



Interreg - IPA CBC
CCI 2014TC16I5CB006



ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЈА ОД ПОКРИВНИ ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ



Инвестициски водич од А до Ш за домаќинства и приватни корисници



ПРОМОВИРАЊЕ НА ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО НА ЕНЕРГИЈА
ОД ОБНОВЛИВИ ИЗВОРИ НА ЕНЕРГИЈА

Оваа публикација е имплементирана со поддршка на Европската унија преку Програмата за прекугранична соработка ИНТЕРЕГ-ИПА Бугарија - Македонија 2014-2020. Содржината на оваа публикација е единствено одговорност на Фондацијата за локален развој и развој на информатички технологии – Гевгелија и во никој случај не може да се смета дека ги одразува ставовите на Европската Комисија или Управниот орган на Програмата.

Име на документ

Инвестициски водич од А до Ш за
домаќинства и приватни корисници

**Документот е изработен
во рамките на проектот**

Промовирање на децентрализирано
производство на енергија од обновливи
извори на енергија, со Реф. бр.
СВ006.1.11.023 (EnerGAIN)

Финансиран од

ИНТЕРРЕГ - ИПА Прекугранична програма
Бугарија – Македонија 2014-2020

Имплементатор на проектот

ФЛОРИТ Гевгелија – Лидер на проектот
СПЕЕ-БГ- Проектен партнер

Проектен тим

Ристо Атанасовски, Проектен Менаџер,
ФЛОРИТ Гевгелија
Петранка Чалков, Технички и финансиски
координатор, ФЛОРИТ Гевгелија
Румјана Попова, Проектен асистент,
СПЕЕ-БГ
Маријана Атанасова, Технички и
финансиски координатор, СПЕЕ-БГ

**Организација одговорна за
подготовка на водичот**

Центар за климатски промени – Гевгелија

Автори на водичот

Проф. Д-р. Димитар Димитров, Факултет
за електротехника и информациски
технологии Скопје
Проф. Д-р. Атанас Илиев, Факултет за
електротехника и информациски
технологии Скопје

ДЕЦЕНТРАЛИЗИРАНО ПРОИЗВОДСТВО СО ФОТОВОЛТАИЧНИ СИСТЕМИ

Инвестициски водич од А до Ш за домаќинства и приватни корисници

ПРЕДГОВОР

Фотоволтаичните системи важат за најбрзо растечка технологија за производство на електрична енергија. Цената на фотоволтаичните модули во последниве 10-тина години е намалена за повеќе од 10 пати, а цената на останатите компоненти за повеќе од 3 пати. Со тоа производната цена на електричната енергија од овие системи е веќе конкурентна на цената на електричната енергија што им се нуди на домаќинствата. Ваквиот драматичен пад на цените главно се должи на омасовувањето на производството што е резултат на повластените тарифи.

Но тоа не е доволно... Во домаќинствата, главно електричната енергија ја користиме во вечерните часови, а производството на електрична енергија од фотоволтаичните системи е дневните часови. Тоа значи дека овие системи не можат да се користат за покривање на сопствените потреби со електрична енергија. За да се усогласат производството и потрошувачката се потребни уреди за акумулирање на вишокот енергија. Тие уреди уште долго ќе имаат висока цена. Па, поради тоа улогата на енергетски бафер треба да ја има електроенергетската мрежа, која вишокот енергија ќе ја пренесува до потрошувачите, кои во тие моменти имаат потреба од електрична енергија.

Евидентно е дека постои голем интерес и ентузијазам за инвестирање во фотоволтаичните системи. Но, постојат и бариери за нивна поширока примена. Секако дел се објективни технички ограничувања, како што се ограничениот капацитет на електро дистрибутивната мрежа и на електроенергетскиот систем во целина. Сепак, многу од бариерите се од субјективен карактер како што се: инертноста на бирократијата, непознавањето на новите текови во технологијата, опортунизмот кон промените, итн. Поради тоа, регулативата многу споро се менува во корист на примената на децентрализираните производствени единици, а со тоа и на фотоволтаичните системи.

Овозможувањето на размената на електричната енергија е добивка за сите. Домаќинствата - инвеститори во фотоволтаични системи добиваат исплатлива инвестиција, снабдувачите со електрична енергија - заработка поради разликите на преземената и продадената енергија во скапа и евтина тарифа, државата – ги постигнува зададените таргети за инсталирани капацитети со обновливи извори на енергија без финансиски оптоварувања, граѓаните – нови вработувања итн.

Овој водич има повеќе цели. Главна е, на што е можно поедноставен начин, запознавање со граѓаните технологијата на фотоволтаичните системи, давање на идеи за можни потенцијални места за инсталирање, пресметка на нивната исплатливост. Од особено значење е примената на искуствата од Р. Бугарија и Р. Македонија за подобрување на регулативата, како и користењето на добрите практики од двете земји.

Овој водич е изработен во рамките на проектот Промовирање на децентрализирано производство на енергија од обновливи извори на енергија, со Реф. бр. СВ006.1.11.023, Проект кој што се реализира и е кофинансиран од Европската Унија преку Интеррег - ИПА програмата за прекугранична соработка Бугарија – Македонија 2014-2020. Целта на проектот е подобрување на свеста и градење на капацитети и знаење за децентрализирано производство на електрична енергија од обновливи извори на енергија и воведување на иновативни решенија за енергетска ефикасност на сите нивоа (домаќинства, јавен и деловен сектор).

Проектот го имплементираат: Фондација за локален развој и развој на информатички технологии – Гевгелија (ФЛОРИТ) – Гевгелија и Сојуз на производители на еколошка енергија – БГ од Благоевград (СПЕЕ-БГ), Република Бугарија.

Подготовката на водичот е направена од страна на Центар за климатски промени – Гевгелија и авторите Проф. Др. Димитар Димитров и Проф. Д-р Атанас Илиев. Центар за климатски промени-Гевгелија е здружение на граѓани чија главна цел е заштита и унапредување на животната средина и намалување и ублажување на климатските промени во Македонија и регионот.

Инфо за автор – Димитар Димитров

д-р Димитар Димитров, во моментот е вонреден професор на Факултетот за електротехника и информациски технологии, во состав на Универзитетот Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р. Македонија. Магистрирал и докторирал на теми од областа на фотоволтаичните системи. На факултетот предава предмети од областа на обновливите извори на енергија и когенеративните постројки. Активно учествувал во поголем број апликативни и истражувачки проекти од овие области.

Инфо за автор – Атанас Илиев

д-р Атанас Илиев е редовен професор на Факултетот за електротехника и информациски технологии, во состав на Универзитетот Св. Кирил и Методиј во Скопје, Р. Македонија. Магистрирал и докторирал на теми од областа на електроенергетиката. Предава предмети од областа на производството на електрична енергија, разводните постројки, инженерската економика и др. Активно учествувал во голем број апликативни и истражувачки проекти од овие области.

Ставовите изразени во овој водич се единствена одговорност на Фондација за локален развој и развој на информатички технологии – Гевгелија и во никој случај не може да се смета дека ги одразува ставовите на Европската Комисија или на Управниот Орган на Програмата.

Содржина

1. Вовед	6
1.1. Обновливи извори на енергија	6
1.2. Децентрализирано производство на електрична енергија	9
1.3. Искуства од примената на децентрализирано производство	11
1.3.1. Постројка за децентрализирано производство на електрична енергија и топлина во METPO маркет во Дизелдорф, CP Германија	11
1.3.2. Постројка во адаптирана воденица во Wegberg, CP Германија	11
1.3.3. Горивна ќелија во семејна зграда во Bottrop	11
1.3.4. Стирлинг машина за производство на електрична енергија и топлина во семејна куќа	12
1.3.5. Замена на котел на јаглен со когенеративна постројка во семејна куќа	12
1.3.6. Замена на котел на нафта со когенеративна постројка во семејна куќа	12
1.4 Енергија на сончевото зрачење	13
2. Фотоволтаични системи и компоненти	14
2.1. Локација и ориентација на фотоволтаичните панели	15
2.2. Фотоволтаичен генератор	16
2.2.1. Типови соларни ќелии	16
2.2.2. Карактеристики на фотоволтаични ќелии, модули и генератори	17
2.3. Инвертори како компоненти на фотоволтаичните системи	20
2.4. Останати компоненти на фотоволтаичните системи	21
2.5. Конфигурации на фотоволтаични системи	22
2.5.1. Поврзување на фотоволтаичните генератори и инверторите	22
2.5.2. Димензионирање на компонентите на фотоволтаичните системи	24
2.5.3. Поставување на фотоволтаичните модули на покрив	25
2.6. Акумулирање на енергија	26
2.7. Хибридни фотоволтаични системи	27
2.8. Примери за фотоволтаични системи во домаќинствата	29
2.8.1. ФВ систем на покрив од куќа во New Jersey	29
2.8.2. ФВ систем на покрив од барака во Велика Британија	29
2.8.3. ФВ систем на покрив од гаража во Германија	29
2.8.4. ФВ систем на покрив од куќа во Р. Бугарија	30
2.8.5. ФВ систем на покрив од куќа во Р. Бугарија	30
3. Прописи и административни процедури	30
3.1. Преглед на закони и прописи	30
3.2. Мрежни правила и децентрализирано производство	30
3.3. Постапка за добивање на одобрение за градење и лиценца за производство на електрична енергија	31
3.3.1. Постапка во Р. Македонија	31
3.3.2. Постапка во Р. Бугарија	33

Содржина

4. Финансирање	35
4.1. Механизми за поддршка на за инвестирање во фотоволтаични системи	35
4.1.1. Повластени тарифи	35
4.1.2. Сопствена потрошувачка и размена на електрична енергија	36
5. Техноекономска анализа	38
5.1. Анализа на структурата на трошоци и добивки, Cash Flow на проектот за градба на домашен фотоволтаичен систем	39
5.1.1. Проценка на годишното производство на електрична енергија од домашен фотоволтаичен систем	41
5.2. Начини на финансирање на проектите на фотоволтаичните системи	42
5.2.1. Карактеристики на кредитите	43
5.3. Временска димензија на парите и паричен тек (Cash Flow) на проектот	44
5.4. Методи за економска анализа на проекти од обновливи извори на енергија	45
5.4.1. Метод - Време за враќање на вложените средства	46
5.4.2. Метод на нето сегашна вредност	47
5.4.3. Пресметка на индексот на профитабилност – Benefit/Cost метод	48
5.4.4. Анализа на случај – градба на домашен фотоволтаичен систем	48

1. Вовед

1.1. Обновливи извори на енергија

Нашиот живот без електрична енергија е незамислив. Таа може да се произведе со класични електрични централа (термоелектрични, нуклеарни, гасно турбински итн.), но и од системи што користат обновливи извори на енергија (сончева енергија, енергија на ветрот, хидроенергија, енергија добиена од биомаса, геотермална енергија и др.).

Обновливите извори на енергија се извори што се обновуваат или се извори што не можат да се потрошат. Примената на обновливите извори за производство на електрична енергија е во постојан пораст. Според податоците Меѓународната агенција за енергетика (IEA – International Energy Agency), во 2012 година, во светот, од обновливи извори на енергија (вклучувајќи ги и големите хидроелектрични централи) се произведени 13 % од вкупно потрошената електрична енергија. Овој процент до 2020 година се очекува да достигне 26 %. Некои прогнози укажуваат дека до 2040 година уделот на обновливите извори на енергија во однос на 2012 година – тројно ќе се зголеми.

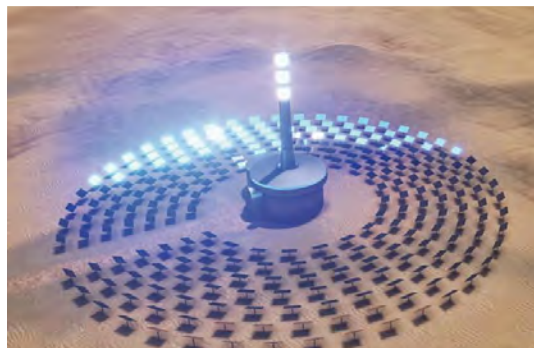
Овие факти можеби на сите ни се јасни, но суштински е да знаеме колку енергија може да произведат овие извори, дали добиената енергија може да се искористи веднаш и дали е исплатлива нивната примена.



Слика 1.1: Обновливи извори на енергија

Покрај улогата во заштитата на животната средина, голема придобивка од користењето на обновливите извори на енергија, е примената на домашните ресурси и намалувањето на потребата од увоз, што истовремено значи и зголемување на бројот на работни места. Од друга страна искористувањето на обновливите извори на енергија е попатено со високи инвестиции и обично производната цена на добиената енергија е повисока отколку од другите извори. Поради тоа, многу се вложува во подобрување на технологиите и ефикасноста, зголемување на обемот на нивното користење, со цел намалување на инвестициите и постигнување конкурентност со останатите (класични) извори на електрична енергија.

Сончевата енергија е резултат на термичките реакции што се случуваат во Сонцето. Од една страна јасно е дека овој извор на енергија еден ден ќе го потроши своето гориво, но од друга страна тоа ќе се случи по неколку милијарди години, што од сегашен аспект е многу долго време, па сончевата енергија се смета за неисцрпна. Сончевата енергија најчесто е применувана за добивање на топлина (топла вода, пареа и сл.) и електрична енергија. Конверзијата на сончевата енергија во електрична се врши со примена на фотоволтаични системи, како и со сончеви термални постројки со концентратори.



Слика 1.2: Системи за искористување на сончевата енергија

Кај **хидроелектричните центри** се користи енергијата на движењето на водата. Обично хидроелектричните центри се протечни – се поставуваат покрај водотеци (реки, водопади и сл.) или акумулациони покрај вештачко езеро. Покрај со класичните хидроелектрични центри, можно е да се примени енергијата на водата од океаните и морињата, преку користење на енергијата на брановите и движењето на водата при процесите прилив-одлив.



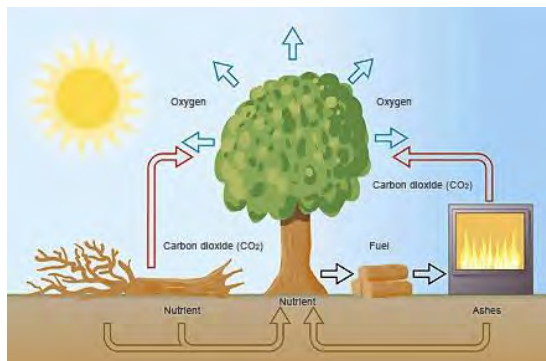
Слика 1.3: Хидроелектрични центри

Енергијата на движењето на воздушните маси – **ветрот** може да се искористи за добивање на електрична енергија со примена на ветрогенератори. Тие може да бидат поставени на копно или вон копна – на некоја водена површина (океан или море).



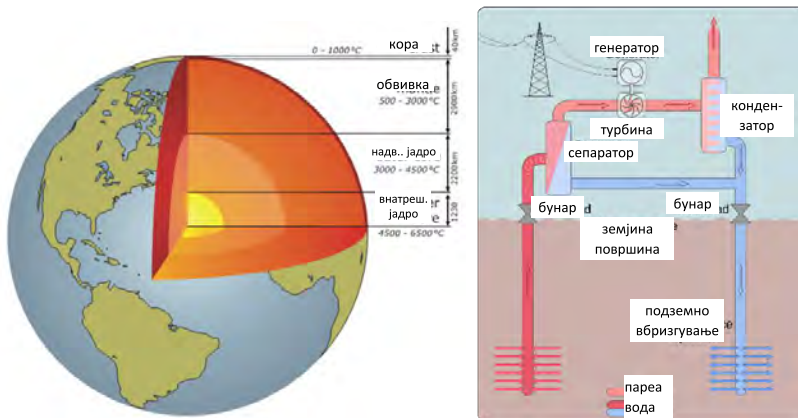
Слика 1.4: Ветерни електрични центри

Биомасата е извор на енергија што е содржана во биолошки разградливи органски материи од растително или животинско потекло (отпадоци од шумарство и земјоделство, наменски одгледувани дрвни и недрвни растенија, отпад од фарми, комунален и индустриски отпад и сл.). Постојат повеќе начини на преработка на биомасата, при што се добиваат цврсти, течни или гасовити горива. Тие потоа се согоруваат во мотори со внатрешно согорување, кои задвижуваат генератори за производство на електрична енергија. Иако во процесот на искористување на биомаса се врши согорување на гориво, што е пропратено со емисија на гасови што негативно влијаат врз околината, биомасата (на пр. кај растенијата) претходно апсорбирала повеќе јаглерод диоксид. Поради тоа се смета дека вкупното влијание врз околината е позитивно. Биомасата се смета за обновлив извор на енергија само ако постои баланс меѓу потрошувачката и засадувањето.



Слика 1.5: Искористување на биомасата

Геотермалната енергија е топлинска енергија од внатрешноста на земјината топка. Оваа топлина, во вид на пареа или топла вода, на некои места избива на самата површина на земјата (геотермални извори, вулкански окна, гејзери и сл.). Со примена на парно-турбински постројки, оваа топлина се претвора во електрична енергија.

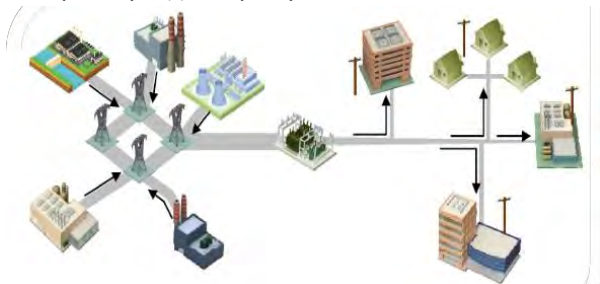


Слика 1.6: Геотермална енергија и постројки за нејзино искористување

Освен геотермалната енергија, акумулираната енергија во уранот и делумно енергијата што се добива при плима-осека, сите други видови енергија во природата, потекнуваат од сончевата енергија.

1.2. Децентрализирано производство на електрична енергија

Во сегашните електроенергетски системи електричната енергија главно се произведува во големи електрични центри, како што се термоелектричните, нуклеарните, хидроелектричните, централите на природен гас и сл. Преку преносната и дистрибутивната мрежа, електричната енергија се пренесува до потрошувачите.



Слика 1.7: Централизирано производство на електрична енергија

Со управувањето со електричните мрежи е достигнато висока доверливост при преносот и дистрибуцијата на електричната енергија, со релативно прифатлива цена. Сепак, потребата од зголемена енергетска ефикасност, непрекинато при снабдувањето со електрична енергија и намалувањето на штетните влијанија врз околината, како и дерегулацијата на пазарот во овој сектор, доведува до промена на споменатиот концепт на електроенергетскиот систем со големи електрични центри и големи потрошувачки центри. Така, во електроенергетскиот систем се повеќе се среќаваат мали производствени единици, што се поставени во близина на потрошувачите, т.е. започнат е процес на децентрализација на производството на електрична енергија.

Децентрализираното производство од повеќе аспекти се разликува од традиционалниот централизиран концепт на електроенергетскиот систем. Притоа, на системот се поврзани голем број производни единици со пониска моќност, кои се веднаш до потрошувачите на електрична енергија. Тие често едновременно произведуваат и топлина, што локалните потрошувачи ја користат за загревање, а дури и за ладење на објекти. Системите што користат обновливи извори на енергија се совпаѓаат со ваквиот концепт. Тие обично имаат помала моќност и најчесто се приклучуваат на дистрибутивната мрежа на среден или низок напон. Во ваков случај, електричната енергија се произведува до самите потрошувачи, со што се намалуваат загубите при преносот и трансформацијата на електричната енергија. Ваквиот начин на производство се нарекува децентрализирано, дисперзирано или дистрибутивно производство. Во некои случаи, децентрализираните единици, покрај производни може да опфаќаат и постројки за акумулирање на енергија и да ја прилагодуваат својата моќност според моменталните барања на системот. Со тоа крајните корисници, покрај улогата на производители активно учествуваат при балансирањето на мрежата.



Слика 1.8: Децентрализирано производство на електрична енергија

Примената на децентрализираното производство има голем број предности. Најочигледната е резултат поставување на децентрализираните производствени единици во близина до потрошувачите. Притоа количеството енергија што се пренесува низ мрежата се намалува што резултира со двојна добивка. Едната е што може значително да се намалат загубите при преносот на електричната енергија. Но, исто така, во случај на зголемување на бројот на потрошувачи, поради послабата оптовареност, може да се избегне потребата од дополнителни инвестиции во „тесните грла“ од мрежата. На следната табела се дадени постројките што се применуваат како децентрализирани постројки.

ТАБЕЛА 1.1 Карактеристики на технологиите за производство на електрична енергија

		ФОСИЛНИ ИЛИ ОБНОВЛИВИ							ОБНОВЛИВИ					
		Парно-турб. постројки со мала моќност	Гасни турбини	Микро-турбини	Мотори со внатрешно согорување	Стирлинг машини	Горивни ќелии - со висока температура	Горивни ќелии - со ниска температура	ФВ системи	Мали ХЕЦ	Ветрогенератори на копно	Ветрогенератори на море	Геотермални	Соларни термални
ОСНОВИ	Типна гориво / извор на енергија	гас, јаглен, дрвен јаглен биомаса	гас	гас	дизел, нафта, биогориво, гас	гас, соларна енергија	гас, водород	гас, водород	соларна енергија	енергија на вода	ветерна енергија	ветерна енергија	топлина од Земјата	соларна енергија
	Моќност [MW]	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 технологија	Комерцијално достапна	Комерц. достапна	Во развој / комерц. достапна	Комерцијално достапна	во развој / демо / комерц.	Во развој / комерц. достапна	Во развој / комерц. достапна	Во развој / комерц. достапна	Комерц. достапна	Комерц. достапна	Во развој / комерц. достапна	Во развој / демо / комерц.	Во развој / демо / комерц.
	Трошоци	€	€	€€	€	€€/€€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€€	€€	€€€
	Влијание врз околината	☹☹☹	☹☹☹	☹☹	☹☹☹☹	☹☹	☹☹☹☹☹	☹☹☹☹☹	☹☹☹	☹☹☹	☹☹☹	☹☹☹	☹☹☹	☹☹☹
	Прифатливост од јавноста	•	••	••	•	••/•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	••	•••
		Висок	Висок	Мал, во пораст	Висок	Мал	Мал	Мал, во пораст	Мал, во брз пораст	Среден	Среден	Мал, во брз пораст	Мал	Мал
ПРИМЕНА	Во индустрија	•••	•••	•	•••	•	•••	••	•	••	••	-	-	-
	Во комерцијални објекти	•	••	••	•••	•••	•	•••	••	•	•	-	-	-
	Во домаќинства	-	-	•••	••	••/•••	-	•••	•••	-	-	-	-	-
	Моќност за когенерација	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Не	Не	Не	Не	Да	Да
Трошоци	Инвестиција [€/kW]	550-1250	500-1100	1000-2000	350-1000	1500-8000	3500-10000	2000-8000	4000-8000	1400-5000	800-2000	1200-3000	800-4000	1500-2000
	Инсталирање [€/kW]	100-200	65-150	50-200	60-120	40-200	500-850	500-850	40-150	100-200	100-200	600-800	200-400	100-200
	Производна цена на ЕЕ [€/kWh]	3-7	3-5	8-15	4-7	9-15	15-35	10-25	20-40	6-14	6-10	8-15	NA	NA
	Работен век	20	20	20	20	15	10	10	20	60	20	20	20	20

1.3. Искуства од примената на децентрализирано производство

1.3.1. Постројка за децентрализирано производство на електрична енергија и топлина во METRO маркет во Дизелдорф, СР Германија

Една од мерките за енергетска ефикасност во METRO GROUP, намалувањето на трошоците и намалувањето на емисиите на CO₂, во еден од објектите на METRO во Дизелдорф, Германија е инсталирана постројка за децентрализирано комбинирано производство на електрична енергија и топлина. Во иднина се планира децентрализираната постројка да се усогласи производството со фотоволтаичниот систем што е поставен на објектот, за кој во моментот се добива повластена цена на електричната енергија.



ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Инвеститор: Metro Cash & Carry Deutschland GmbH
- Локација: Düsseldorf
- Тип на постројка: 2G Agenitor 306
- Моќност: 250 kW_e, 265 kW_{th}
- Пуштена во погон: 7/2013
- Гориво: природен гас
- Производство на ЕЕ: околу 1 GWh/год
- Производство на топлина: околу 1,16 GWh/год
- Намалување на емисии на CO₂: 280 t/год
- Инвестиција: 475,000 евра

1.3.2. Постројка во адаптирана воденица во Wegberg, СР Германија

Постројката е наменета за когенеративно производство на топлина и електрична енергија на реновиран објект – воденица, која е адаптирана и пренаменета во хотел со ресторан.



ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Инвеститор: GC Wärmedienste GmbH
- Доставувач на гориво: PRIMAGAS Energie GmbH & Co. KG
- Гориво: течен гас
- Локација: Wegberg
- Моќност на когенеративната постројка: 5.5 kW_e, 12.5 kW_{th}
- Моќност на кондензациониот котел: 60 kW_{th}
- Пуштена во погон: 2013
- Потрошувачка на ЕЕ: околу 100 000 kWh/год
- Намалување на емисии на CO₂: 30 t/год
- Инвестиција: 50,000 евра

1.3.3. Горивна ќелија во семејна зграда во Bottrop

Во семејна зграда во Bottrop веќе подолг период е инсталирана горивна ќелија која едновременно произведува електрична енергија (со континуирана моќност од 1,5 kW) и топлина (600 W). 79 % од електричната енергија директно се користи за сопствени потреби, а вишокот се предава на мрежата.



ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Тип на објект: семејна куќа
- Корисна површина: 400 m²
- Година на градба: 1987
- Старост на системот за греење: 11 год.
- Потрошувачка на нафта: approx. 4,500 l /год
- Тип на постројка: CFCL BlueGen inc. со дополнителен грејач
- Изработка: Smit GmbH
- Дата на инсталирање: 15.08.2014
- Производство на ЕЕ: 3 783 kWh
- Искористено за сопствени потреби: 79 %
- Намалување на емисии на CO₂: 1.2 t/год

1.3.4. Стирлинг машина за производство на електрична енергија и топлина во семејна куќа

Котел што како гориво користи природен гас е заменет со Стирлинг машина и интегриран кондензирачки котел за покривање на врвните оптоварувања и голем резервоар со вода наменет за греење и за санитарна топла вода.



ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Тип на објект: семејна куќа
- Корисна површина: 120 m²
- Година на градба: 1956
- Потрошувачка на енергија: околу 32 000 kWh природен гас годишно
- Постројка: Brötje EcoGen WGS 20.1
- Изведба: Uwe Pyschny GmbH
- Датум на инсталирање: 12.12.2013
- Производство на ЕЕ: 2 650 kWh
- Искористено за сопствени потреби: 62 %
- Намалување на емисии на CO₂: 1,9 t/год

1.3.5. Замена на котел на јаглен со когенеративна постројка во семејна куќа



ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Тип на објект: семејна куќа
- Корисна површина: 160 m²
- Година на градба: 1919
- Бр. на станари: 2 лица
- Потрошувачка на јаглен: 5-6 t/год
- Постројка: Viessmann Vitotwin 300 W
- Датум на инсталирање: 07.03.2014
- Производство на ЕЕ: 1 695 kWh
- Искористено за сопствени потреби: 34 %
- Намалување на емисии на CO₂: 2,1 t/год

1.3.6. Замена на котел на нафта со когенеративна постројка во семејна куќа

Семејна куќа изградена во 1981 год. со корисна површина од 133 m² за загревање на просторот користела котел на нафта. Котелот е заменет со когенеративна постројка со мотор со внатрешно согорување, што како гориво користи природен гас. Електричната моќност е 1 kW. Во системот се користат резервоар со вода што служи како топлински извор за намалување на врвната моќност, како и резервоар за топла вода и за континуирано греење на просторот. Годишно 34 % од произведената електрична енергија се користи за сопствени потреби во објектот, а останатиот дел од енергијата се предава на мрежата.

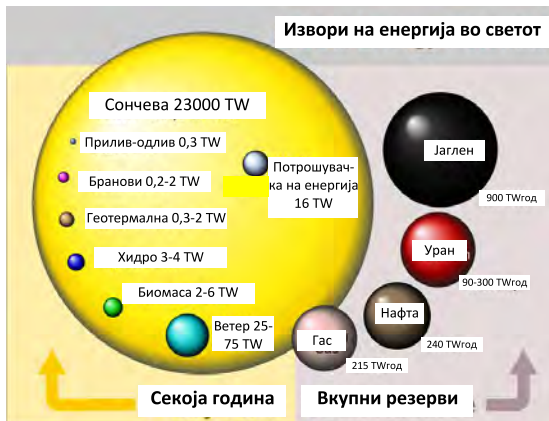


ПОДАТОЦИ ЗА ПРОЕКТОТ

- Тип на објект: семејна куќа
- Корисна површина: 133 m²
- Година на градба: 1981
- Старост на системот за греење: 25 год
- Потрошувачка на нафта: 3000 l/год
- Постројка: Vaillant EcoPower 1.0
- Изведба: Huxel GmbH
- Датум на инсталирање: 07.02.2014
- Производство на ЕЕ: 4 210 kWh
- Искористено за сопствени потреби: 34 %
- Намалување на емисии на CO₂: 2,5 t/год

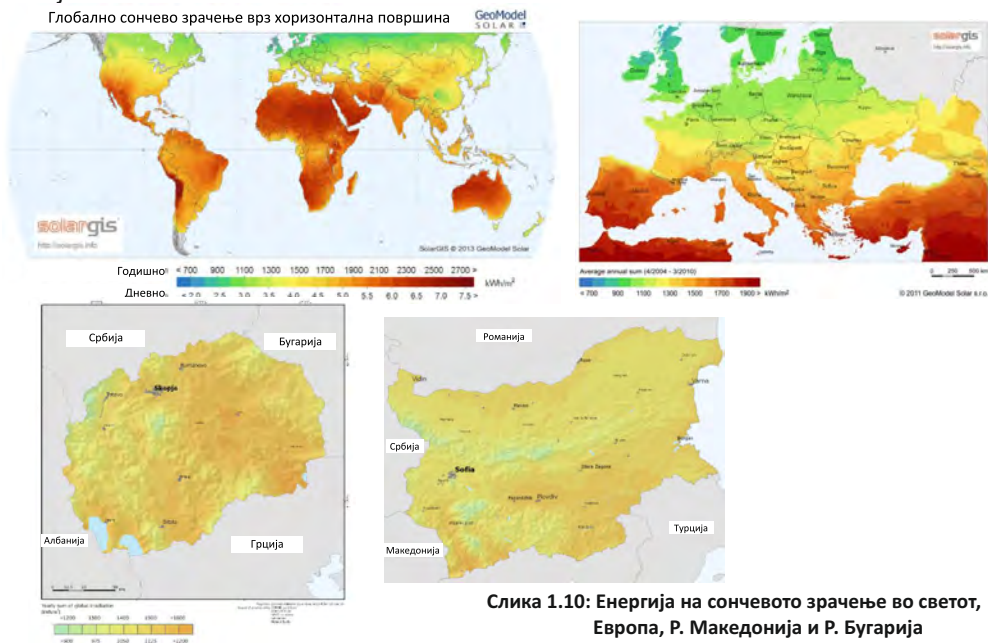
1.4 Енергија на сончевото зрачење

Енергијата на сончевото зрачење е најголемиот извор на енергија на земјата. Врз површината на Земјата упаѓа 10000 пати повеќе енергија отколку што се годишните енергетски потреби во светот. Освен геотермалната и нуклеарната, сите други видови енергија на Земјата потекнуваат од сончевата енергија. На сликата се дадени изворите на енергија во Земјата и нивните количества.



Слика 1.9: Количества на различни видови енергии во светот

Енергијата на сончевото зрачење на Земјината површина е најголема во областите околу екваторот, а најмало е на северниот и на јужниот пол. Покрај ова енергијата на сончевото зрачење зависи од надморската висина, микролокациските услови и др. Во Р. Македонија и во Р. Бугарија, зависно од географската ширина, должина, енергијата на глобалното сончевото зрачење што годишно упаѓа врз хоризонтална површина се движи од 1300 до 1550 kWh/m². Тоа е околу 30-тина проценти повеќе отколку сончевото зрачење во средноевропските земји, на пр. СР Германија.



Слика 1.10: Енергија на сончевото зрачење во светот, Европа, Р. Македонија и Р. Бугарија

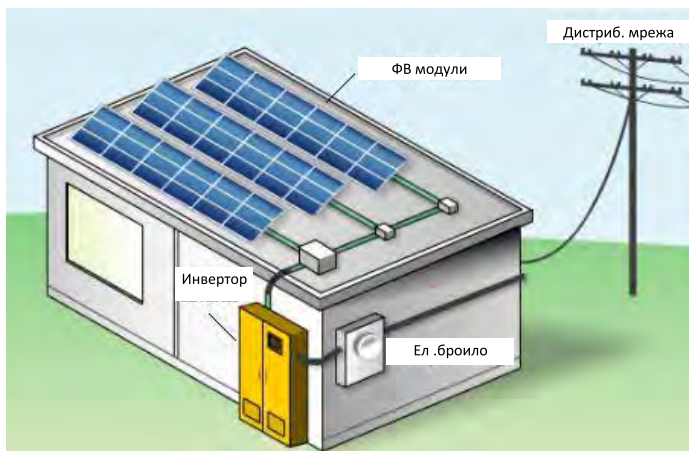
2. Фотоволтаични системи и компоненти

Фотоволтаичните (ФВ) системи се постројки што вршат директна конверзија на сончевото зрачење во електрична енергија и ја прилагодуваат за понатамошна примена. На следната табела се прикажани предностите и недостатоците на ФВ системите.

ПРЕДНОСТИ	НЕДОСТАТОЦИ
• Еколошки-прифатлив извор на електрична енергија • Намалени загуби за пренос и дистрибуција на електричната енергија • Достапна технологија • Ниски трошоци за одржување и др. • Долг експлоатациониен период • Можност за надградба на моќност • Намалена цена	• Варијабилност (дење-ноќе, зима-лето) • Неизвесност (променливи метеоролошки услови) • Не можно да се продаде произведената ЕЕ на либерализиран пазар по задоволувачка цена • Административни бариери

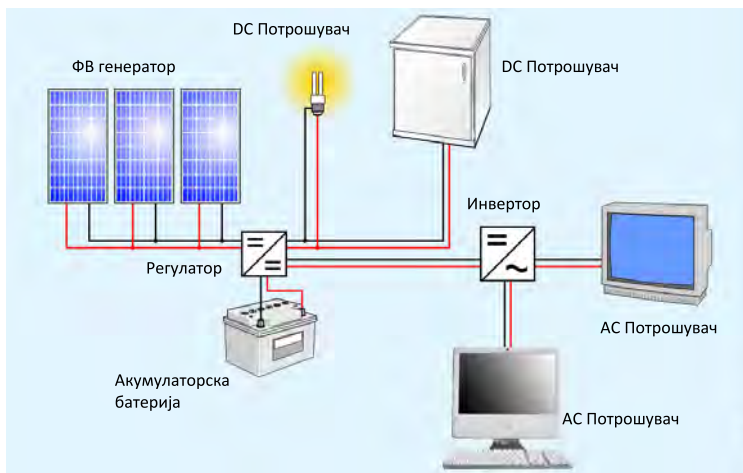
Се делат според типот на крајните корисници, при што разликуваме: системи врзани на мрежа и автономни системи. Како во светот, така и кај нас, најголем број инсталирани ФВ системи се врзани на електродистрибутивната мрежа.

Во случајот на ФВ системите врзани на мрежа, разликуваме големи фотоволтаични центри (со моќност од неколку десетици kW до повеќе стотини MW) кои се инсталираат во поле и помали ФВ системи (до 10-тина kW), што често се интегрираат во објекти.



Слика 2.1: Фотоволтаичен систем врзан на мрежа

Автономните ФВ системи се наменети за снабдување со електрична енергија на потрошувачи што се оддалечени од мрежата. Обично се со пониска моќност (до неколку десетици kW), а за да обезбеди континуирано снабдување со електрична енергија, во системот се користат и акумулаторски батерии. На сликата во продолжение е прикажан автономен систем со кој се снабдуваат потрошувачи на еднонасочна струја (DC потрошувачи) и на наизменична струја (AC потрошувачи). Главниот недостаток на овие системи е потребата од акумулаторска батерија која е со висока цена и со краток работен век.



Слика 2.2: Автономен фотоволтаичен систем

2.1. Локација и ориентација на фотоволтаичните панели

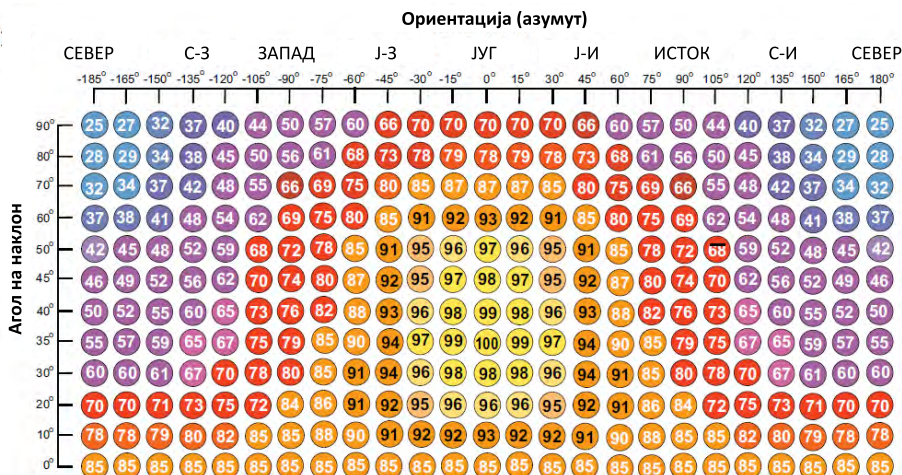
Производството на електрична енергија од ФВ системите зависи од потенцијалот на сончевото зрачење на локацијата каде се поставуваат. Со цел да се зголеми упадното сончево зрачење ФВ модулите се поставуваат по одреден агол наклон, кој за локациите во Р. Македонија и Р. Бугарија, во тек на една година, најдобро е да изнесува меѓу 30° и 35° , со ориентација кон југ (азимут еднаков на нула). Голем број од ФВ системите се поставуваат на објекти (на сидови и покриви), па ориентацијата (азимутот) и аголот на наклон го диктираат од самите објекти. Со тоа делумно се намалува сончевата енергија што упаѓа врз модулите. На сликата подолу е прикажано процентот на енергијата во однос на оптималната поставеност на модулите (југ - азимут нула и агол на наклон 35°). Азимутот има негативна вредност кон исток, а позитивна кон запад. На пр. ако модулите треба да се постават на вертикален сид со ориентација 45° кон запад, упадната енергија во тек на една година ќе биде 66 % од енергијата при оптимална поставеност.



Слика 2.3: ФВ панели поставени на покрив со различен наклон и ориентација



Слика 2.4: Азимут (ориентација) и агол на наклон

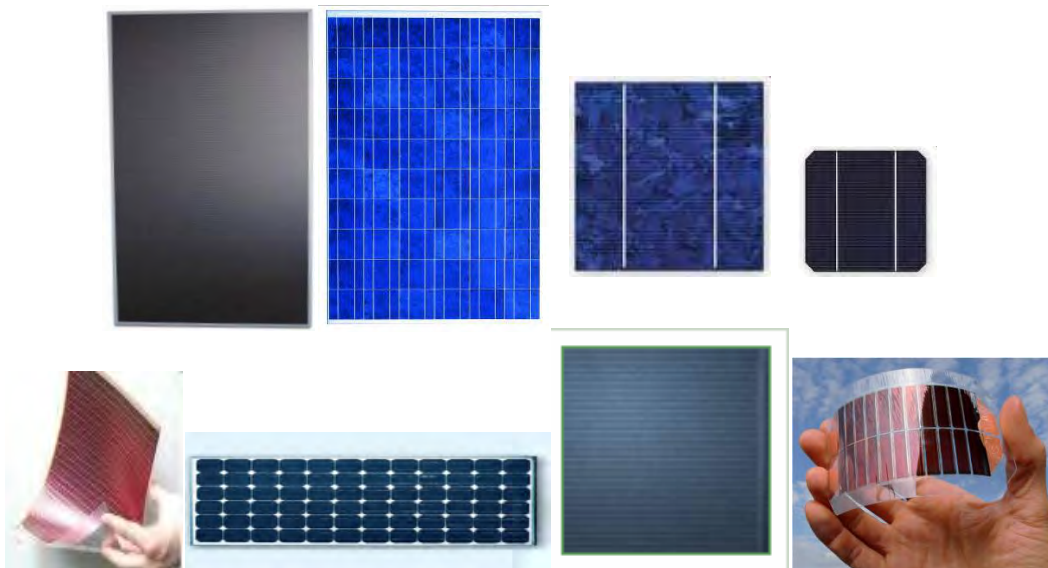


Слика 2.5: Процентуален дел на упадната енергија во однос на енергијата при оптимална поставеност (на годишно ниво)

2.2. Фотоволтаичен генератор

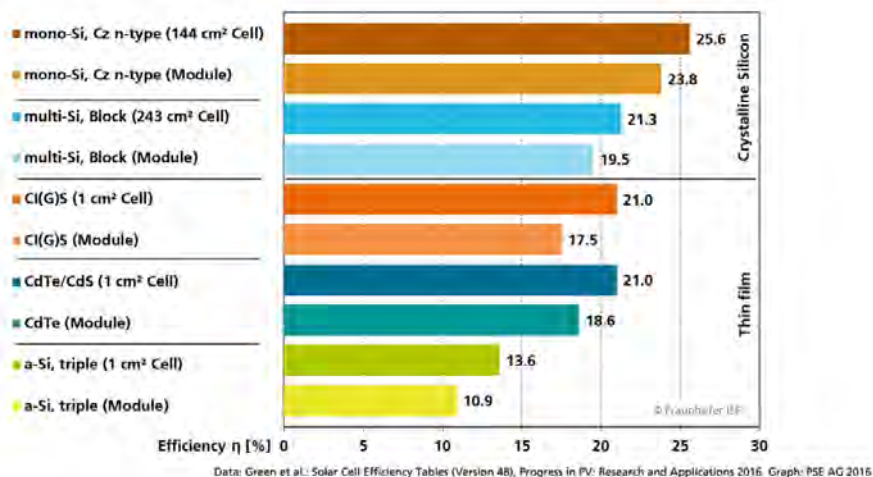
2.2.1. Типови соларни ќелии

Соларните ќелии се „срцето“ на ФВ системите. Тие директно го претворат сончевото зрачење во електрична енергија. Претворбата се одвива без вртливи делови, преку сложени квантно-динамички процеси. Ќелиите се изработуваат полупроводен материјал: моно-кристален и поликристален силициум, аморфен силициум, галиум арсенид, кадмиум телурид, бакар индиум диселенид итн. На пазарот, со преку 90 %, најзастапени се ФВ ќелиите од монокристален и поликристален силициум.



Слика 2.6: Изглед на ФВ модули со различна технологија на ќелии

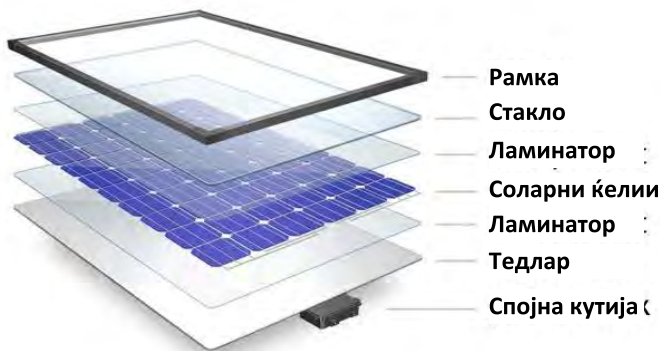
Ќелиите од монокристален силициум имаат најголема ефикасност, но и нивната цена е највисока. Ќелиите од поликристален силициум имаа нешто пониска ефикасност, пониска цена и покажуваат подобри перформанси при повисока температура во однос на монокристалните. Ќелиите од аморфен силициум (од тенкослоен филм) имаат најниска цена, но и пониска ефикасност. Имаат подобри перформанси при делумно засенување и облачно време во однос на другите, работниот век им е помал и нивните перформанси брзо се влошуваат. На сликата е прикажана достигнатата ефикасност на комерцијално достапни фотоволтаични ќелии.



Слика 2.7: Ефикасност на фотоволтаични ќелии и модули изработени со различни технологии и материјали

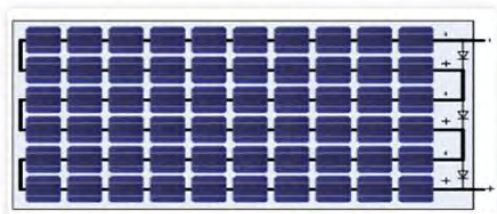
2.2.2. Карактеристики на фотоволтаични ќелии, модули и генератори

Електричната моќност на една фотоволтаична ќелија зависи од технологијата од која е направена, како и од нејзината површина, а изнесува 1 – 4 W. За да се добие поголема моќност се поврзуваат повеќе ќелии во серија. Ќелиите се тенки и се изработени од кршлив материјал. Поради тоа, за непречено користење тие се поставуваат на подлога од посебен материјал (тедлар), однапред се заштитуваат со стакло, а целата конструкција од страните се зацврстува со алуминиумски профил. На таков начин се формира фотоволтаичен модул.



Слика 2.8: Составни компоненти на фотоволтаичен модул

Најчесто сите ќелии од модулот електрично се спојуваат во серија. Паралелно со секои 15 – 20 ќелии се поставува диода, која го штити модулот од преголеми загревања, што се резултат на засенувања и дефекти во ќелиите. Електричната врска на ќелиите се води до спојна кутија што е поставена на задната страна на модулите. Од кутијата излегуваат две жици на чии краеви се поврзани конектори. Најчесто применувани конектори се од типот MC-4, а поретко Тусо и др.

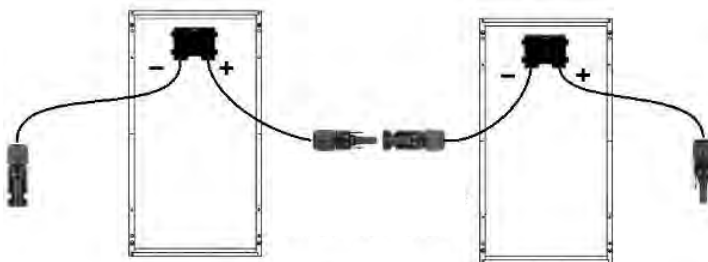


Слика 2.9: Поврзување на ќелиите во фотоволтаичен модул



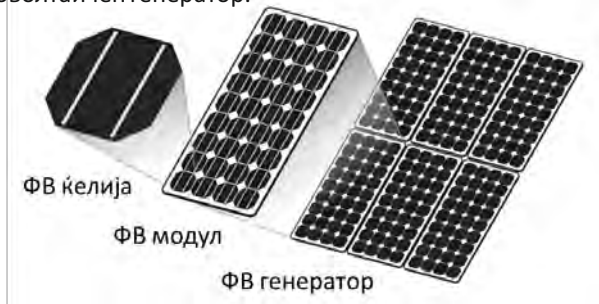
Слика 2.10: Изглед на задна страна на фотоволтаичен модул

Уште поголема моќност може да се добие со сериско врзување на фотоволтаичните модули, кое се остварува со соодветно приклучување на конекторите. На таков начин се добива низа од последователно врзани модули – т.н. *стринг*. Бројот на сериски врзани модули во еден стринг се определува со посебни пресметки, а зависи од минималната и максималната вредност на влезниот напон во инверторот, како и од карактеристиките на модулите.



Слика 2.11: Поврзување на фотоволтаични модули

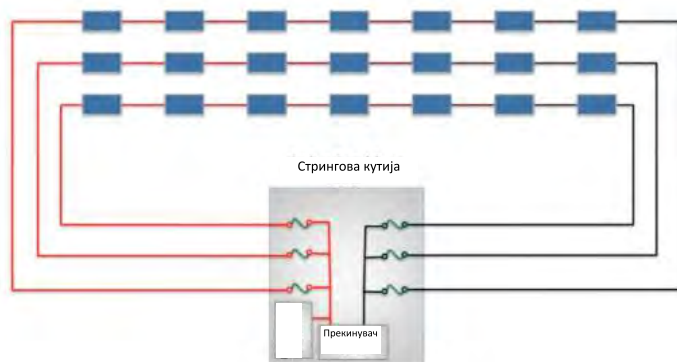
Стринговите може да се врзуваат паралелно, а тоа најчесто се изведува во т.н. стрингови кутии. Покрај врските, во стринговите кутии се поставуваат елементи за прекуструјна и пренапонска заштита, а во одредени случаи и склопка за прекинување на струјното коло. На таков начин се создава фотоволтаичен генератор.



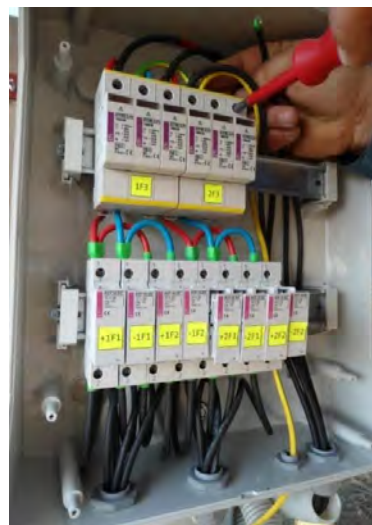
Слика 2.12: Називи на составните компоненти на фотоволтаичен генератор



Слика 2.13: Фотоволтаични панели



Слика 2.14: Поврзување на фотоволтаичен генератор

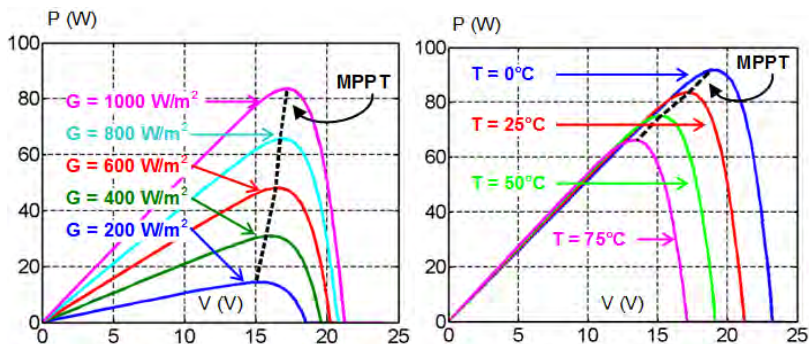


Слика 2.15: Стрингова кутија

Многу е важно во еден фотоволтаичен генератор сите модули да се од ист производител, од ист тип и да имаат исти карактеристики. Исто така, бројот на модули во еден стринг треба да биде ист. Во спротивно, генераторот нема да работи ефикасно, а дури постои можност за оштетување на модулите.

Излезот од фотоволтаичниот генератор зависи од интензитетот на сончевото зрачење што упаѓа врз површината на модулите и од температурата на ќелиите. Ако овие два параметра не се менуваат, моќноста на фотоволтаичниот генератор, зависно од тоа колкав е напонот, т.е. колкав е отпорот на потрошувачот врзан на неговите краеви, моќноста се менува од нула до некоја максимална вредност, при која генераторот работи најефикасно. Таа вредност се нарекува точка на максимална моќност. За подесување на генераторите да работат во таа точка, постојат уреди за барање на точката на максимална моќност (MPPT – Maximal Power Point Tracker), кои начесто се интегрираат во инверторите.

Со намалување на сончевото зрачење се намалува и максималната моќност што може да ја даде фотоволтаичниот генератор. Спротивно од тоа влијае температурата на ќелиите. Со намалување на температурата расте моќноста и спротивно. Притоа, за секој °C повисока температура на ќелиите, моќноста на фотоволтаичниот генератор опаѓа од 0,35 – 0,5 %. На сликата е прикажан модул чија моќност опаѓа од 92 W при 0 °C на 65 W при 75 °C. Соодветно, намалувањето на моќноста изнесува $(92 - 65) \times 100 / (92 \times 75) = 0,391 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$



Слика 2.16: Карактеристики на моќноста на фотоволтаичен модул при промена на сончевото зрачење и при промена на температурата на ќелиите

Со оглед на зависноста на моќноста на фотоволтаичниот генератор од интензитетот на сончевото зрачење и температурата на ќелиите, модулите се тестираат при точно определени услови, наречени *стандардни тест услови* (STC – Standard Test Conditions). Карактеристичните параметри што се добиваат при овие услови се среќаваат во каталозите за модулите, што се даваат од страна на производителите.

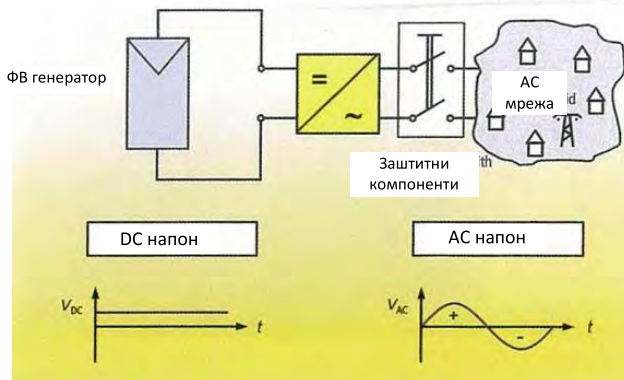
Температурата на ќелиите зависи од температурата на воздухот и од интензитетот на сончевото зрачење. За разлика од температурата на воздухот, температурата на ќелиите тешко може да се измери, па затоа треба да се пресмета. За да се овозможат пресметките, модулите се тестираат и при други услови, кои реално може да се очекуваат. Тие се наречени *нормални услови на работа*, при што се мери нивната температурата на ќелиите (NOCT – Normal Operation Cell Temperature). Обично NOCT изнесува од 45 – 50 °C.

Standard Test Conditions – STC (Стандардни тест услови)	
Сончево зрачење	1000 W/m ²
Температура на ќелиите	25 °C
Спектар на сончево зрачење	AM1.5

Normal operation cell temperature - NOCT Температура при нормални работни услови	
Сончево зрачење	800 W/m ²
Температура на воздухот	20 °C
Брзина на ветер	1 m/s

2.3. Инвертори како компоненти на фотоволтаичните системи

Фотоволтаичните генератори вршат конверзија на сончевото зрачење во електрична енергија. Генерираната енергија е со еднонасочни параметри (напон и струја). Електродистрибутивната мрежа и најголемиот број потрошувачи работат на наизменичен напон (230 V, 50 Hz). За претворање на еднонасочните напони и струи во наизменични (со соодветни вредности на напонот) се користат инвертори.



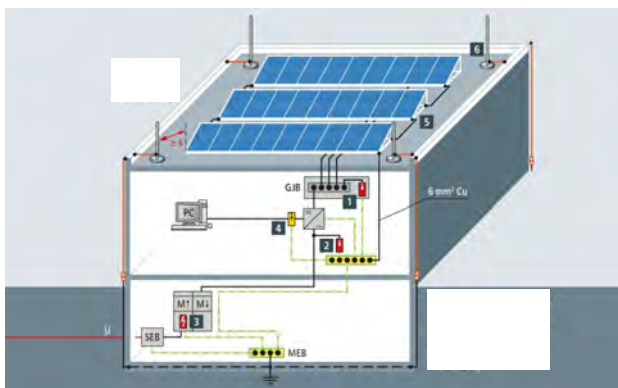
Слика 2.17: Намена на инвертор во фотоволтаичен систем

Современите инвертори покрај конверзијата на еднонасочните напони и струи во наизменични, интегрираат и многу други функции, како што се: прилагодување на работната точка на фотоволтаичниот генераторот за да работи во режим на максимална моќност (MPPT), контрола на реактивната енергија, заштита, мониторинг, итн.

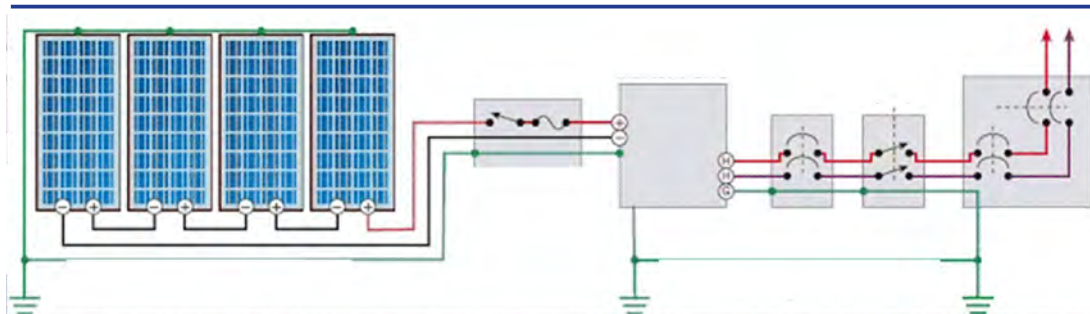
Кај автономните фотоволтаични системи инверторот има улога да ја одржува константна фреквенцијата и ефективната вредност на напонот на потрошувачите. За разлика од тоа, кај системите врзани на мрежа, инверторот се прилагодува кон фреквенцијата и напонот на мрежата. Инверторите можат да содржат трансформатор и во тој случај се врши галванско одвојување на мрежата од генераторот, што оневозможува пренапоните од мрежата да се пренесат кон генераторот, но нивната ефикасност е пониска. Безтрансформаторските инвертори имаат висока ефикасност (преку 98 %). При димензионирањето на фотоволтаичните системи важен е опсегот на напоните на еднонасочната страна на инверторот. Од него зависи бројот на фотоволтаични модули во еден стринг.

2.4. Останати компоненти на фотоволтаичните системи

За правилно функционирање на ФВ системите, покрај ФВ модулите и инверторите, во ФВ системот се среќаваат и други компоненти, како што се ожичувањето, компонентите за прекуструјна и пренапонска заштита, громобранската заштита, заземјувањето, уредите за мониторинг итн. Ожичувањето го сочинуваат електричните кабли што ги поврзуваат компонентите. Пресекот на каблите од ожичувањето се избира така што во ниту една точка загубата на напон да не е поголема од неколку проценти.



Слика 2.18: Громобранска заштита на фотоволтаичен систем поставен во објект



Слика 2.19: Шема со прекуструјна заштита на фотоволтаичен систем (осигурувачи)

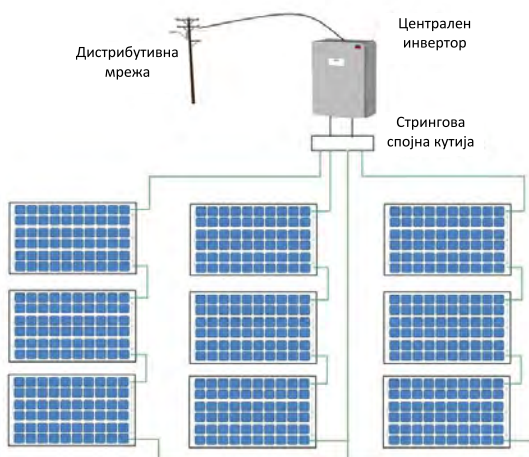
2.5. Конфигурации на фотоволтаични системи

2.5.1. Поврзување на фотоволтаичните генератори и инверторите

Во практиката се среќаваат неколку начини на поврзување (топологии, конфигурации) на ФВ генераторот со инверторот. Се разликуваат конфигурации со:

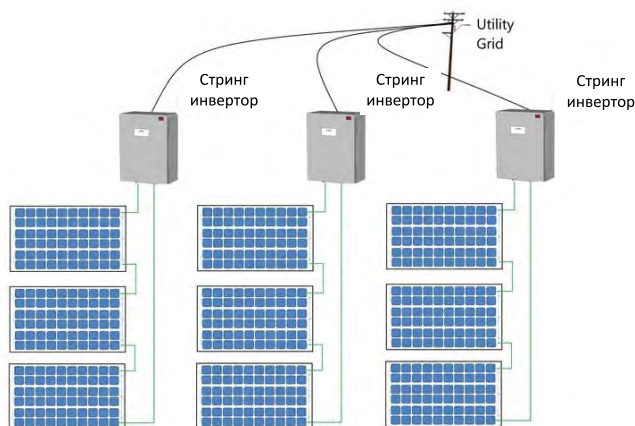
- централен инвертор (со моќност од неколку десетици киловати до 100 мегавати)
- стринг инвертори (со моќност од неколку стотини вати до неколку десетици киловати)
- мулти-стринг инвертори (со моќност од неколку стотини вати до неколку десетици киловати)
- микро-инвертори (со моќност од 50 W до 500 W)

Во конфигурацијата со централен инвертор системот се состои од еден инвертор, што значи дека неговата моќност може да биде многу голема. Оваа конфигурација е со најниска цена за иста моќност, едноставна е за проектирање и изведба. Недостаток е што целата централа е поврзана на еден уред за барање на максималната моќност (MPPT), поради што системот при делумно засенување има значително помала моќност. Имаат помала доверливост затоа што при дефект, целата централа е надвор од функција. Во помали земји тешко е да се обезбеди овластено сервисирање на инверторот во краток период.



Слика 2.20: Конфигурација на фотоволтаичен систем со централен инвертор

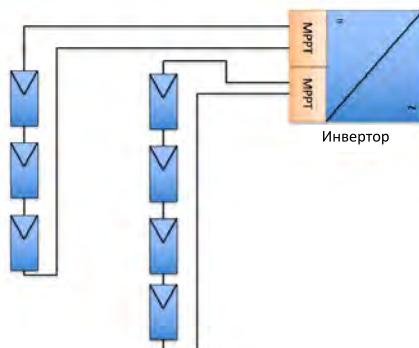
Во конфигурацијата со стринг инвертори, секој инвертор е поврзан со еден или повеќе паралелно врзани стрингови на еднонасочната страна од инверторите. Кај системите со поголема моќност, повеќе стринг инвертори се поврзуваат паралелно. Во случај на повеќе врзани стрингови, конфигурацијата е слична како случајот со централен инвертор, но моќноста во овој случај е многу пониска.



Слика 2.21: Конфигурација на фотоволтаичен систем со стринг инвертори

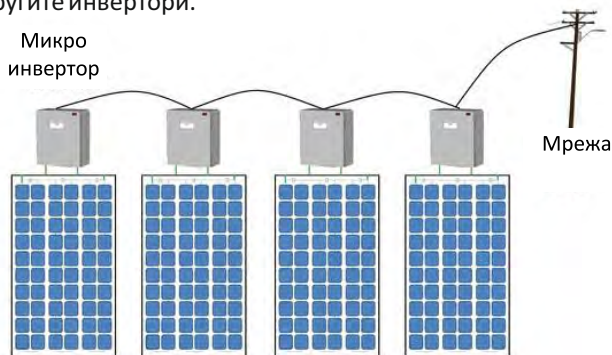
Предности на стринг инверторите се: помали димензии во однос на централните инвертори, посебни MPPT за помали делови од ФВ генераторот, можност да се врши мониторинг на секој стринг, поголема доверливост, можност за чување резервни инвертори. Недостаток е повисоката цена за иста моќност во однос на централните инвертори.

Посебен тип на стринг инвертори се т.н. мулти-стринг инвертори. Тие содржат (најчесто) два или три MPPT уреди. Во двата уреди може да се разликува бројот на стрингови, дури и бројот на модули по стринг. Вакви инвертори се користат во случај кога делови од ФВ генераторот се наоѓаат под различни услови, на пр. различно засенување, покривни површини со различна ориентација и наклон и сл.



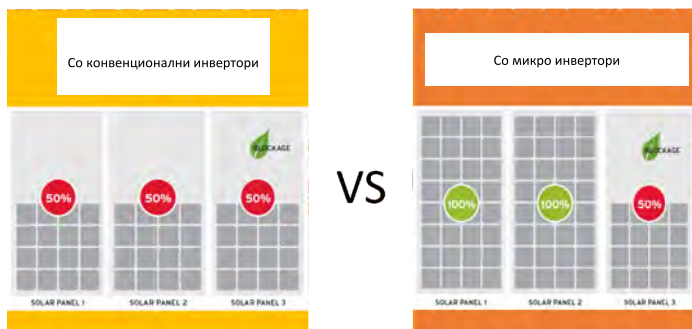
Слика 2.22: Примена на мулти-стринг инвертор кај ФВ генератор поставен на покрив од кука со две страни

Микро инверторите често се нарекуваат и модулни инвертори, бидејќи за секој ФВ модул има посебен инвертор. Микро инверторите на наизменичната страна се поврзуваат со другите инвертори.



Слика 2.23: Конфигурација на фотоволтаичен систем со микро инвертори

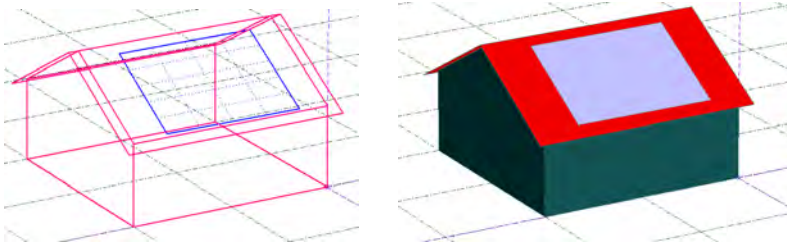
Предност на конфигурациите со микро-инвертори подобро однесување при делумно засенување на ФВ генераторот, бидејќи постоењето на MPPT уред за секој инвертор, го оптимизира излезот на секој ФВ модул посебно. Со систем за мониторинг може да се следи однесувањето на секој ФВ модул. Недостатоци се највисоката цена за иста моќност, високите трошоци за одржување, отежнат пристап за одржување кај ФВ генератори поставени на покрив.



Слика 2.24: Влијание на засенување кај конвенционален инвертор и кај микро инвертор

2.5.2. Димензионирање на компонентите на фотоволтаичните системи

Пред да се започне со планирање на ФВ систем е потребно да се знае локацијата на поставувањето на системот, неговата намена и финансиските средства што може да бидат потрошени за набавка и инсталација на опремата за ФВ системот. Исто така е потребно да се определат блиските и подалечните објекти што може да ги засенуваат ФВ модулите, големината, обликот, ориентацијата и наклонот на покривната (или другата) површина каде треба да се постават модулите, како и можностите за нивно прицврстување. Податоците за сончевото зрачење се неопходни за определување на енергијата што треба да се добие од ФВ системот за период од една година. Во денешно време, за димензионирање на ФВ системите се користат специјализирани софтверски алатки (PVSYST, PV*SOL, SAM, PV Designer). Овие алатки нудат можност за детално креирање на сцената (блиски и далечни објекти, висина на хоризонтот), точна локација, наклонетост и ориентација на модулите итн. Во себе интегрираат големи бази на податоци со компоненти, кои постојано се обновуваат, како и бази на податоци со сончево зрачење.



Слика 2.25: CAD дизајн на ФВ систем поставен на покрив од куќа
(симулација со софтверската алатка PVSYST)

ТАБЕЛА 2.1. Перформанси на ФВ систем врзан на мрежа со моќност од 5 kWp – енергетски биланс

	Глоб. хор.	Тамб	Глоб.Накл.	Глоб.еф	ФВген	ФВмрежа	КПДген	КПДсист
	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	%	%
Јан	58,6	-1,3	102,6	91,7	438,1	421,8	13,01	12,52
Фев	76,2	0,3	115,3	104	500,6	482,4	13,22	12,74
Мар	116,9	4,8	150,2	140,3	655,5	631,9	13,29	12,81
Апр	136,5	10,4	146,8	139,3	646	622,1	13,4	12,9
Мај	170,8	16,1	168,7	159,5	719,5	692,8	12,99	12,51
Јун	195,9	20,4	184,4	174,6	767,6	738,7	12,67	12,19
Јул	207,1	22,9	200,6	190,5	823,5	792,9	12,5	12,03
Авг	184,1	22,7	194,4	185,4	799,3	769,8	12,52	12,06
Сеп	137,4	18,1	168,3	159,3	698,5	673,5	12,63	12,18
Окт	89,9	11,9	126,5	116	528	508,6	12,71	12,24
Ное	57	5	93,7	83,6	391,7	376,7	12,73	12,24
Дек	46,5	-0,3	82,6	73,8	350	336,1	12,9	12,39
Год.	1476,9	10,98	1734,2	1617,9	7318,2	7047,6	12,85	12,37

Исто така производителите на инвертори нудат софтверски алатки за симулација, кои обично имаат ограничени можности, но може да се искористат за определување на бројот на ФВ модули во стринговите, како и бројот на паралелно врзани стрингови.

2.5.3. Поставување на фотоволтаичните модули на покрив

Начинот на поставување на ФВ модулите е од големо значење за инвестицијата, одржувањето и перформансите на ФВ системите. Во практиката, кај семејните куќи, ФВ модулите се поставуваат на земја или на коси покриви (види слика).



Слика 2.26: Поставување на ФВ модули на покрив и на земја



Слика 2.27: Поставување на ФВ модули на покрив со посебни држачи

При поставување на земја предности се: поедноставна монтажа, можност за редовно чистење на модулите, пониската температура на ќелиите поради подобрите услови за одведување на топлината, мултифункционалност (на пр. засенување на паркинг) итн. Главен недостаток е потребата од добивање на одобрение за градење, што е сложена и скапа постапка и повисоката цена. За поставување на ФВ модули врз коси покриви, постојат посебни држачи што се прицврстуваат врз покривната конструкција што претставува предност поради ниската цена на целата носечка конструкција. Тоа е најчесто одлучувачки фактор како да се постават модулите, при што кај семејните куќи ретко се користи дополнителна конструкција за прилагодување на аголот на наклон или ориентацијата на модулите. При поставување на модулите врз покрив потребна е само согласност за поставување на опрема од Општината, што е многу поедноставно да се добие. Недостатоци се потешката монтажа поради непристапноста на покривот, недостапноста за редовно чистење на модулите и послабото проветрување на задниот дел на модулите што доведува до повисока температура на ќелиите, а со тоа и до нешто послаби перформанси. Во продолжение се прикажани можните начини на поставување на модулите врз покривните површини, заедно соодветната инсталирана моќност, проценетото производство на електрична енергија и очекуваната цена.

16 ФВ модули (4 kWp)	2 x 8 модули	4 x 4 модули				P = 27,2 m ² E = 5600 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 m ² E = 7000 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 m ² E = 8400 kWh/год Цена: ~ 4800 €

Слика 2.28: Број на модули, потребна површина, моќност, годишно производство, цена и начин на поставување на ФВ модули на покрив (димензии на еден ФВ модул 1 m x 1,7 m со моќност од 250 Wp)

2.6. Акумулирање на енергија

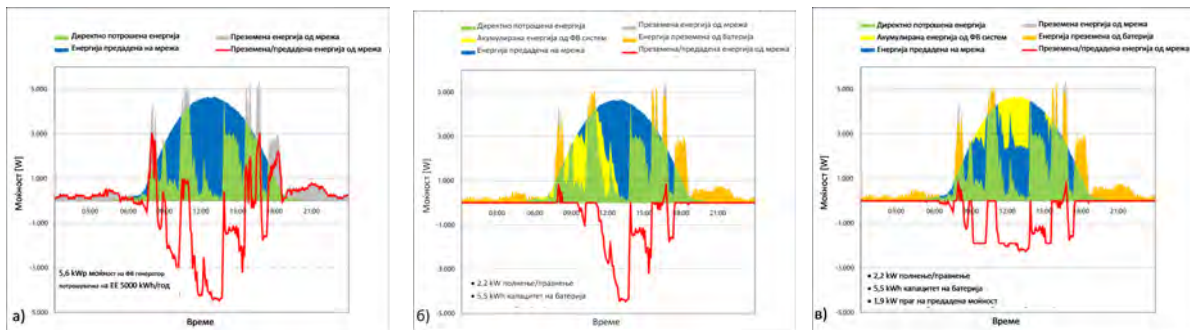
Сончевото зрачење го има само дење и тоа со променлив интензитет, па поради тоа и производството на електрична енергија од ФВ системите има варијабилан карактер. Слично е и со некои останати системи што користат обновливи извори на енергија. Во услови кога производствени единици со варијабилан карактер се приклучени на електричната мрежа недостатокот или вишокот произведена енергија треба да се балансира со другите производствени единици, како во целиот електроенергетски систем, така и во дистрибутивните мрежи. Исто така, балансирањето може делумно да се оствари со примена на уреди за привремено акумулирање на енергијата, како и со управување на потрошувачката или производството на децентрализираните производствени единици.

Децентрализираното производство е најдоброто решение за балансирањето. На пр. во Германија, повеќе од 70 % од енергијата од ФВ системите, се произведува со системи со помала моќност што се приклучени на нисконапонската мрежа, исто како и најголемиот број потрошувачи. Поради тоа децентрализираното балансирање е најдобриот начин за да се оствари тоа, поради близината меѓу производните единици, потрошувачите и уредите за акумулирање на енергија, со што се намалуваат загубите при преносот и дистрибуцијата на енергијата.

Сепак треба да се знае дека батериите за акумулирање на електрична енергија имаат висока специфична цена и таа не се намалува за поголеми капацитети и имаат краток работен век. Поради тоа од технички аспект, децентрализираното акумулирање на енергијата (повеќе батерии распределени во мрежата со помал капацитет) нуди повеќе можности и предности. Во прилог на ова, со одредени механизми за поддршка, може да се поттикнат голем број сопственици на куќи и други приватни инвеститори, да инсталираат акумулатори на електрична енергија. На таков начин би се зголемила доверливоста на мрежата, како и максималниот капацитет на ФВ системи што може да се вклучат во дистрибутивната мрежа.

Со примена на акумулаторските батерии кај ФВ системите наменети за покривање на сопствената потрошувачка, се намалува енергијата што се предава кон мрежата. Тоа е важно од финансискиот аспект, т.е. за предадената енергија се добива многу ниска цена, па поисплатливо е таа да се акумулира и да се користи подоцна. Исто така, со тоа се намалува оптоварувањето на мрежата, со што се остава поголем простор за поврзување на повеќе производни единици. За илустрација на ова, е дадена анализа на потрошувачката на едно четиричлено семејство што во својата куќа поставило фотоволтаичен систем со моќност од 5,6 kWp. Анализирани се три случаи: без батерија и со батерија со капацитет на акумулирање од 5,5 kWh без ограничување на предадена моќност, и со ограничување на предадената моќност од 1,9 kW.

Притоа, меѓу 9 и 10 часот моќноста на ФВ системот е околу 3 kW од кои за потрошувачите се користат 0,7 kW (сопствена потрошувачка). 1,9 kW моќност се предава на мрежата, а останатиот дел се акумулира во батеријата. Најголемиот дел од преостанатата енергија е акумулиран во батеријата. По 10 часот потрошувачката е поголема од моќноста на ФВ системот, притоа кусокот моќност се добива од батеријата. Меѓу 11:30 и 14:00 се надминува предадената моќност кон мрежата од 1,9 kW, бидејќи моќноста на полнење на батеријата е ограничена на 2,2. По 14:00 расте потрошувачката, па предадената моќност на мрежата не е поголема од 1,9 kW, дури и да нема акумулаторска батерија. Околу 8:00 и 17:00, потрошувачката го надминува производството од ФВ системот и моќноста што може да ја даде батеријата, па недостатокот се надополнува од мрежата.



Слика 2.29: Дијаграми на потрошувачка на домаќинство и производство од ФВ систем,
а) без батерија, б) со батерија со капацитет на акумулирање од 5,5 kWh без ограничување на предадена моќност
в) со батерија со капацитет на акумулирање од 5,5 kWh со ограничување на предадената моќност од 1,9 kW

2.7. Хибридни фотоволтаични системи

Хибридните енергетски системи се системи кои произведуваат енергија од два или повеќе извори. Така на пример, хибриден фотоволтаичен систем, покрај фотоволтаичниот систем, во себе интегрира на пр. ветерен генератор и/или мала хидро електрична централа, и/или електрична централа на биогаз или гас и тн.



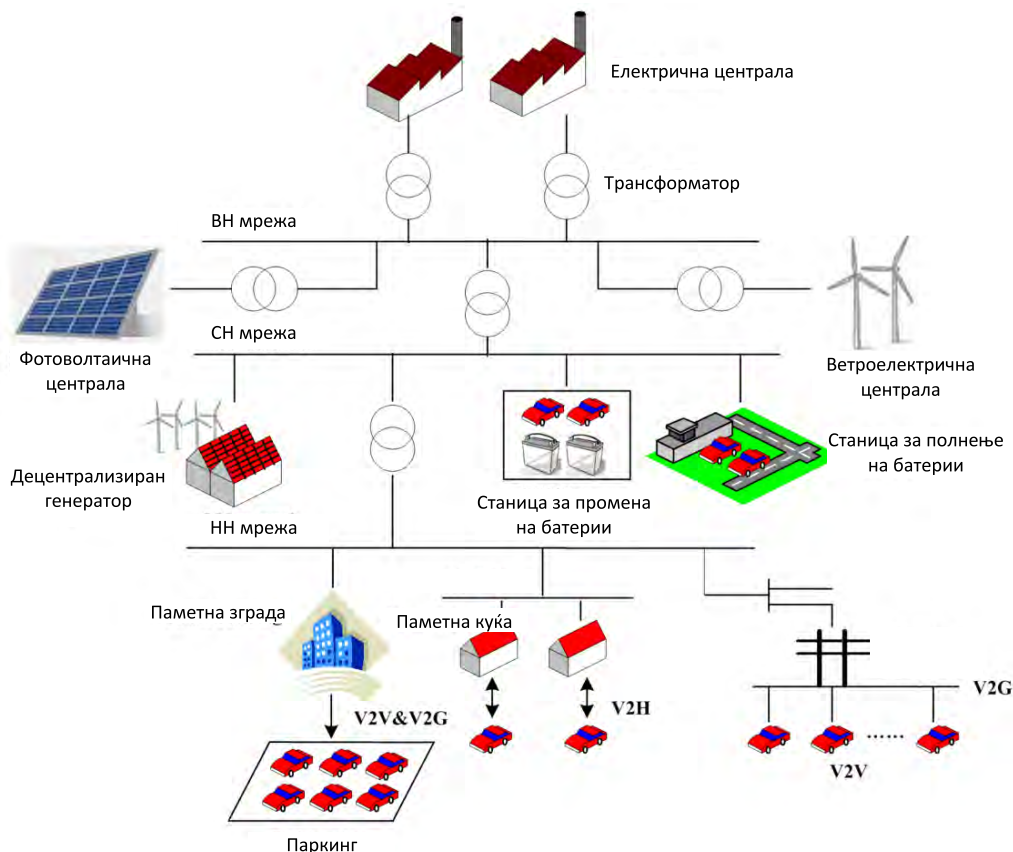
Многу често во себе интегрираат и акумулаторски батерии. Хибридните енергетски системи многу често наоѓаат примена кај системите за автономно снабдување со електрична енергија, при што се намалува производната цена на електричната енергија, се зголемува доверливоста, намалува загадувањето и сл. Од друга страна, хибридните системи се среќаваат и како врзани на електроенергетската мрежа, најчесто како децентрализирани производни единици.

Основната причина за „хибридизацијата“ на производните единици врзани на електроенергетската мрежа е континуираноста на производството. Фотоволтаичните системи, како и неколку други видови системи што користат обновливи извори на енергија (ветерни генератори, мали хидро електрични центри и сл.), имаат варијабилен карактер на производство, кој е последица на варијабилноста на енергијата добиена од основниот извор на енергија (сонце, ветер, водотек), што се карактеризира со регуларни и случајни промени. Овие енергетски постројки се одликуваат со висока инвестиција и многу ниски трошоци за тековно работење. Тоа значи за исплатливо да работат е потребно максимално да ја искористуваат енергијата на примарниот извор.

Од друга страна генераторите што користат природен гас, биогаз, бензин или дизел гориво имаат пониска инвестиција, трошоците за гориво и одржување се високи. Од друга страна, овие производни единици може брзо да се вклучат, исклучат или да ја променат нивната моќност без да предизвикаат поголеми трошоци. Овие постројки може да се управуваат, т.е. диспечираат.

Во хибридните фотоволтаични системи варијабилното производство или отсуството на производството од фотоволтаичниот систем може да се надополни со производство од диспечибилен извор. Во ваков случај производството може да се прилагодува кон потребите на локалните потрошувачи што е од големо значење за дистрибутивната мрежа, како од аспект на намалени загуби и подобрени напонски прилики, така и од аспект на приклучување на мрежата на нови потрошувачи и нови генератори без да има потреба од дополнителни вложувања.

Хибридните системи ќе бидат од особено значење во блиска иднина кога се очекува експанзија на користењето на електричните возила. Возилата ќе ги полнат своите батерии со енергија од мрежата. Но, се предвидува дека често ќе имаат можност, во одредени периоди да ја враќаат акумулираната енергија во мрежата, т.н. режим возило-во-мрежа (v2g – vehicle to grid).



Слика 2.31: Дистрибутивна мрежа со децентрализирано генерирање и приклучување на електрични возила

2.8. Примери за фотоволтаични системи во домаќинствата

2.8.1. ФВ систем на покрив од куќа во New Jersey, USA, 12 kW HIT cells



Локација: New Jersey, USA
Почеток со работа: 7/2017
Инсталирана моќност на ФВ генераторот: 12,21 kWp
Тип на модули: 37 Panasonic Hit (VBHN330SA16) 330 Wp
Производство: 16000 kWh
Инвертор: 37 SolarEdge P400 optimizers, and a 11.4kW SolarEdge Inverter
Мониторинг webpage : <https://monitoringpublic.solaredge.com/solaredge-web/p/site/public?name=12kWPanasonicHit#/dashboard>

2.8.2. ФВ систем на покрив од барака во Велика Британија



За задоволување на сопствената потрошувачка со електрична и топлинска енергија на станарите во бараката, е инсталиран ФВ систем со моќност на генераторот од 7,7 kWp и соларен колектор со површина од 4 m². Покрај стандардната потрошувачка, со системот е обезбедено греењето и ладењето на објектот, како и полнењето на батериите од електричното возило на сопственикот. Вишокот електрична енергија се предава на мрежата, со обезбедена feed-in тарифа за првите 20 години.

2.8.3. ФВ систем на покрив од гаража во Германија



Локација: Bad Mergentheim, Germany
Годишно глобално сончево зрачење врз хоризонтална површина: 1,055 kWh/m²
Просечна температура: 10.8 °C
Врнежи (годишно): 640 mm/m²
Почеток со работа: 10/2011
Инсталирана моќност на ФВ генераторот: 8,3 kWp
Тип на модули: SF150-L (150 W)
Број на модули: 56
Наклон и ориентација: 4°, -165° N
Производство: 7795 kWh
Инвертор: Kostal Piko 8.3
Финансирање: Volksbank Vorbach-Tauber

ФВ системот е поставен на нетипична локација, заради ориентираноста на покривот од гаражата кон север со агол на наклон од 4°. ФВ генераторот е изведен со модули што содржат CIS (Copper indium gallium selenide) ќелии изработени од Solar Frontier. Овие модули подобро се однесуваат од модулите изработени од ќелии од кристален силициум при ниски вредности на сончевото зрачење и имаат поголема толеранција при делумното засенување што го создаваат околните објекти. Проектирано е овој систем годишно да произведува околу 6000 kWh електрична енергија, оваа вредност е натфрлена и биле произведени 7795 kWh.

2.8.4. ФВ систем на покрив од куќа во Р. Бугарија 1,83 kWp



Локација: Р. Бугарија
Тип на модули: Innotech Solar EcoPlus 230 Wp
Број на модули: 8
Тип на инвертор: Kaco Powador 2002
Носачи на модули: SolarFix

2.8.5. ФВ систем на покрив од куќа во Р. Бугарија 10 kWp



Локација: Р. Бугарија
Тип на модули: Luxor 250 Wp
Број на модули: 40
Тип на инвертор: Fronius Symo 20.0-3-M co Datamanager 2
Носачи на модули: SolarFix

3. Прописи и административни процедури

3.1. Преглед на закони и прописи

- Закон за енергетика (Службен весник на РМ бр. 16/2011)
- Закон за градење
- Закон за квалитет на амбиентен воздух (Сл. весник на РМ бр. 67/04 и 92/07);
- Закон за заштита од бучава во животната средина (Сл. весник на РМ бр. 79/07);
- Уредба за гранични вредности на нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиенталниот воздух и прагови на алармирање, рокови за постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели (Сл. весник на РМ бр. 50/2005);
- Закон за заштита на културното наследство (Сл. весник на РМ бр. 20/04 и 115/07);
- Уредбата за определување на проектите и критериумите врз основа на кои се утврдува потребата за спроведување на постапка за оцена на влијанијата врз животната средина
- Правилник за повластени производители на електрична енергија од обновливи извори на енергија
- Правилник за лиценци за вршење на енергетски дејности (Службен Весник на РМ бр. 143 од 15.10.2011)
- Деловник за работа на Регулаторната комисија за енергетика

3.2. Мрежни правила и децентрализирано производство

Операторот на дистрибутивната мрежа е должен да обезбеди сигурно, квалитетно и доверливо снабдување на сите потрошувачи во системот. Начинот на кој го остварува е пропишан во подзаконскиот акт *Мрежни правила за дистрибуција на електрична енергија*. Децентрализираните генератори се приклучуваат на дистрибутивната мрежа според мрежните правила, за што е потребно да се поднесе посебно барање (БСП-2). Покрај општите правила, при приклучување на генератори на електрична енергија, треба да се задоволат барањата наведени мрежните правила, кои посебно се однесуваат на дисперзираните генератори.

При приклучување на генератори во дадена дистрибутивна мрежа потребна е анализа на состојбата на дистрибутивната мрежа при различни режими на работа. Така, за мрежата се анализира приклучувањето на генераторот. Посебен акцент се става врз анализите за следните карактеристични состојби при:

- минимално оптоварување на мрежата и минимално производство на енергија
- минимално оптоварување и максимално производство на електрична енергија;
- максимално оптоварување и минимално производство;
- максимално оптоварување и максимално производство.

Во сите карактеристични состојби потребно е напонот во сите јазли во мрежата да не ги надминува дозволените граници на отстапување, кои се зададени со мрежните правила. Одржувањето на напонот не само на местото каде се приклучува генераторот, туку и низ целата мрежа може да претставува проблем за дистрибутивниот оператор. Во зависност од тоа каков е типот на постројката која се приклучува (директно поврзан генератор или преку инвертор), се прават проценки на влијанијата врз мрежата од аспект на појава:

- фликери;
- виши хармоници;
- небалансираност на фазите;
- инјектирање на реактивна моќност и др.

Доколку се исполнети наведените услови, операторот на дистрибутивниот систем му издава на производителот согласност, во кои се наведени стандардите што треба да ги поседува инсталираната опрема.

3.3. Постапка за добивање на одобрение за градење и лиценца за производство на електрична енергија

3.3.1. Постапка во Р. Македонија

Прв чекор за добивање на лиценца за производство на електрична енергија од системи што користат обновливи извори на енергија е обезбедување на одобрение за градење. За таа цел е потребно да се ангажира фирма за изработка на урбанистичка документација. Според законот за изменување и дополнување на законот за градење (Сл.Весник бр. 31, од 22 февруари 2016 год.), за фотоволтаични системи поставени на покрив со моќност до 1 MW, не е потребно одобрение за градење, туку општината издава согласност за поставување на опрема. За тоа се поднесува посебно барање, согласно со Законот за градење.

Од операторот на дистрибутивниот систем (ЕВН – дистрибуција) да се побара и добие согласност за приклучок на дистрибутивниот систем.

Одобрението за градење, т.е. согласноста за поставување на опрема, е потребниот документ за следните постапки:

- Изведба на ФВ системот
- Стекнување на одобрение за употреба
- Лиценца за производство на електрична енергија
- Упис на објектот во Регистарот на објекти за производство на електрична енергија од обновливи извори на енергија
- Доделување на статус на повластен производител
- Договор за откуп на електрична енергија со оператор на пазарот на електрична енергија

За добивање лиценца за производство на електрична енергија од обновливи извори на електрична енергија, во Р. Македонија е пропишана постапка што ги опфаќа следните чекори:

- Инвеститорот може да ја започне постапката за добивање лиценца веднаш по добивањето на одобрението за градба.
- Постапката за издавање лиценца започнува пред Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија од денот на приемот на барањето за издавање лиценца и потребната документација (член 14 од Правилникот за условите, начинот и постапката за издавање, менување и одземање на лиценците за вршење енергетски дејности).
- Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија е должна во рок од осум работни дена од добивањето на барањето да укаже на недостатоците. Доколку Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија утврди дека барањето има формални недостатоци, ќе донесе заклучок со кој ќе определи рок за отстранување на недостатоците, кој не може да биде подолг од 15 дена.
- Доколку Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија утврди дека барањето нема формални недостатоци, донесува заклучок со кој го задолжува барателот во рок од три работни дена да подготви известувања до јавните гласила.
- Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија донесува одлука за издавање лиценца во рок што не може да биде подолг од 20 дена од денот на завршувањето на подготвителната седница.
- Барањето за издавање одобрение за употреба на градби се поднесува до Министерството за транспорт и врски или до општината (чл. 72, 73, 74, 75, 76 и 77 – од Законот за градење, „Службен весник на Република Македонија“, бр. 130/09).
- Одобрението за градење престанува да важи доколку инвеститорот не почне со изградба во рок од шест месеци од денот кога одобрението за градење станало правосилно.
- Надлежниот орган од член 58 од Законот за градење („Службен весник“, бр. 130/09) ќе издаде одобрение за употреба на градбата во рок од 15 дена од денот на извршениот технички преглед, ако комисијата која го извршила техничкиот преглед во записникот констатирала дека градбата може да се даде во употреба.
- Објектите што се градат од обновливи извори на енергија спаѓаат во втора и трета категорија од член 57 од Законот за градење.
- Регулаторната комисија за енергетика е должна да ја издаде лиценцата, доколку се исполнети условите, најдоцна во рок од 90 дена од денот на поднесувањето на барањето, врз основа на член 40 од Законот за енергетика („Службен весник на Република Македонија“, бр. 63/06, 36/07 и 106/08) и член 14 од Правилникот за условите, начинот и постапката за издавање, менување и одземање на лиценците за вршење енергетски дејности („Службен весник на Република Македонија“, бр. 31/09).¹¹
- Агенцијата за енергетика на Република Македонија издава потврда, по барање на инвеститорот, за стекнување привремен статус на повластен производител на електрична енергија од обновливи извори на енергија.
- Откако ќе добие трајна лиценца за електрична енергија од Регулаторната комисија за енергетика на Република Македонија, инвеститорот поднесува барање за код од Регистарот на постројки за обновливи извори на енергија во Агенцијата за енергетика на Република Македонија (чл. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 и 19 – од Правилникот за искористување на обновливите извори на енергија за производство на електрична енергија, „Службен весник на Република Македонија“, бр. 127/08).

3.3.2. Постапка во Р. Бугарија

Во Р. Бугарија, приклучувањето на фотоволтаичните системи на електродистрибутивната мрежа, опишано е во Законот за обновливи извори на енергија (ЗОИЕ). Обновливата електрична енергија (ОИЕ), вклучувајќи ги и фотоволтаичните системи, се промовира преку:

- Обезбедување гарантиран пристап до електричната енергија произведена од фотоволтаични системи до мрежите за пренос и дистрибуција, во согласност со безбедносните критериуми дефинирани со правилата од чл. 83, став. 1, точки 4 и 5 од Законот за енергетика.
- Гарантирање на откуп на електрична енергија произведена од фотоволтаични системи, за фиксен рок (20 години), по повластена цена за целиот период.

Согласно член 24 (1) и (2) од ЗОИЕ, фотоволтаични системи до 30 kWp може да се инсталираат, односно да се изградат на покривни и фасадни конструкции и да се присоединети кон електричната мрежа. Она што е неопходно за овие фотоволтаични системи за генерирање на енергија е тоа што тие се поврзуваат и со низок напон - до 0,4kV.

За постројките со овие капацитети, како и за сопствените потреби, нивното планирање од страна на КЕБР не е потребно. Тие можат да бидат инсталирани и поврзани во секое време, се додека ФВ системите ги исполнуваат барањата за заштита на дистрибутивната мрежа. Ова значи дека инверторот кој го конвертира напонот и струјата ги има сите потребни заштити.

Исто така, не постојат бариери за изградба на мрежни фотоволтаични системи за сопствени потреби преку продажба на вишок енергија (чл.25) и нема преференцијални набавни цени (член 31 и 32 од Законот за електрична енергија). Меѓутоа вишокот на произведена енергија се купува на слободниот пазар по многу ниски цени, што претставува пречка за развојот на овој вид системи, барем досега. Со либерализацијата на пазарот на електрична енергија, се предвидува дека инсталациите на овие системи значително ќе се зголемат. Во продолжение е даден редоследот на активностите што треба да ги направи инвеститорот за изградба и приклучување на ФВ систем во мрежа.

Чекор 1: Доставување на документи за издавање на скица со виза за проектирање - од локалната општина / со природен чин или договор за сопственост на имотот, актуелни скица на имотот /време - рок од 14 до 30 дена /документот се издава од Главниот архитект на Општината / цена на документот е - 16 лева.

Чекор 2: Поднесување на проекти - електрични и конструктивни заклучоци по чл.147 став 1, т.14 од Законот за уред на територијата (ЗУТ), заедно со визата за проектирање од локалната општина за координација на проектите и издавање на "Овластување за инсталирање на ФтСПТ" / Рок - 30 + 14 дена / цена - 250 лева.

Чекор 3: Истовремено се поднесуваат документите во локалното претпријатие за дистрибуција на електрична енергија (ЕПД) – и тоа, документ за сопственост, скица со визата за проектирање и електричниот проект за издавање на Мислењето за точката на приклучување на фотоволтаични системи за производство на електрична енергија (ФтСПТ). Рок до 30 дена / цена - 38 лева.

Чекор 4: По добивањето на мислењето од ЕРП и Сертификатот за инсталација од Општината, се поднесуваат документите во ЕДП за склучување на Договор за пристап и приклучување на фотоволтаични системи кон електричната мрежа / рок 30 дена, во локалното ЕПД / цена - 380 лв.

Чекор 5: По потпишувањето на договорот и извршената монтажа на фотоволтаичен систем се поднесува барање во ЕПД за 72 часовни примероци / 30 дена / за ова нема такси.

Чекор 6: Потпишување на протокол за комплетирање и поврзување на фотоволтаичен систем со ЕПД / по 72 часа примероци, исто така е без надоместоци.

Чекор 7: Потпишување на долгорочен договор за продажба на електрична енергија (20 год., по повластени цени со локалното ЕПД) се врши во рок од 30 дена.

Предности

Повластени цена на купување на енергијата, долгорочниот договор (20 год.) за купување на оваа енергија. До денес, целосната исплата на инвестицијата за инсталирање на фотоволтаичен систем е најмногу до 8 години.

Недостатоци

За секоја од овие точки постои можноста вработените во општините и ЕДП да ја забават реализацијата на оваа инвестиција, преку барање на дополнителни документи и продолжување на рокот на реализација. За ова е неопходно да се познава ЗЕВИ или пак компанијата за инсталација да е запознаена детално со целиот процес.

Пример: Услов од општините е и проценка на влијанието на фотоволтаичните системи од РИОСВ, како и разгледување на инвестицијата во фотоволтаичен систем од јавен совет на Општините. Тоа не е неопходно, поради фактот дека дозволите за инвестицијата во овие системи се издаваат согласно чл.147 став 1, т.14 од ЗУТ. Принудувајќи ги вработените во ЕДП да напишат период на продажба - 6 месеци, под услов целата инвестиција да се реализира во рок од 3 месеци со сите дозволи.

За поставување на фотоволтаичен систем на покрив на **повеќесемејни станбени објекти**, нема пречки се додека покривот ги задоволува потребите на сопствениците. Но, сепак сите сосопственици мора да дадат писмена согласност, што е слаба страна. Сосопствениците можат да овластат некои од нив да ги претставуваат и да контактираат со институциите и изведувачот.

За автономни фотоволтаични системи (сопствено користење) инсталирани на покривот на едно семејство и повеќесемејни згради, особено за мали системи (до 5 kWp), во принцип нема потреба од дозволи и други документи.

Пример: Инвеститорот гради нова кука и не сака да се поврзе со електричната мрежа. За оваа намена ќе биде инсталиран автономни фотоволтаични системи со моќност од 6 kWp. За жал во ЗУТ е напишано дека за да се издаде дозвола за изградба на нова кука, е потребно да се обезбедат и прелиминарни договори со водовод и електрична компанија. Инвеститорот нема односи со ЕРП и соодветно може да изјави пред општината дека произведената енергија од фотоволтаичен систем ќе се користи за сопствени потреби, обезбедување и идеен проект на ФС. Ова е главна пречка за развојот на автономни ФМ во изградбата на нови куќи.

Предности: Обезбедување на автономна моќ на сопственикот, а со тоа и независност од претпријатијата за дистрибуција на електрична енергија. Можност за добивање електрична енергија во места каде што не е присутна. Автономниот систем може да биде мобилен и на тој начин да се користи на било која локација.

Недостатоци: Работниот век на батериите е краток и имаат висока цена. Потребно е и соодветна просторија за нивно чување бидејќи испуштаат штетни гасови. Со неточно, несоодветно димензионирање на автономниот систем, можна е појава на периоди без напојување со електрична енергија, посебно во облачни денови. Кога потрошувачката е поголема од можностите на поставениот систем, се препорачува зголемување на бројот на акумулаторски батерии или проширување на фотоволтаичниот систем. Исто така, постои можност за дополнување на енергијата со дополнителен генератор (на дизел гориво, со гас, турбина на ветер итн.).

4. Финансирање

4.1. Механизми за поддршка на за инвестирање во фотоволтаични системи

4.1.1. Повластени тарифи

Со цел да се поттикне градбата на системи што користат обновливи извори на енергија, во **Р. Македонија** се обезбедени повластени тарифи неколку видови системи и електрични централи.

Повластената тарифа за фотоволтаични системи, за прв пат е донесена во 2008 година и оттогаш е три пати менувана.

ТАБЕЛА 4.1. Повластени цени на ел.а енергија произведена од ФВ системи во Р. Македонија

Година	Моќност на ФВ систем до 50 kW [€cents/kWh]	Моќност на ФВ систем 51-1000 kW [€cents/kWh]	Повластен период во години
2008	46	41	20
2011	38	34	15
2011	30	26	15
2013	16	12	15

За фотоволтаичните системи, со одлука на владата на **Р. Македонија** е определена максимална инсталирана моќност (квота). Квотата вкупно изнесува 18 MW, кои 4 MW е за системи до 50 kW, 14 MW – за системи од 51 – 1000 kW. Оваа квота во Р. Македонија е речиси исполнета, па е потребно да се бараат други начини за поддршка.

За **Р. Бугарија** повластените набавни цени беа воведени од страна на Државната регулаторна комисија за енергетика и вода (KEBP <http://www.dker.bg>). На следните табели се прикажани повластените тарифи за електричната енергија произведена од фотоволтаични системи за претходниот период и во моментот.

ТАБЕЛА 4.2. Тарифи за ФВ системи монтирани на покриви и фасади [лв./MWh]

Почеток на повластена тарифа	Инсталирана моќност до 5 kWp [лв./MWh]	Инсталирана моќност до 5 kWp [€cents/kWh]	Инсталирана моќност од 5 kWp до 30 kWp [лв./MWh]	Инсталирана моќност од 5 kWp до 30 kWp [€cents/kWh]
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 вклучен ДДВ -20%.

ТАБЕЛА 4.3 Повластена тарифа [лв./MWh] (без вклучен ДДВ -20%)

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

Цените се Со одлуките на КЕВР во текот на годините, цената на тарифите за ФВ системи постојано се намалува, со мали флукутации. Исто така, во последниве години, одлуките беа донесени само за фотоволтаични системи до 30 kWp, монтирани на покриви и фасади на постоечки објекти и соседните терени во урбаните средини, што е показател дека акцентот во иднина ќе биде ставен на покривните инсталации.

Според податоците на Бугарската фотоволтаична асоцијација (објавени на 06.09.2017 год.) вкупниот инсталиран капацитет на фотоволтаични електроцентрали поврзани со дистрибутивната мрежа за електрична енергија во Р. Бугарија е за системи: до 30 kWp - 3 690,56 kW, до 5 MWp – 682 719,53 kW и поголеми од 5 MWp - 133 331,32 kW. Со тоа, вкупниот инсталиран капацитет во Р. Бугарија, заклучно со почетокот на септември 2017 год. изнесува околу 820 MW.

4.1.2. Собствена потрошувачка и размена на електрична енергија

Како што претходно беше споменато, главни предности на ФВ системите се производство на електрична енергија во близина на потрошувачите, како и иста или пониска производна цена, во однос на цената на електричната енергија што се нуди за домаќинствата и другите објекти од страната на дистрибутерот на електрична енергија. Притоа произведената енергија од ФВ систем што е поставен во објект (врз покрив, врз сидови или на околна површина), првенствено се користи за покривање на сопствената потрошувачка (од страна на потрошувачите што се наоѓаат во објектот), а вишокот или недостатокот на енергија се предава или се презема од електричната мрежа. Притоа, зависно од регулативата во државата, цената на предадената електрична енергија различно се вреднува.

Главно постојат три начини за користење а ФВ системите за покривање на сопствената потрошувачка, кои се разликуваат според начинот на пласирање и наплата на вишокот енергија. Првиот начин е со лимитирање на моќноста на ФВ системот. Притоа, со посебен уред (лимитер) се ограничува моќноста на ФВ системот, кој во ниту еден момент не дозволува производството да ја надмине потрошувачката, т.е. не дозволува предавање на електрична енергија во мрежата. Ваквиот начин се користи кога не е можно да се склучи договор за предавање на електрична енергија со снабдувачот или со операторот на дистрибутивниот систем. Со вториот начин е овозможено да се предава енергија на мрежата, но за тоа не се добива надомест. Со примена на третиот начин е овозможено предавање на електрична енергија на мрежата, при што од страна на снабдувачот се добива минимален надомест, на пример во висина на регулираната цена на електрична енергија, што во Р. Македонија изнесува околу 4 €cents/kWh.

Посебен вид на користење на ФВ системите за сопствена потрошувачка е т.н. **размена на електрична енергија**, т.е. net metering. Ова е начин на поттик на користењето на ФВ системите во домаќинствата и за ова е потребно донесување на посебна регулатива. Притоа, домаќинството ја плаќа само разликата меѓу преземената и предадената енергија за одреден временски период (месечен, квартален, сезонски, полугодишен или годишен). Во ваков случај, најчесто предадената енергија се вреднува колку и преземената (сооднос 1 : 1). Согласно ова, при димензионирањето на ФВ системот треба да се води сметка произведената енергија да е еднаква или помала отколку потрошената, затоа што во спротивно дел од предадената енергија нема да може да се наплати. Размената се врши со снабдувачот, при што неговата добивката е во разликите меѓу високата и ниската тарифа (дневна и ноќна). Посебен вид на ваква размена е **економската размена** или т.н. нето плаќање (net billing). Притоа се врши размена на електричната енергија преку финансиска компензација.



Слика 4.1: Примена на ФВ систем за сопствена потрошувачка

Главни фактори што влијаат врз исплатливоста на примена на ФВ систем за покривање на сопствената потрошувачка се: вкупната потрошувачка и вкупното производство на електрична енергија, како и обликот на дневниот дијаграм на потрошувачка. За комерцијални потрошувачи дневниот дијаграм на потрошувачка се менува од случај до случај и не е можно без посебна анализа да се оцени дали е погодно користењето на ФВ систем за покривање на сопствената потрошувачка.

Многу е важно да се определи односот на произведената и потрошената енергија, бидејќи тоа го ограничува нивото на користење на сопствената потрошувачка. Доколку постои баланс меѓу потрошената и произведената енергија, исто така е важен и степенот на совпаѓањето на дијаграмот на потрошувачката со дијаграмот на производството. Од тоа зависи колкав дел од генерираната енергија директно ќе биде потрошен, а колкав дел од енергијата ќе биде предаден на мрежата.

5. Техноекономска анализа

Техничката ефикасност на искористувањето на обновливите извори на енергија е поврзана со коефициентот на корисно дејство на процесот. Тој претставува количник помеѓу добиената корисна енергија и вкупно вложената енергија. Кога се работи за фотоволтаични системи, влезна енергија е енергијата на сончево зрачење, а корисна енергија е електричната енергија што се добива низ процесот на конверзија. Но, заради загубите што се јавуваат во процесот на трансформација не целата енергија на Сончевото зрачење може да се претвори во електрична енергија. Затоа една од најважните задачи на инженерите е да изнајдат и предложат систем кој на најефикасен начин ќе изврши претворање на сончевата енергија во електрична.

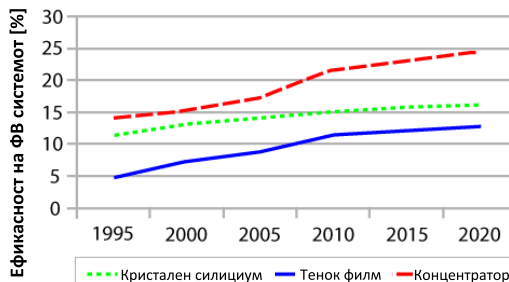
Техничките системи кои имаат за цел да ја трансформираат енергијата од еден во друг вид базираат на законите на физиката. При тоа, секоја трансформација на енергијата од еден во друг вид нераскинливо е поврзана со загуби. Техничката ефикасност на еден физички систем се определува како количник помеѓу добиената енергија од системот и вложената енергија во процесот. Таа ефикасност е секогаш помала од еден.

$$\eta_{technical} = \frac{\text{Добиена енергија од системот}}{\text{Вложена енергија}} < 1$$

Така, на пример, при производство на електрична енергија од класичните термоелектрични центри, енергијата што се вложува е внатрешната хемиска енергија на горивото (јаглен), а корисна енергија е електричната енергија која понатаму се дистрибуира до крајните потрошувачи. Коефициент на корисно дејство кој претставува количник помеѓу добиената корисна (електрична) енергија и вложената (внатрешната хемиска енергија на горивото) изнесува од 30-40%.

Привлечноста за производството на електрична енергија од фотоволтаични системи во голема мерка зависи од нивната ефикасност. Затоа, еден од најголемите предизвици на инженерите кои се поврзани со искористување на енергијата на сончевото зрачење е да конструираат фотоволтаични панели со што поголема ефикасност, кои за зададено влезно количество на сончево зрачење ќе произведат што е можно поголема количина на електрична енергија. На сл.5.1 е прикажан трендот на зголемување на ефикасноста на фотоволтаичните системи, во зависност од употребената технологија.

Во денешни услови, со развојот на технологијата, ефикасноста на фотоволтаичните системи продолжува да расте и во зависност од технологијата достигнува некаде од 15-25%.



Слика 5.1: Ефикасност на фотоволтаичните системи во зависност од технологијата

Важно е да се нагласи дека истражувањата продолжуваат и дека во лабораториски услови се постигнати и степени на ефикасност поголеми од 40%, но тие денеска сèуште не се достапни на пазарот, пред сè заради превисоките цени кои се неприфатливи за потенцијалните купувачи.

Значи, за да може да еден проект кој е фисибилан од технички аспект да биде прифатлив и реализиран мора тој да биде прифатлив за Инвеститорот и од комерцијален аспект. Оттука се наметнува потребата и за анализа на економската ефикасност на домашните фотоволтаичните системи, која пак е поврзана со определување на очекуваните трошоци и очекуваните добивки во текот на животниот век на техничкиот систем.

Економската ефикасност на еден технички систем можеме да ја дефинираме како количник на очекуваната добивка од преземање на проектот (B – Benefit) и вкупните трошоци во текот на експлоатациониот период:

$$\eta_{economy} = \frac{\text{Добивка од проектот}}{\text{Трошоци за реализација на проектот}} > 1$$

За разлика од техничката ефикасност која е секогаш е помала од 1, очекувањата на Инвеститорот во еден домашен фотоволтаичен систем, се дека со преземање на проектот ќе оствари посакувана добивка или лична сатисфакција, со која ќе се оправдаат вложените финансиски средства. Најчесто, придобивките од проектот се изразуваат во монетарни единици (на пример, парична добивка остварена заради продажба на електричната енергија). Но, не сите придобивки од преземање на проектите се директно парично мерливи. Така, на пример, проектите за производство на електрична енергија од сончева енергија преку домашни фотоволтаичните системи обезбедуваат чиста енергија која е лоцирана непосредно до самите потрошувачи. Со тоа се намалува штетната емисија на стакленички гасови во атмосферата со што се придонесува за здрава животна средина. Дополнителни придобивка претставува и намалувањето на загубите на енергија кои се јавуваат при пренос на енергијата од големите класични електрични центри до крајните корисници. Затоа за целосна евалуација на овие проекти за производство на електрична енергија од фотоволтаични системи е потребно конверзија на сите бенефити со соодветен монетарен еквивалент.

Одлуката дали ќе се преземе или не еден проект за градба на домашен фотоволтаичен систем претставува првенствено техничко-економски проблем во кој треба да се анализираат техничките аспекти и економските придобивки од проектот.

Анализите покажуваат дека економската ефикасност во многу случаи има предност над техничката, сепак меѓу нив постои и поврзаност бидејќи развојот на технологијата и инженерингот ги прави техничките системи поевтини и сè поисплатливи од економски аспект. Тука, секако треба да се има предвид и желбата на Инвеститорот да инвестира во проекти здрави за животната средина, желбата со својата инвестиција да придонесе за зачувување на човековата околина како и за неговите дополнителни очекувања од реализација на проектот. Во една сѐопфатна анализа која го надминува обемот на овој Прирачник секако би требало да се анализираат и придружните ризици (кои нудат можности и закани) при преземање на овие проекти. Тука би ги споменале ризикот од набавка на квалитетни фотоволтаични панели, ризикот поврзан со цената на електричната енергија (која се очекува да расте), ризикот околу одржување на домашниот фотоволтаичен систем и сл.

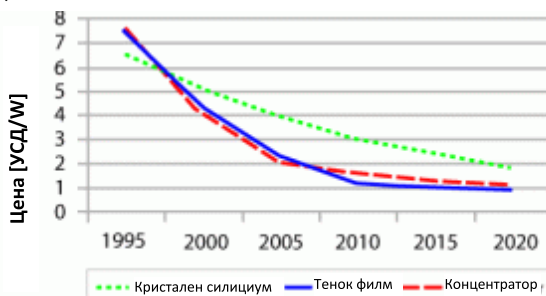
За фотоволтаичните системи се претпоставува дека ќе работат со достапност од 99%. Се претпоставува дека 1% од проектираната електрична енергија нема да биде произведена заради недостапност на фотоволтаичните системи, поради дефекти или тековен сервис. Овој висок степен на доверливост базира на фактот што сите потреби сервисни активности најчесто се изведуваат ноќе, кога нема сончеви зрачење, а со тоа нема ниту можност за производство на електрична енергија од фотоволтаичниот систем.

5.1. Анализа на структурата на трошоци и добивки – Cash Flow на проектот за градба на домашен фотоволтаичен систем

Трошоците кои се среќаваат при градба и експлоатација на еден домашен фотоволтаичен систем се состојат од иницијални инвестициони трошоци за градба, оперативни (погонски) трошоци и трошоци за одржување.

Проектите кои се преземаат за градба на фотоволтаични системи за производство на електрична енергија, без разлика дали се работи за домашни фотоволтаични системи, фотоволтаични системи кои се реализираат во рамките на индустриските капацитети или се работи за фотоволтаична електрична централа, се карактеризираат со големи почетни инвестиции. Позитивна страна е што капиталните трошоци, со развој на технологијата, се во постојан пад, така што, во блиска иднина, посебно кога се има предвид ограничениот количина на фосилни горива што ни стојат на располагање, електричната енергија произведена од фотоволтаичните системи се очекува да биде најевтина и најприфатлива.

На сл.5.2 е претставено движењето на капиталните трошоци (изразени во $\$/W$) за три различни технологии кои се користат при градбата на фотоволтаичните системи (кристален силициум, тенок филм и концентратор) за периодот од 1995-2020 година. Очигледна е тенденцијата на намалување на цените, што заедно со континуираниот пораст на ефикасноста на фотоволтаичните панели ги прави фотоволтаичните системи да бидат сè поконкурентен извор на електрична енергија. Затоа и очекувањата се дека во наредните години тие ќе доживеат експанзија, а домашните фотоволтаични системи ќе бидат исплатлив начин за обезбедување на сопствените потреби од електрична енергија на домаќинствата.



Слика 5.2: Движење на капиталните трошоци за градба на фотоволтаични системи

Почетната инвестиција потребна за инсталација на фотоволтаичниот систем, во главно, се состои од:

- трошоци за набавка на модули и инвертори,
- трошоци за метална конструкција,
- трошоци за проектирање на системот,
- трошоци за монтажа и сл.

Кога се работи за домашни фотоволтаични системи тие најчесто се поставуваат на покривот на објектот така што овде не постојат дополнителни трошоци за купување или изнајмување на земјиште на кое ќе бидат поставени фотоволтаичните панели. Исто, така, доколку инсталацијата на фотоволтаичните панели се прави во фаза на градба или реконструкција на кровот, тоа може да придонесе за дополнителни заштеди кај Инвеститорот, бидејќи тој и без тоа ќе мора да вложи средства за градба/реконструкција на покривната конструкција

Домашните фотоволтаични системи, во главно се градат со инсталирана моќност од неколку kWp. Цената на фотоволтаичните модули зависи од производителот на опремата и нејзиниот квалитет, на што треба да се биде особено внимателен при набавката. Генерално гледано, специфичните трошоци се намалуваат со зголемувањето на капацитетот на фотоволтаичната централа.

Цената на ФВ модулите зависи од технологијата со која се изработени ќелиите. Секако, дека при набавката на опремата, покрај цената, треба да се земат предвид и следниве важни карактеристики кои го дефинираат квалитетот на фотоволтаичниот панел како што се:

- Коефициентот на полезно дејство на фотоволтаичниот панел
- Годишното процентуално намалување на коефициентот полезно дејство на фотоволтаичниот панел со тек на време
- Векот на експлоатација на фотоволтаичниот панел
- Гаранцијата на производителот
- Достапност на сервисот и сл.

Од друга страна фотоволтаичните системи бараат релативно мали трошоци за одржување и погон во текот на периодот на експлоатација. Тука се подразбираат трошоците за сервисирање на фотоволтаичниот систем, дополнителните трошоци за поправка, чистење на панелите, осигурување и сл. Во зависност од типот на инсталираните делови кај фотоволтаичната централа, како и од нејзината инсталираност, годишните оперативни трошоци се проценува дека се движат помеѓу 20-50 евра/kW.

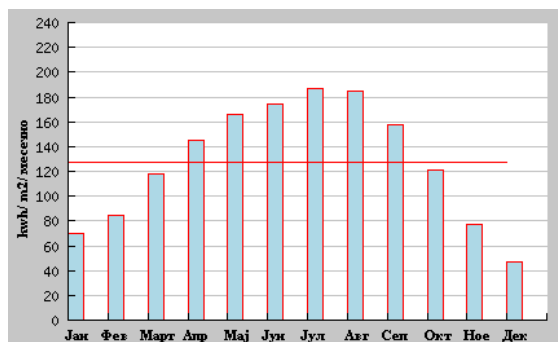
Користите што се добиваат од реализација на фотоволтаичниот систем се остваруваат преку производството на електрична енергија. Главната цел за преземање на овие проекти кои се реализираат со ограничени буџети, кај домашните и индустриските фотоволтаични системи е да се задоволи целосно или делумно сопствената потрошувачка на електрична енергија, додека вишокот на електрична енергија што нема да се потроши се планира да се предава во дистрибутивната мрежа. Со тоа ќе се намали трошокот за купување на електрична енергија од дистрибутивниот систем, а во случаите кога постои вишок на производство, тоа производство ќе треба да се продаде или, пак, замени за соодветна количина на електрична енергија во периодите кога производството на електрична енергија од фотоволтаичниот систем е недоволно да ги задоволи сопствените потреби на домаќинството.

5.1.1. Проценка на годишното производство на електрична енергија од домашен фотоволтаичен систем

Едно од основните прашања кој си го поставува секој потенцијален инвеститор во домашен фотоволтаичен систем е колкаво би било очекуваното годишно производство на електрична енергија и каква би била дистрибуцијата на тоа производство по месеци. Може да се каже дека производството на електрична енергија од домашни фотоволтаичните системи може релативно добро да се процени за дадена географска локација каде е инсталиран фотоволтаичниот систем. Карактеристика на тоа производство се релативно малите осцилации на ниво на вкупно очекувано производство во тек на една календарска година, но и големи осцилации во текот на различните сезони што е разбирливо заради различната сончева инсолација во текот на различните годишни времиња. Така, на пример, постојат големи разлики во месечното производство на електрична енергија од куќните фотоволтаични системи во месеците јануари и јули, што е разбирливо заради различната количина на сончево зрачење. Во следната табела е направена споредба на годишната соларната радијација во Македонија со земјите лидери во искористувањето на соларната енергија во Европа.

ТАБЕЛА 5.1. Соларна ирадијација врз Македонија и соларна ирадијација врз земјите лидери во искористувањето на соларната енергија

Годишна глобална ирадијација (kWh/m ²)				
	Германија	Чешка	Шпанија	Македонија
Минимум	1.074	1.115	1.365	1.482
Просек	1.147	1.169	1.812	1.623
Максимум	1.445	1.267	2.028	1.722



Слика 5.3: Распределба на сончево зрачење по месеци за локација Штип во Р. Македонија

Имајќи ја предвид положбата на Македонија која е доста поволна за искористување на сончевата енергија, се смета дека во иднина во Македонија има простор за многу поголемо искористување на сончевата енергија, било да е тоа за производство на електрична енергија преку фотоволтаични центри или, пак, за производство на топла вода. На слика 5.5. е претставена сончевата ирадијација по месеци за дадена специфична локација во Р. Македонија. За анализираното подрачје средната месечна ирадијација изнесува 128 kWh/m², додека вкупната годишна изнесува 1537 kWh/m².

Карактеристично е дека односот помеѓу сончевата ирадијација во месец јули и месец декември изнесува повеќе од 4, што би значело дела производството на електрична енергија од фотоволтаичниот систем во месец јули би било повеќе од 4 пати поголемо од она декември. Ова покажува дека производството на електрична енергија од домашната фотоволтаична централа во голема мера ќе зависи од годишното време. Посебно е критичен зимскиот период кога сончевата инсолација е намалена. Од пресметковен аспект важна карактеристична величина претставува и определувањето на средната сума на квадратите на отстапувањата на месечните сончеви зрачења од средногодишната вредност. Квадратниот корен од овој статистички показател именуван како стандардната девијација е мерка за нерамномерноста на сончевото зрачење. Во овој случај стандардната девијација изнесува **49,53 kWh/m²**. Секако, за определување на стандардната девијација за зададена локација потребни се мерења на сончевото зрачење во тек на неколку години.

5.2. Начини на финансирање на проектите на фотоволтаичните системи

Обезбедувањето на паричните средства претставува една од основните задачи за реализирање на проектите. Потребните средства за реализација на фотоволтаични системи пред сè, зависи од планираната инсталираност на системот. Домашните фотоволтаични системи се со мала инсталирана моќност и според висината на инвестицијата се во прифатливи граници за домаќинствата. Но исто така мора да се спомене дека специфичната инвестиција по инсталиран kWp се намалува со зголемување на инсталираната моќност. Така, на пример, за реализација на домашен фотоволтаичен систем инсталиран на кров на кука потребно е да се обезбедат од 1200-1400 €/kWp, додека, за фотоволтаичните центри со поголема моќност специфичната инвестиција, на денешно ниво на развој на технологијата (2017) изнесува околу 1100 €/kWp.

За финансирање на домашни фотоволтаични системи постојат повеќе начини и тоа:

- Сопствени средства
- Средства обезбедени преку кредитирање
- Комбиниран начин на финансирање
- Средства обезбедени преку субвенции, донации, спонзорства или пак соодветни програми за развој

Користење на сопствени средства. Кога се работи за помали инвестициони вложувања, како во случајот на градба на домашен фотоволтаичен систем овој начин на финансирање може да претставува еден од најповолните и најприменуваните. Во тој случај очекуваните добивките од инвестицијата треба да се споредат со остварените добивки од камата кога истите тие средства би се вложиле во банка. При тоа мора да нагласиме дека каматите за штедните влогови во комерцијалните банки и штедилници во Република Македонија се многу намалени (2-3% за денари и 0,4-2% за €), што пак претставува поттик повеќе за потенцијалните инвеститори да ги инвестираат своите слободните заштедени средства во градба на домашни фотоволтаични системи.

Средства обезбедени преку кредитирање. Овој начин е неопходен кога не се поседуваат сопствени парични средства и кога се очекува проектот преку своите остварени добивки (во случајот преку произведената електрична енергија) да овозможи отплаќање кредитот, но и да обезбеди дополнителна добивка.

Комбиниран начин на финансирање: дел инвестицијата се покрива од сопствени средства, а дел преку земање на кредит од банка. Овој начин на финансирање претставува добар компромис на добрите страни на првите два начини на финансирање (да не се оди во преголемо задолжување и да не се ангажираат големи сопствени средства).

Средства обезбедени преку субвенции, донации, спонзорства, или соодветни програми за развој. Преку овие начини на финансирање се постигнува намалување на делот на учество на Инвеститорот, а се постигнува заедничко добро (намалување на емисијата на штетни стакленички гасови, здрава животна средина, исполнување на цели за застапеност на обновливите извори на енергија во вкупното производство и сл.). На, пример, при градба на домашната фотоволтаична централа може државата да се откаже од данокот или пак, да субвенционира одреден процент во

покривање на иницијалните трошоци на инвеститорите. Наменски средства можат да се обезбедат и преку соодветни програми за развој или преку проекти финансирани од Европската Унија (ЕУ) чија цел е промоција на производство на електрична енергија од обновливи извори кај домаќинствата.

5.2.1. Карактеристики на кредитите

Кога се изработува финансиска анализа на една инвестиција, потребно е да се дефинираат клучни карактеристики на кредитите со кои финансира проектот: висината на кредитот, каматната стапка, рочноста на кредитот, грејс периодот, како и дополнителните трошоци кои се поврзани со административните постапки.

Каматната стапка ја одредуваат банките или агенциите. Со каматната стапка се дефинира каматата односно надокнадата што заемопримателот му ја дава на заемодавачот за направената услуга: давање на пари. Вообичаено, каматните стапки на краткорочните и долгорочните кредити се разликуваат. Каматната стапка се поврзува и со ризикот на инвестицијата, така што се очекува поризичните проекти да бидат финансирани со кредити со поголеми каматни стапки. Исто така, краткорочните кредити заради поголемата извесност, по правило имаат помали каматни стапки. Што се однесува за финансирање на проекти поврзани со градба на домашни фотоволтаични системи неопходни се кредити со ниски каматни стапки или т.н. „зелени“ кредити со кои Инвеститорите би биле стимулирани да вложуваат во таков тип на проекти.

Рочноста на кредитот претставува времето договорено со банката (заемодавачот) за враќање на кредитот. Идеален кредит е оној кој трае исто толку долго колку и проектот кој се финансира со негова помош. Меѓутоа, во пракса, тоа е често неизводливо. Затоа, потребно е да се дефинира период кој ги покрива главниот дел од инвестициите, посебно оние кои процентуално се најзастапени во вкупните трошоци. Ако кредитот има пократок век од проектот реализиран со негова помош, проектот ќе мора да генерира поголем приход за инвестицијата се отплати што е можно побрзо. Од друга страна, пак, ако кредитот има подолг век од животниот векот на проектот кој се финансира со негова помош, проектот ќе се доведе во ситуација да има потреба од дополнителен кредит за замена на амортизираните елементи, а иницијалниот кредит за истиот проект сèуште нема да биде отплатен. Времето на отплата на кредитот зависи и од типот на проектот и способноста да се генерира со добивка која ќе се исплаќа кредитот. Исто така, времето за исплата е поголемо за поголеми кредити. Така за очекување е доколку се земе кредит од банка за реализација на домашен фотоволтаичен систем (околу 5000 €) рочноста на кредитот да биде 3-5 години, а доколку се земе кредит за финансирање на кредит на фотоволтаична електрична централа периодот на отплата на кредитот да биде од 10-15 години.

Грејс период е времето во кое кредитобарателот сèуште не започнал да го отплаќа кредитот. Меѓутоа, комерцијалните банки оваа можност најчесто ја нудат кога се позајмува поголема сума на пари и кај долгорочните кредити, но не и кај краткорочните. Причината заради која постои овој механизам е да се надмине периодот во кој проектот сèуште не започнал да генерира профит.

Постојат два типа на грејс период. Првиот тип на грејс период е почест и се однесува само на главницата на кредитот. Во текот на грејс периодот, каматата се отплаќа на заемодавачот, но не и главницата на кредитот. На овој начин, по истекот на грејс периодот, кредитобарателот го должи истиот износ на главница како и на почетокот.

Вториот тип на грејс период се однесува на каматата. Во овој случај, каматата не се отплаќа, туку се додава на главницата, а на овој начин, вкупниот износ кој треба да се отплати постојано се зголемува во текот на грејс периодот. Ова не е вообичаено и карактеристично за овој тип на грејс е тоа што периодите се пократки.

Исто така, при договарање на кредитите за финансирање на проекти на фотоволтаични системи треба да се води сметка и за т.н. скриени трошоци кои се јавуваат при аплицирање за кредитот кај комерцијалните банки, како и за дополнителните трошоци кои можат да се јават при затворање на кредитот. Како еден од важните фактори во Договорите за кредитирање се казнените каматни стапки, кои банката има право да ги наплати од заемопримачот (Инвеститорот), доколку тој навреме не ги сервисира своите обврски кон заемодавачот (Банката).

ТАБЕЛА 5.2. Месечна рата на исплата на кредит за реализација на домашен ФВ систем

Висина на кредитот: 5.000,00 €		Домашен фотоволтаичен систем					
Тип на отплата:		месечна					
Години на отплата	Каматна стапка (%)						
	0,5	1	2	3	4	5	6
3	139,96	141,04	143,21	145,41	147,62	149,85	152,11
4	105,23	106,31	108,48	110,67	112,90	115,15	117,43
5	84,40	85,47	87,64	89,84	92,08	94,36	96,66
6	70,51	71,58	73,75	75,97	78,23	80,52	82,86
7	60,58	61,66	63,84	66,07	68,34	70,67	73,04
8	53,14	54,22	56,40	58,65	60,95	63,30	65,71
9	47,36	48,43	50,63	52,88	55,20	57,59	60,03
10	42,73	43,80	46,01	48,28	50,62	53,03	55,51

Во Таб.5.2 се прикажани месечните рати што треба да се исплаќаат на Банката доколку се земе кредит од 5000 € за реализација на домашен фотоволтаичен систем. Во табелата може да се отчита како месечната рата зависи од каматната стапка (%) и од годините на отплата на кредитот. Доколку кредитот со кој се инвестира проектот се разликува од 5.000,00 €, вредноста на месечната рата прикажана во Табелата 5.2, треба да се помножи со висината на земениот кредит и да се подели со 5.000,00. Така на пример, доколку за реализација на домашен фотоволтаичен систем се земе кредит од банка во висина од 7000 €, со каматна стапка од 4% и време на отплата на кредитот од 5 години, од Табелата 5.2 отчитуваме за каматна стапка од 4% и време на отплата на кредитот вредност 92,08 €. За да ја добиеме месечната рата за кредитот чија вредност изнесува 7.000 € таа вредност ја помножиме со 7.000 и ја делиме со 5.000 со што ја добиваме месечната рата за кредитот во вредност од 128,91 €.

5.3.Временска димензија на парите и паричен тек (Cash Flow) на проектот

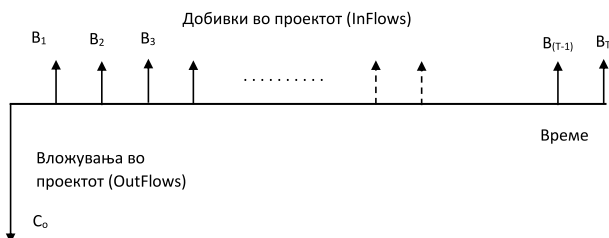
Економската валоризација на техничките проекти, а особено на проектите поврзани со производство на електрична енергија од обновливи извори, е сложена задача која треба првенствено да даде одговор на прашањето дали идните очекувани добивки, со прифатлив ризик, можат да ги оправдаат вложувањата и дали предложените начин на инвестирање се најдобриот начин за остварување на посакуваната цел. Финансиската евалуација на инвестициите во фотоволтаични системи, чија првенствена цел е производство на „чиста“ електрична енергија може да се подели на следниве чекори:

1. Проценка на приливите и одливите во готовински текови на пари (Cash Flow),
2. Усвојување на критериум за евалуација и пресметка на показатели за исплатливост на инвестицијата и
3. Анализа на резултатите, споредба со усвоените критериуми за прифатливост со донесување одлука за прифаќање или одбивање на проектот како инвестиција.

При економска валоризација на проектите општо е прифатен фактот дека денешната вредност на еден долар е поголема од вредноста на тој бројно ист еден долар во иднина ("A nearby penny is worth a distant dollar!"). Оваа констатација за променливата вредност на парите има повеќе причини. Една од нив е тоа што во секое општество, повеќе или помалку е присутна инфлација, која ја намалува куповната моќ на идните пари во споредба со истата количина на тековни пари. Освен тоа, мора да се признае дека од низа причини постои реален ризик за повраток на парите, ризик кој се зголемува како се продолжува времето на чекање. Затоа секој инвеститор првенствено е заинтересиран што побрзо да си ги врати вложените средства и да оствари што е можно поголема добивка. Исто така, во денешнава пазарно ориентирана околина, полна со неизвесност, секогаш е присутна желбата парите да се добијат што е можно побрзо. Затоа и ветувањето за добивање на 1000 € по 5 дена е далеку повредно од ветувањето дека истата количина на пари ќе се добие по 5 година. Логиката за тоа е проста и едноставна: првиот настан е многу произвесен и посигурен во споредба со вториот. Интуитивно: парите можат да се вложат и во банка, па за нив да се добие и соодветна камата, која за пет години, иако денес каматните стапки во банките се мали, сепак ќе ја зголеми почетната вредност на влогот.

Трета причина за воведување на временската димензија на вредноста на парите е можноста за нивно следно инвестирање. Така, еден денешен долар е повреден од еден долар добиен по една година бидејќи тој може продуктивно да се инвестира и оплоди во текот на таа една година. Чекајќи да помине една година за да се добијат парите, фактички се прави загуба (трошок) заради пропуштената можност, која е еднаква на очекуваната добивка од пропуштената инвестиција. Бидејќи вредноста на парите има временска димензија, при економските анализи на проектите, практично е невозможно просто собирање на готовинските текови на пари (cash-flows) кои се случуваат во различни временски периоди. Затоа со цел да се сведат сите готовински текови на пари на една референтна точка се користи методот на актуализација со кој сите парични текови се актуализираат со помош на стапка на актуализација (дисконтна стапка) на почетната година на стартување на проектот.

Паричен тек или протек на пари (Cash Flow) претставува разлика помеѓу сите идни приходи (Cash In Flows) и расходи (Cash Out Flows) во номинален износ поврзани за одреден период и даден инвестиционен проект. Паричните токови се претставува на една временска оска, при што на негативниот дел на оската со стрелка насочена надолу се нанесуваат трошоците кои се јавуваат во проектот, а на позитивниот со стрелка насочена нагоре се нанесуваат очекуваните добивки од преземање на проектот. На сл.5.6 е прикажан типичен паричен тек за еден домашен фотоволтаичен проект, каде инвестициите се во почетната (нулта) година (C_0), додека во останатиот период на експлоатација на проектот се предвидени позитивни парични приливи заради произведената електрична енергија од домашниот фотоволтаичниот систем.



Слика 5.4: Типичен Cash Flow дијаграм за проект на домашен фотоволтаичен систем

5.4. Методи за економска анализа на проекти од обновливи извори на енергија

Методите кои се употребуваат за проценка на економската ефикасност на инвестиционите проекти за производство на електрична енергија од обновливи извори е сложен процес која бара технички и економски познавања. Проект-менаџерите мора многу добро и суштински да ги познаваат методите за економска анализа, бидејќи нивната правилна примена е значајна за објективна проценка на ефикасноста на инвестицијата, како и за селекција и рангирање на инвестиционите проекти. Проект-менаџерите, исто така, мораат да ги разликуваат инвестиционите критериуми од методите за пресметување на економските ефективности на инвестициите. Инвестиционите критериуми тежнеат кон постигнување на некој одреден ефект (максимизација на профитот, минимизирање на трошоците, максимизација на вкупното производство и сл.), додека методите за проценка на економските ефективности на инвестиција ни овозможуваат врз база веќе утврдените критериуми да направиме избор помеѓу повеќето можни инвестициони проекти.

Понатаму, во овој Водич, ќе ги објасниме најприфатените и најразвиените методи за проценка на економските ефективности на инвестициони проекти во инженерската практика со осврт за нивната примена на различни типови на проекти поврзани со анализа на економската ефикасност на вложувањата во фотоволтаичните системи за производство на електрична енергија.

Во процесот на вреднување и одлучување се тежи да се елиминира временската димензија на вредноста на парите. Затоа и методите кои се користат за валоризација на проектите вршат сведување на сите приходи и расходи од проектот на исто референтно време. Сегашна вредност на парите е тековна вредност на идните износи на пари или серија на плаќања евалуирани по дадена стапка на актуализација (дисконтна стапка).

Стапката на актуализација (дисконтна стапка, Discount Rate, или стапка на капитализација, Capitalisation Rate) е каматна стапка која се користи за да паричните токови што се случуваат во иднина се конвертираат во сегашни вредности. Сегашната вредност на парите се пресметува според следнава формула:

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

каде што:

PV - сегашна вредност на паричниот ток;

FV_n - вредност на паричниот ток што се случува во година n ;

k - каматна стапка за конверзија на идните парични токови во сегашни;

s_a - стапка на актуализација (дисконтна стапка – discount rate);

Вообичаено, економско финансиските анализи се прават со стапки на актуализација кои се за неколку процентни поени поголеми од важечките камати во комерцијалните банки. Стапката на актуализација врши обезвреднување на паричните токови што се случуваат во далечна иднина. Таа во себе го вклучува и ризикот, при што во поризични проекти или со преметка со валута која има поголем ризик од губење на својата вредност се применуваат пресметки со поголеми стапки на актуализација. Како економски методи преку кои можат да се изврши финансиска анализа на вложувањата во проект на домашна фотоволтаична централа во овој прирачник ќе ги обработиме:

- Методот кој базира на пресметка на потребното време за враќање на инвестицијата
- Методот на нето сегашна вредност и
- Методот ефекти/трошоци кој базира на пресметка на индексот на профитабилност
- Методот кој базира на пресметка на потребното време за враќање на инвестицијата
- Методот на нето сегашна вредност и
- Методот ефекти/трошоци кој базира на пресметка на индексот на профитабилност

5.4.1. Метод - Време за враќање на вложените средства

Со методот за време потребно за враќање на вложените средства (Pay Back Period - PBP) се пресметува (проценува) времето потребно за да се врати износот на долгорочно вложените средства. Притоа се пресметува најмалото време T , за кој сумарниот нето паричен прилив сведен на сегашно време ќе ги покрие иницијалните инвестиции. За проект на домашен фотоволтаичен систем каде што иницијалните вложувања се случуваат во почетната година, времето на повраток на инвестицијата е она најмало време T за кое е исполнет условот:

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

Важно е да се истакне дека времето (бројот на години) за враќање на средствата не мора да се совпадне со економскиот век на инвестициониот проект, кој е поправило подолг. Изборот на рокот за враќање на средствата главно се базира на технолошкиот напредок. Всушност, индустриските компании се соочуваат со се пократок циклус на технологиите, како и со растечката конкуренција на пазарот, па заради тоа потребно е да биде што пократко, бидејќи брзото враќање на инвестиционите вложувања значи и поголема сигурност и ликвидност на инвестицијата на компанијата која вложува. Со други зборови, проектите со пократок рок на враќање на вложените средства го намалува ризикот на инвестирањето. Се смета дека степенот на ризикот расте право пропорционално со големината на рокот на враќање на средствата.

Добра страна на овој метод е едноставноста, па тоа е еден од факторите на неговата популарност во инженерската пракса. Тој може да се користи за споредување на повеќе алтернативни проекти, при што ефективен е оној кој има пократок рок на враќање на вложените средства, односно кој има помало t и обратно, ќе се отфрли оној проект кој има поголемо t . Овој метод е доста популарен и помеѓу инвеститорите кои сакаат да знаат за колку време можат да очекуваат поврат на вложените средства. Методот може да даде добри индикации за исплатливоста на вложување во еден домашен фотоволтаичен систем. Меѓутоа, ако се работи за целосна и сѓопфатна економска анализа на исплатливоста на вложувањата во посложени и поскапи проекти се користат и се повеќе ценети методот на нето сегашна вредност, пресметката на индексот на профитабилности и внатрешната стапка на рентабилност на проектот.

5.4.2. Метод на нето сегашна вредност

Пресметката на сегашната вредност на проектот (Net Present Value - NPV) се сведува на пресметка на два еквивалентни готовински текови на пари, кои се случуваат во време нула, т.е. во моментот на изведување на анализата. **Нето сегашната вредност на проектот** (Net Present Value - NPV) претставува разлика помеѓу сегашната вредност на сите готовински приходи (Cash InFlows-CIF) или бенефити (B) и сегашната вредност помеѓу сите готовински расходи во проектот (Cash OutFlows-COF), односно трошоци (C). Ако претпоставиме дека траењето на проектот е $nT=$ години, а годишните готовински текови на пари се случуваат на крајот од секоја година, равенката според која може да се пресмета нето сегашна вредност (NPV) може да се напише во следнава дискретна форма:

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

каде што:
 B_i - добивки (бенефити) кои настануваат во годината i ;
 C_i - трошоци кои настануваат во годината i ;
 s_a - стапка на актуализација (дисконтна стапка – discount rate);

Методот на нето сегашна вредност е применлив за секаков тип на проекти. Овој метод е теориски издржан и квантитативен и овозможува споредба на приливи и одливи на парични средства во исти временски точки. Добра страна на методот е што го уважува целиот економски век на проектот.

Може да се заклучи дека нето сегашната вредност претставува показател за тоа колкави се очекуваните добивки, сведени на денешно време, што ќе се добијат со преземање на анализираниот проект. Како таков може да му помогне на Инвеститорот во проекти на фотоволтаични системи за производство на електрична енергија да ги процени очекуваните добивки во тек на целиот економски век на проектот и да одлучи дали тие се доволно големи за да проектот се прифати како инвестиција.

ТАБЕЛА 5.3. Критериуми за прифатливост на проектот според методот на нето сегашна вредност

Ако...	Значи...	Тогаш...
NPV > 0	Инвестицијата ќе ги зголеми приходите на домаќинството	Проектот може да се прифати
NPV < 0	Инвестицијата ќе ги намали приходите на домаќинството	Проектот треба да се одбие
NPV = 0	Инвестицијата ниту ќе ги зголеми ниту ќе ги намали приходите на домаќинството	Одлуката не може да се донесе врз база на овој фактор. Треба да се земат предвид други фактори и направат дополнителни анализи.

Од економска гледна точка проектот е прифатлив за инвестиција доколку пресметаната нето сегашната вредност е позитивна. Доколку пак нето сегашната вредност на проектот е негативна тогаш тој се отфрла, како неприфатлив за инвестиција. Критериумите за прифатливост на инвестицијата сликовито се прикажани во Таб.5.3. Овој метод може да послужи и за споредба на проекти чија големина на инвестиции е приближно иста. Примената на овој метод може да му помогне на Инвеститорот правилно да ги насочи своите инвестиции и од нив за себе да оствари максимална добивка.

Кога се работи за домашни фотоволтаични системи инвестициите не се големи и истражувањата покажуваат дека може да се очекуваат позитивни добивки при подолг рок на експлоатација.

Во литературата се наведуваат и повеќе слаби страни на методот на нето сегашна вредност меѓу кои ќе ги споменеме:

1. Субјективноста на проценката на стапката на актуализација (дисконтна стапка) - превисока или прениска стапка на актуализација је менува суштината за ефикасноста на проектот како инвестиција
2. Критериумот не го изразува доволно добро влијанието на должината на оперативниот период. Споредба на два проекти со различен експлоатационен период може да биде несигурна.
3. При рангирање и селекција на проектите не ги изразува непосредно различните односи на инвестициите. На пример, проектот А со вкупен бенефит од 102 мил. € и трошок од 100 мил. € има еднаква нето сегашна вредност како и проект Б во кој вкупната корист е 12 мил. €, а вкупната вредност на трошоците се 10 мил. €.

5.4.3. Пресметка на индексот на профитабилност – Benefit/Cost метод

Друг показател кој се користи за валоризација на проектите е **индексот на профитабилност** (Profitability Index - PI) или често познат како **количник корист/трошок** (Benefit-Cost Ratio - BCR). Со примена на овој метод се надминува третата слаба страна на методот на нето сегашна вредност кој не го изразува добро релативниот однос на инвестициите. Со примена на овој метод, индексот на профитабилност на проектот А изнесува 1,02 додека индексот на профитабилност на проектот Б изнесува 1,2. Тоа претставува добар индикатор дека проектот Б е подобар како инвестиција во споредба со проектот А, што може и интуитивно да се заклучи и заради зголемениот ризик за реализација на иста добивката во проектот А како и во проектот Б, но со 10 пати зголемен ангажиран капитал. Индексот на профитабилност се пресметува како количник на сегашната вредност на сите готовински приходи и сегашната вредност на сите готовински расходи во проектот. Се пресметува според формулата:

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

Доколку инвестициите се случуваат само во почетната година, што е најчест и многу реален случај при поставување на фотоволтаичен систем за производство на електрична енергија во домаќинствата, индексот на профитабилност се пресметува како количник помеѓу сегашната (актуализирана/дисконтирана) вредност на оперативниот готовински тек и сегашната вредност на иницијалните инвестиции.

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

B_{nj} - нето добивка во годината j , после одбивање на сите трошоци, вклучувајќи ги и даноците
 I_0 - почетна инвестиција
 s_a - стапка на актуализација (дисконтна стапка – discount rate);

Очигледно, инвестицијата е прифатлива доколку индексот на профитабилност е поголем од 1,0. Доколку, пак индексот на профитабилност е помал од 1,0 инвестицијата не е прифатлива за реализација. Во случај кога индексот на профитабилност на проектот е еднаков на единица, проектот е на границата на прифатливост. Критериумите за прифатливост на инвестицијата според овој критериум се прикажани во Таб.5.4.

ТАБЕЛА 5.4 – Критериуми за прифатливост на проектот според индексот на профитабилност (Benefit/Cost метод)

Ако...	Значи...	Тогаш...
$PI > 1$	Инвестицијата ќе ги зголеми приходите во домаќинството	Проектот може да се прифати
$PI < 1$	Инвестицијата ќе ги намали приходите во домаќинството	Проектот треба да се одбие
$PI = 1$	Инвестицијата ниту ќе ги зголеми ниту ќе ги намали приходите во домаќинството	Одлуката не може да се донесе врз база на овој фактор. Во тој случај треба да се земат предвид други дополнителни фактори.

Во случај на споредба на два проекти преку Benefit/Cost методот, од економски аспект поприфатлив е оној проект чиј индекс на профитабилност е поголем.

5.4.4. Анализа на случај – градба на домашен фотоволтаичен систем

Градбата на домашен фотоволтаичен систем има првенствена цел да произведе електрична енергија која ќе ги задоволи потребите на домаќинството. Иако, во Македонија сèуште не постои соодветна Законска регулатива за балансирање, домаќинството во периодите кога произведува поголема количина на електрична енергија од сопствените потреби треба да го предава вишокот во дистрибутивната мрежа, додека во периодите кога фотоволтаичниот систем произведува помалку електрична енергија од потребите, недостатокот да се презема од дистрибутивната мрежа.

Обично, домашните фотоволтаични центри се инсталираат на покривните конструкции на куќите. Тие имаат релативно мал капацитет, неколку kWp, и се поврзани на мрежата преку инвертор, адаптиран според капацитетот на фотоволтаичниот генератор.

Кога станува збор за монтирање на соларни модули на коси покриви, тогаш мора да се нагласи дека заради топлината ќе се случуваат дополнителни загуби на енергија. Доколку модулите се поставени на растојание од 10 cm од покривот, се проценува дека загубите се движат помеѓу 1.5% и 2.5% во однос на системите коишто се поставени под ист наклон но се комплетно одвоени. Доколку системите се интегрирани на покривот, заради недостаток на вентилација загубите ќе се движат помеѓу 4% - 5% во однос на одвоените соларни системи.

Во однос на цената потребна за градба на домашен фотоволтаичен систем радува фактот дека во периодот од 2008 до 2017 година има намалување на цените за околу 4 пати, со што инвестицијата во овие домашни фотоволтаични системи станува се попривлечна.

Во анализите што ќе бидат презентирани во продолжение во овој Водич, ќе бидат анализирани економските аспекти од градба на домашни фотоволтаични системи со инсталирана моќност од 3, 4 и 5 kWp. При тоа, цената на произведената електрична енергија ќе биде формирана врз база на цената на електрична енергија која во скапа тарифа изнесува 5,56 денари/kWh, а во евтина тарифа 2,78 денари/kWh. На овие цени треба се додаде и данокот на додадена вредност (ДДВ) кој изнесува 18%. Врз основа на овие податоци формирана е просечната цена на произведената електрична енергија која се користи во домаќинствата, а која ќе биде супституирана од електричната енергија произведена од домашниот фотоволтаичен систем со вредност од 0,1€/kWh (1€= 61,5 ден). Во Таб.5.5 се прикажани основните параметри со кои се спроведени анализите во овој Водич, а со цел да се даде реална слика за исплатливоста на инвестицијата, како и да се предложат соодветни мерки за доближување на фотоволтаичните системи за производство на електрична енергија до домаќинствата. Деградацијата на сончевиот панел обично изнесува од 0,5 – 1% годишно. Во овие анализи коефициентот на деградација е усвоен да изнесува 0,8% годишно.

ТАБЕЛА 5.5 Основни влезни претпоставки за анализа на домашен фотоволтаичен систем

Инсталирана моќност	Цена €	Е (kWh/год)	Одржување €/год
3 kWp	4000	4200	60
4 kWp	5000	5600	75
5 kWp	6000	7000	90

Во Таб.5.6. е прикажано времето потребно за повраток на инвестицијата за типични домашни фотоволтаични системи со инсталирана моќност од 3 kWp, 4 kWp и 5 kWp, во зависност од стапката на актуализација која е во опсег од 0-5%. Од резултатите се гледа дека дури и кога се работи за занемарување на временската димензија на парите времето на повраток на инвестицијата е поголемо од 10 години. Времето на повраток на инвестицијата е помало за домашните фотоволтаични системи со поголема инсталираност. Реалните анализи, со стапка на актуализација од 4% покажуваат дека времето на повраток на Инвестиција е поголемо од 15 години. Ова укажува за потребата од додатно субвенционирање од страна на државата на потенцијалните инвеститори со цел да се охрабрат овие зелени инвестиции и со цел домаќинствата да можат да се вклучат во производство на електрична енергија за сопствени потреби.

ТАБЕЛА 5.6 Потребно време за повраток на инвестицијата во зависност од стапката на актуализација и инсталираната моќност на домашниот фотоволтаичен систем

	0%	1%	2%	3%	4%	5%
3 kW	11,82	12,94	14,22	16,10	19,13	27,73
4 kW	10,91	11,78	12,88	14,33	16,43	20,19
5 kW	10,38	11,16	12,12	13,37	15,08	17,83

Во Таб. 5.7 е прикажана нето сегашна вредност на проектот (во €) во зависност од бројот на години на експлоатација на ФВ – системот при стапка на актуализација од $s_a=2\%$ и $s_a=4\%$

ТАБЕЛА 5.7. Нето сегашна вредност за стапка на актуализација од $s_a=2\%$

	15 год	20 год	25 год.	30 год
3 kW	167,24	1126,80	1914,34	2551,09
4 kW	631,32	1935,34	3010,79	3884,79
5 kW	1095,40	2744,68	4107,24	5218,47

ТАБЕЛА 5.8 – Нето сегашна вредност на проект на домашна фотоволтаична централа во зависност од годините на експлоатација и инсталираност за стапка на актуализација од $s_a=4\%$

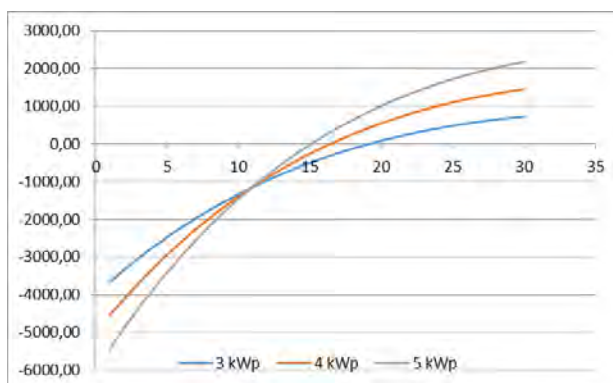
	15 год	20 год	25 год.	30 год
3 kW	-501,94	87,42	484,27	728,99
4 kW	-260,93	549,89	1104,03	1455,31
5 kW	-19,91	1012,36	1723,79	2439,40

Од анализите може да се заклучи дека инвестицијата во домашен фотоволтаичен систем се инвестиција која се исплаќа на подолг временски рок. Анализата на паричниот ток покажува дека ваков систем почнува да генерира добивка дури после 15 години експлоатација. Притоа поголема исплатливост има инвестицијата во домашен фотоволтаичен систем со поголема инсталираност заради помалите специфични трошоци по инсталиран kWp.

Значајна добивка се добива доколку периодот на експлоатација на фотоволтаичниот систем е 25-30 години. Тоа укажува на фактот дека ако се произведат фотоволтаични панели со подолг животен век и со помал степен на деградација во голема мерка ќе се придонесе за зголемување на ефикасноста на вложувањето. Тука, исто така, како ризик кој може да ги подобри економските перформанси на инвестицијата е зголемувањето на цената на електрична енергија, која во Р. Македонија има социјален елемент.

Од аспект дали да се вложи сега или после неколку години, проценката на инвеститорот треба да опфати и анализи на трендот на зголемување на ефикасноста на фотоволтаичните панели, намалување на нивната цена, како и на акумулирање на искуство во експлоатацијата на домашните фотоволтаични панели со што би се намалил и ризикот на инвестицијата.

Паричниот ток домашниот фотоволтаичен систем во зависност во инсталираноста за стапка на актуализација од $s_a=4\%$ е прикажан на Сл. 5.9:



Слика 5.5: Паричен тек во период за домашен фотоволтаичен систем во зависност од неговата инсталираност

Од направените анализи може да се заклучи дека за да се охрабрат домаќинствата да инсталираат сончеви панели на покривите на своите куќи неопходно потребни се поттикнувачки механизми. Затоа, е потребно да се предвидат субвенција од државата за домашни фотоволтаични системи во висината што ќе обезбеди времето на повраток на инвестицијата да се сведе на 7-8 години. Проценка е дека ако се субвенционира еднократно 25-30% од вредноста на почетната инвестиција дека овие системи ќе станат многу поатрактивни за граѓаните.

Исто така, со либерализација на пазарот на електрична енергија се внесува дополнителна неизвесност во однос на цените на електрична енергија, кои се очекува да бидат во благ пораст, што од аспект на инвестицијата ќе донесе многу поповолни економски резултати.

Во продолжение во Прирачникот се направени уште две дополнителни анализи кои имаат за цел да ги охрабрат инвеститорите имајќи ги предвид реалните очекувања за намалувања на цените на фотоволтаичните системи и зголемувањето на цената на електричната енергија на пазарот.

Најпрвин е направена пресметка на времето на повраток на инвестицијата и нето сегашната вредност во зависност од инсталираноста и стапката на актуализација при претпоставка дека цените за фотоволтаичниот систем се помали за 20% од оние прикажани во Таб.5.9.

Имено, за фотоволтаичниот систем со инсталираност од 3 kWp цената е усвоена да изнесува 3200 €, за 4 kWp цената е 4000 €, а за инсталираност од 5 kWp цената е 4800 €. При пресметка на нето сегашната вредност, која е индикатор за остварената добивка пред оданочување е претпоставено дека времето на експлоатација на фотоволтаичниот систем е 20 години. Резултатите од пресметките се прикажани во Таб.5.9 и Таб.5.10 соодветно.

ТАБЕЛА 5.9 – Потребно време за повраток на инвестицијата во зависност од стапката на актуализација и инсталираната моќност на домашниот фотоволтаичен систем (намалени цени за ФВ систем за 20%)

	0%	1%	2%	3%	4%	5%
3 kW	9	9,58	10,26	11,08	12,13	13,55
4 kW	8,35	8,83	9,41	10,07	10,90	11,96
5 kW	7,97	8,40	8,93	9,51	10,22	11,12

ТАБЕЛА 5.10 – Нето сегашна вредност за период на експлоатација од 20 години изразена во евра во зависност од стапката на актуализација и инсталираната моќност на домашниот фотоволтаичен систем (намалени цени за ФВ систем за 20%)

.	0%	1%	2%	3%	4%	5%
3 kW	3534	2803	2167	1612	1127	701
4 kW	5059	4083	3236	2497	1850	1282
5 kW	6584	5364	4305	3380	2572	1862

Дополнителни анализи се направени, со цел да се види влијанието на цената на електричната енергија врз економските показатели на проектот. Бидејќи се очекува цената на електричната енергија да расте, во Таб.5.11 и Таб.5.12 се прикажани времето на повраток на инвестицијата и очекуваната нето сегашна вредност, ако се претпостави дека цените за фотоволтаичниот систем се помали за 20% од цената на електричната енергија, а цената на електричната енергија е зголемена за 20% и изнесува 0,12 €/kWh.

ТАБЕЛА 5.11 – Потребно време за повраток на инвестицијата во зависност од стапката на актуализација и инсталираната моќност на домашниот фотоволтаичен систем (намалени цени за ФВ систем за 20%, зголемени цени за електричната енергија за 20%)

	0%	1%	2%	3%	4%	5%
3 kW	7,28	7,65	8,06	8,54	9,1	9,77
4 kW	6,76	7,08	7,43	7,83	8,30	8,83
5 kW	6,46	6,75	7,06	7,42	7,83	8,30

ТАБЕЛА 5.12 – Нето сегашна вредност за период на експлоатација од 20 години изразена во евра во зависност од стапката на актуализација и инсталираната моќност на домашниот фотоволтаичен систем (намалени цени за ФВ систем за 20%, зголемени цени за електричната енергија за 20%)

	0%	1%	2%	3%	4%	5%
3 kW	5073	4195	3432	2767	2184	1673
4 kW	7111	5940	4923	4036	3260	2578
5 kW	9148	7685	6413	5305	4334	3482

Анализата на резултатите покажува дека времето на повраток на инвестицијата кое изнесува околу 8 години е сосема прифатливо за ваков тип на проекти. Исто така, на подолг рок, со вложување во домашен фотоволтаичен систем може да се оствари добивка која одговара на добивката доколку истите тие средства се вложат во банка со каматна стапка од 3,5-4%.

Исто така економската исплатливост на вложувањата се очекува во иднина да се зголеми, а со тоа и интересот за нивна инсталација заради:

- Потребата од обезбедување на сопствено производство од обновливи извори
- Градба на домашните фотоволтаични системи кои ќе напојуваат повеќе домаќинства
- Обезбедување на субвенции и грантови преку проекти од фондовите на ЕУ