%)						
	0,5	1	2	3	4	5	6
3	2799,24	2820,81	2864,26	2908,12	2952,40	2997,09	3042,19
4	2104,67	2126,15	2169,51	2213,43	2257,91	2302,93	2348,50
5	1687,93	1709,37	1752,78	1796,87	1841,65	1887,12	1933,28
6	1410,12	1431,55	1475,04	1519,37	1564,52	1610,49	1657,29
7	1211,68	1233,12	1276,74	1321,33	1366,88	1413,39	1460,86
8	1062,86	1084,32	1128,09	1172,96	1218,93	1265,99	1314,14
9	947,11	968,60	1012,53	1057,69	1104,10	1151,73	1200,57
10	854,51	876,04	920,13	965,61	1012,45	1060,66	1110,21
11	778,76	800,32	844,59	890,38	937,67	986,45	1036,70
12	715,63	737,23	781,68	827,79	875,53	924,89	975,85
13	662,22	683,86	728,50	774,92	823,12	873,06	924,72
14	616,44	638,12	682,95	729,70	778,35	828,87	881,24
15	576,76	598,49	643,51	690,58	739,69	790,79	843,86

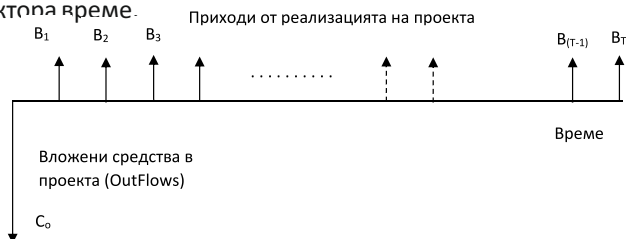
В Табл.5.2 са показани месечните вноски за изплащане на кредит от 100 000 евро за реализация на фотоволтаична система на покрива на общинска сграда. Според информацията в таблицата, месечната вноска зависи от лихвения процент (%) и периода за погасяване на кредита. Както е видно от таблицата, месечната вноска зависи от лихвения процент и срока за погасяване на кредита. Ако сумата на заема се различава от 100 000 евро, то сумата на месечната вноска трябва да се умножи по сумата на кредита и да се раздели на 100 000. Така например, ако за реализацията на проекта се вземе заем от банка в размер на 250 000 евро, с лихвен процент от 5% и време за погасяване 12 години, от таблицата намираме съответната стойност по търсените критерии (в случая 924,80 евро). За да получим сумата на месечната вноска по кредит в размер на 250 000 евро, използваме следната формула: $924,80 * 250\,000 = 231200000 / 100\,000 = 2312,00$). Получената сума от 2312,00 евро представлява месечната вноска по кредита.

5.3. Стойност на парите във времето и паричен поток (Cash Flow)

Оценката на икономическата рентабилност на проект, свързан с производството на електроенергия от възобновяеми енергийни източници е сложна процедура, която трябва да отговори на въпроса доколко очакваните приходи от проекта могат да оправдаят вложените средства и дали избраният метод на инвестиция е най-удачен за постигане на поставените цели. Процесът на извършване на финансова оценка на инвестицията във фотоволтаични системи, чиято основна цел е производството на "чиста" електроенергия, може да се раздели на следните стъпки:

- Оценка на паричните потоци (cash flow);
- Установяване на критерии за оценка и изчисляване на показателите за рентабилността на инвестицията;
- Анализ на резултатите, сравняване с установените критерии и решение за приемане или отхвърляне на инвестиционния проект.

Оценката на икономическата ефективност на всеки инвестиционен проект е свързана със сравняване на парични потоци, които възникват в различни моменти от времето. Базата, върху която се извършват такива сравнения, се предопределя от идеята, че едно и също количество пари имат различна стойност във времето. Концепцията за променливата стойност на парите във времето произтича от няколко основни факта. Първият е, че инфлацията влияе на всяко общество като намалява бъдещата стойност на парите в сравнение с тяхната текуща стойност. Вторият факт произтича от спецификата на днешната пазарна среда, изпълнена с несигурност, в която желанието за бърза печалба и сигурни доходи е преобладаващо. Ето защо, обещанието за спечелване на 10 000 евро за 5 дни е много по-ценно от обещанието, че същата сума може да се спечели след 5 години. Третата причина за въвеждане на времево измерение на стойността на парите е възможността за последващата им инвестиция. Стойността на 10 000 евро днес е по-висока от тази на 10 000 евро след 5 години. Изчакването на цяла година за получаването на очаквани средства е всъщност загуба (разход), поради пропуснатите възможности, които са равни на очаквания приход от пропуснатата инвестиция. Тъй като стойността на парите има времево измерение, в процеса на изготвяне на икономически анализ на проекта е практически невъзможно да се направи точно изчисление на рентабилността на дадена инвестиция единствено чрез оценката на всички бъдещи парични потоци (приходи и разходи). За тази цел се използва методът на дисконтиране, който оценява стойността на парите, при отчитане на фактора време.



Фигура 5.3: Пример за анализ на паричните потоци на проект за фотоволтаична система

Паричният поток (Cash Flow) представлява разликата между всички бъдещи парични притоци, едновременно идващи (Cash In Flows) и излизащи (Cash Out Flows), изразена в номинална стойност за срока на реализация на даден инвестиционен проект. За визуализация на паричните потоци се използва хоризонтална ос, която представлява периода на изпълнение на проекта. Разходната част на оста се отбелязва със стрелка, насочена надолу, а стрелките, насочени нагоре, показват очакваните приходи от реализацията на проекта във времето. На фиг. 5.3 е показана графика на паричните потоци при реализацията на проекта за изграждането на фотоволтаична централа за собствени нужди, където първоначалната инвестиция е отбелязана в първата година (C_0), докато в рамките на оставащия период на експлоатация на проекта са предвидени основно входящи парични потоци, в резултат на произведената енергия от системата.

5.4. Методи за оценка на икономическата ефективност на проекти за производство на енергия от възобновяеми източници

Методите, които се използват за анализ на икономическата ефективност на проекти за производство на електрическа енергия от възобновяеми енергийни източници са сложни процеси, които обединяват технически и икономически познания. Ръководителите на подобни проекти трябва да притежават задълбочени познания за методите на икономически анализ, тъй като тяхното правилно прилагане е важно за получаването на обективна оценка на рентабилността на инвестицията, както и за подбора и приоритизирането на инвестиционните проекти. Необходимо е също така ръководителите на проекти да разграничават инвестиционните критерии от методите за изчисляване на икономическа ефективност на инвестиционен проект.

Инвестиционните критерии касаят постигането на определен ефект (увеличаване на печалба, минимизиране на разходите, увеличение на общото производство и др.). От друга страна, методите за оценка на икономическата ефективност на инвестицията ни позволяват на база на вече утвърдена методика и показатели да направим избор между няколко инвестиционни проекта, в зависимост от тяхната рентабилност и други показатели.

В следващите абзаци на настоящия наръчник ще бъдат обяснени някои от основните методи за оценка на икономическата ефективност на инвестиционни проекти и тяхната приложимост в процеса на оценка на икономическата ефективност на проекти за изграждането на фотоволтаични системи за производство на електрическа енергия.

В процеса на оценка и вземане на решения е важно да се елиминира времевото измерение на стойността на средствата. Затова методите, които се използват в процеса на оценка на икономическата ефективност, анализират и планират приходите и разходите в рамките на периода на изпълнение на проекта, като използват еднакво референтно време.

Настоящата стойност на паричните средства представлява приведената стойност на очаквани бъдещи парични средства или парични потоци към настоящия момент. Процесът на привеждане на очакваните парични потоци към настоящата цена се нарича дисконтиране. Дисконтирането (дисконтовата ставка, дисконтиращ фактор, discount rate, коефициент на капитализация, capitalisation rate) е коефициент, който се използва за определяне на сегашната стойност на бъдещи парични потоци. Нетната настояща стойност на средствата се изчислява по следната формула:

$$PV = \frac{FV_n}{(1+k)^n} = \frac{FV_n}{(1+s_a)^n}$$

PV е настоящата стойност на паричния поток;
 FV_n е стойността на паричния поток в година n ;
 k - лихвен процент за преобразуване на бъдещи парични потоци в текущи;
 s_a - дисконтова ставка (discount rate).

В процеса на финансов и икономически анализ се използва и лихвен процент, който е с няколко процента по-висок от средния лихвен процент на банките. Дисконтовата ставка се използва за пресмятане на настоящата стойност на бъдещи парични потоци. При дисконтирането на парични потоци на по-рискови проекти или на проекти с валута, се използва по-висока дисконтова ставка, с оглед отчитането на по-високия риск за инвестицията. По-долу са разгледани някои от основните икономическите методи, чрез които би могло да се извърши оценка на икономическата ефективност на проект за изграждане на фотоволтаична централа за осигуряване на енергийните нужди на едно домакинство, както следва:

- метод за изчисляване на необходимото време за откупуване на инвестицията;
- метод на нетната настояща стойност;
- метод за изчисляване на ефективността и разходите с помощта на индекс за рентабилност

5.4.1. Метод за изчисляване на периода за откупуване на инвестицията

Методът за изчисляване на срока на откупуване на инвестицията (от англ. Pay Back Period - PBP) изчислява периода от време, който е необходим за възвръщане на стойността на първоначално инвестираните средства. По този метод се изчислява най-кратко време (T), за което сумарният нетен паричен поток, изчислен към сегашния момент, ще покрие първоначалните инвестиции. При оценката на проекти за изграждането на фотоволтаични системи за собствено производство, в които основната инвестиция се извършва в рамките на първата година от реализацията на проекта, времето за откупуване на инвестицията е времето, за което е изпълнено следното условие:

$$NPV = -I_0 + \sum_{i=1}^T \frac{B_{ni}}{(1+s_a)^i} > 0$$

Важно е да се отбележи, че времето (периодът) за откупване на инвестицията не трябва да съвпада непременно с икономическия срок на експлоатация на инвестиционния проект, който обикновено е по-дълъг. Инвестиции с по-кратки срокове за откупване на инвестицията се считат за нискорискови. Степента на риск нараства пропорционално със срока за откупване на инвестираните средства.

Този метод е сравнително лесен за употреба и изключително популярен в инженерните среди, като се използва успешно при сравняване и приоритизиране на инвестиционни проекти. Дава се приоритет на тези проекти, чийто срок за откупване на инвестицията е по-кратък. Методът е доста популярен и сред инвеститорите, които обикновено са най-заинтересовани от периода на възвръщане на вложените средства. По метода може да се добие сравнително точна представа за рентабилността на инвестицията в малка фотоволтаична централа. Въпреки това, за извършването на точен анализ при по-сложни и по-скъпи проекти се използват методите за изчисление на нетна настояща стойност, индекс на рентабилност, вътрешна норма на възвращаемост и т.н.

5.4.2. Метод на нетната настояща стойност

Нетната настояща стойност (Net Present Value - NPV) представлява разликата между настоящата стойност на входящите парични потоци (Cash InFlows-CIF) или нетните икономии / приходи (B) и настоящата стойност на изходящи парични потоци (Cash OutFlows-COF) и разходи (C). Ако предположим, че продължителността на проекта е $T=n$ години, а годишните финансови потоци на паричните средства се получават в края на всяка година, формулата, според която може да бъде изчислена нетната настояща стойност (NPV) на един инвестиционен проект, е следната:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1 + s_a)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + s_a)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1 + s_a)^i}$$

където:

B_i - нетни икономии или ползи от реализацията на проекта, които възникват в година i ;

C_i - разходи, които възникват в година i ;

s_a - дисконтова ставка (discount rate).

Методът на нетната настояща стойност е приложим за всеки тип проект. Този метод е теоретично издържан и позволява сравняване на входящи и изходящи парични потоци за даден период от време. Предимство на метода е, че обхваща целия икономически срок на експлоатация. В заключение, нетната настояща стойност (NPV) е сумата, която изразява колко стойност ще донесе реализацията на един проект в бъдеще. Така, този метод може да бъде полезен на инвеститорите в проекти за изграждане на фотоволтаични системи за производство на електроенергия, като им помогне да оценят очакваните печалби през целия икономически срок на проекта и да решат дали този приход е оправдан за реализация на инвестицията.

Таблица 5.4. Критерии за оценка на инвестиционен проект по метода на нетната настояща стойност

Показател	Прогноза	Заклучение
$NPV > 0$	Инвестицията ще повиши приходите на инвеститора ;	Проектът може да бъде реализиран;
$NPV < 0$	Инвестицията ще намали приходите на инвеститора ;	Проектът трябва да бъде отхвърлен;
$NPV = 0$	Инвестицията няма нито да повиши, нито да понижи приходите на инвеститора .	Решение не може да бъде взето и е необходимо да се направят допълнителни анализи.

От финансова гледна точка инвестицията се приема за рентабилна, когато изчислената нетна настояща стойност е положителна. Ако NPV е отрицателна, инвестицията се приема за нерентабилна (Таблица 5.4). Когато става въпрос за реализирането на фотоволтаични системи за собствени нужди, инвестициите не са високи и анализите показват, че е възможно очакването на положителни финансови резултати и при по-дълъг период на експлоатация. Основните недостатъци на метода за изчисление на нетната настояща стойност са описани по-долу:

1. Субективността на оценката на стойността на дисконтовата ставка. Прекалено висока или прекалено ниска ставка би могла да промени цялостната оценка на рентабилността на инвестицията.
2. Методът не отразява достатъчно добре влиянието на експлоатационния период на проекта.
3. Методът е ненадежден при определянето на рентабилност на инвестиционни проекти с различен размер на инвестицията. Например, проект А има бюджет 100 млн. евро и общ приход от реализация на инвестицията в размер на 102 млн. евро. Проект Б разполага с бюджет от 10 млн. евро и очакван приход от 12 млн. евро. И двата проекта имат относително еднаква нетна настояща стойност.

5.4.3. Индекс за рентабилност или коефициент “Приходи - Разходи”

Друг показател, използван за оценка на финансовата ефективност на инвестиционни проекти, е т.н. **коефициент “Приходи-Разходи” (BenefitCostRatio - BCR)**. Този коефициент често се обозначава и като индекс на рентабилността (Profitability Index - PI). Посредством използването на този метод се елиминира посочената по-горе слаба страна на метода на нетна настояща стойност, който не отразява точно рентабилността на инвестиционни проекти с различен размер на инвестицията. Ако приложим този метод при гореописаните инвестиционни проекти ще открием, че индексът на рентабилност на проект А е 1.02, докато индексът на рентабилност на проект Б е 1.2. Това показва, че проект Б е по-подходящ за реализация в сравнение с проект А, който носи по-голям риск въпреки същата печалба, но с 10 пъти по-голяма първоначална инвестиция. Индексът на рентабилност представлява отношението на настоящата стойност на всички нетни печалби (входящи парични потоци) и настоящата стойност на всички осъвременени инвестиционни разходи (изходящи парични потоци). Той се изчислява по формулата:

$$PI = \frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1+s_a)^i}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+s_a)^i}}$$

В случай че цялата инвестиция се реализира в рамките на първата година, което важи при проекти за изграждане на фотоволтаични системи за производство на електроенергия в домакинствата, индексът на рентабилност се изчислява като коефициент между настоящия (дисконтиран) паричен поток и настоящата стойност на първоначалната инвестиция.

$$PI = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{B_{nj}}{(1+s_a)^j}}{I_0}$$

B_{nj} - нетна печалба за година j след приспадане на всички разходи, включително и данъци;
 I_0 - първоначална инвестиция;
 s_a - дисконтова ставка.

Инвестицията е приемлива, ако индексът на рентабилност е по-голям от 1,0. Ако той е по-малък от 1,0, инвестицията е нерентабилна. В случай че индексът на рентабилност на проекта е равен на единица, проектът е на границата на допустимост. Критериите за рентабилност на инвестицията са посочени в Таблица 5.5. При сравнение на два проекта по метода коефициент “Приходи-Разходи” (Benefit Cost Ratio - BCR) за икономически по-изгоден се приема проекта, който има по-висок индекс на рентабилност.

ТАБЕЛА 5.5. Критерии за рентабилност на проект по метода коефициент “Приходи-Разходи”

Показател	Прогноза	Заклучение
$PI > 1$	Инвестицията ще повиши приходите на инвеститора ;	Проектът може да бъде реализиран;
$PI < 1$	Инвестицията ще намали приходите на инвеститора ;	Проектът трябва да бъде отхвърлен;
$PI = 1$	Инвестицията няма нито да повиши, нито да понижи приходите на инвеститора .	Решение не може да бъде взето и е необходимо да се направят; допълнителни анализи.

5.4.4. Изчисляване на вътрешна норма на възвращаемост

Методът за определяне на вътрешната норма на възвращаемост (Internal rate of return IRR) е един от най-използваните методи за оценка на инвестиционни проекти. Вътрешната норма на възвращаемост е онзи дисконтов %, който удовлетворява изискването, сумата на дисконтирания чист паричен поток за икономическия живот на актива, минус стойността на инвестицията да е 0.

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{B_i}{(1 + IRR)^i} - \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1 + IRR)^i} = \sum_{i=0}^n \frac{B_i - C_i}{(1 + IRR)^i} = 0$$

Рентабилността на инвестицията според коефициента на вътрешната норма на възвращаемост зависи основно от разходите в компанията. Ако изчисленото IRR надвиши очакваната стойност на възвращаемост на инвестицията, тогава инвестицията е приемлива. Ако обаче процентът на възвращаемост е по-малък от стойността на инвестицията, проектът се счита за нерентабилен.

Връзката между IRR, цената на кредита и дисконтовата норма е следната: ако проектът се финансира с банков кредит, то всяко превишаване на IRR над лихвата на кредита прави проекта печеливш, а при обратното положение - губещ. IRR трябва да е равен или по-висок от лихвата по банковия кредит.

При изчисляването на вътрешната норма на възвращаемост се използва методът на пробите и грешките за намиране на дисконтовия процент, при който разликата между сумата на нетен паричен поток и стойността на инвестицията да е нула. Намирането на IRR налага да се правят много опити, за да се определят две достатъчно близки стойности. Друг предпочитан вариант за определяне на IRR е използването на различни софтуерни продукти (например CashSeek, Solver и др.).

При сравнение на два проекта по метода вътрешна норма на възвращаемост (IRR), за икономически по-изгоден се приема проектът, който има по-висока норма на възвращаемост.

5.4.5. Анализ на проект за изграждане на фотоволтаична система за собствено производство на електроенергия

Изграждането на фотоволтаична електроцентрала е сложен технически проект, чиято основна цел е производството на екологично чиста енергия от възобновяем енергиен източник. Реализацията на проекта е пряко свързана с определени технически и икономически условия, като първоначалната инвестиция за изпълнението на проекта може да бъде разделена на следните условни части:

- осигуряване на средства за закупуване на подходящ терен за изграждане на инсталацията;
- разработване на документация и набавяне на разрешителни за отпочване на строителството;
- проектиране на системата;
- доставка на оборудване;
- доставка и изграждане на носещата конструкция на системата;
- изграждане на системата.

Допълнително по време на икономическия период на експлоатация на съоръжението, трябва да се предвидят:

- разходи за поддръжка на системата;
- разходи за подsigуряване на носещата конструкция на системата.

Икономическата полза от подобен вид инвестиции се очаква да се увеличи за в бъдеще, а с това и интересът към изграждането на фотоволтаични системи за производство на електроенергия за собствена консумация. Тези очаквания са породени от:

- Намаляване на специфичната цена на киловат инсталирана мощност за изграждането на фотоволтаични системи за производство на електричество.
- Повишаване цената на електроенергията за стопански потребители.
- Предоставяне на субсидии и безвъзмездни средства от различни финансови източници, включително Европейски фондове.
- Необходимостта от осигуряване на по-голямо собствено производство на енергия от ВИ.