

## Основни компоненти на соларно-термички уреди

### Колектори

Колекторите ја имаат задачата сончевото зрачење (директно или дифузно) колку е можно поцелосно да го претворат во топлина и истата со што е можно помали загуби да ја предадат понатаму.

Постојат различни видови и градежни форми за поинакви области на примена со специфични трошоци и делувања.

### Дневна потрошувачка на топла вода

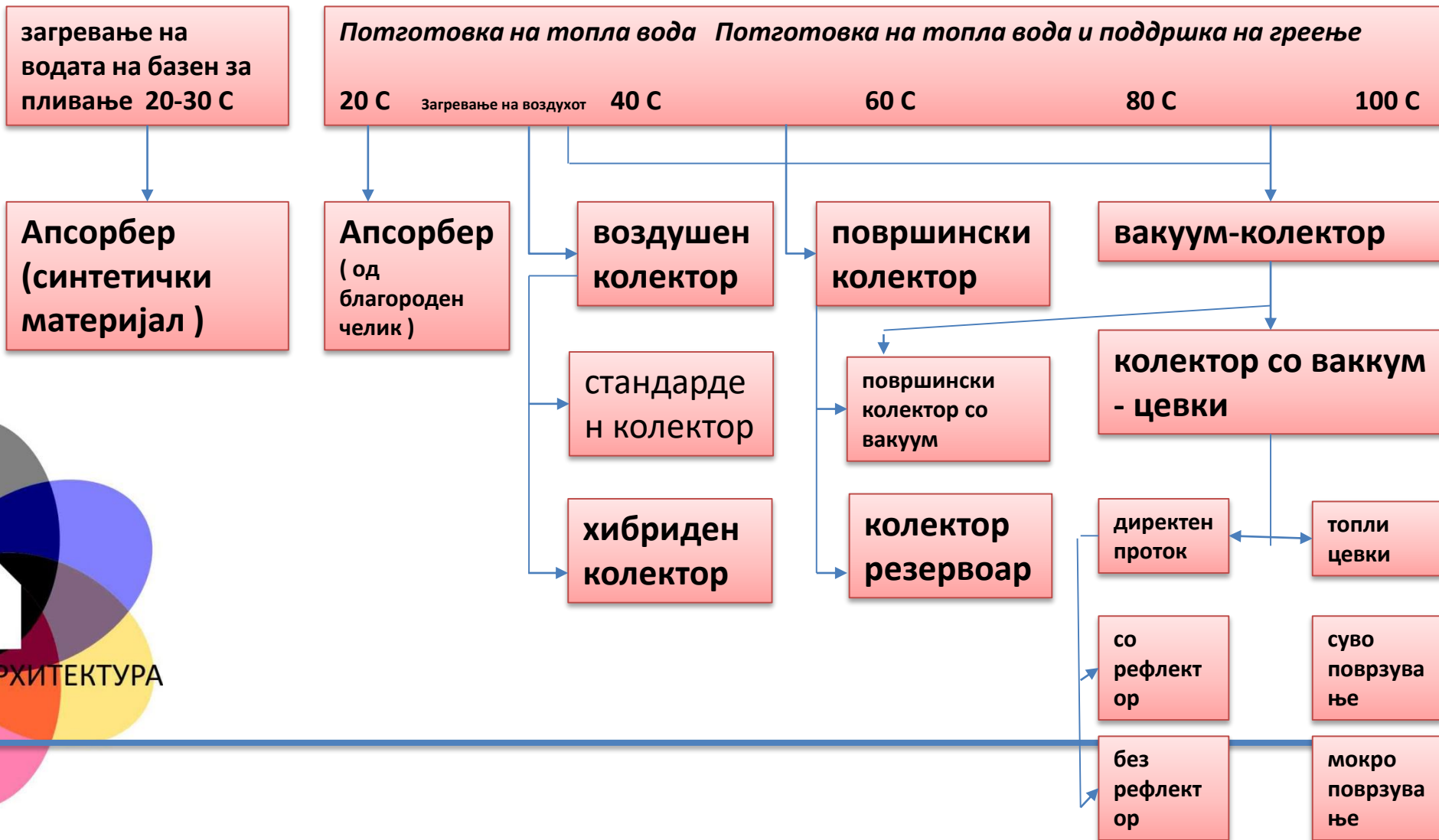
- **Ниски барања 10-40 lit./особа/ден**
- **Среедни барања 40-70 lit./особа/ден**
- **Високи барања 70-100 lit./особа /ден**

Оптималното димензионирање на соларниот систем за топла вода може да задоволи од 45% до 75% годишни потреби, а околу 30% топлинска енергија за греење на просторот

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија



# Обновливи извори

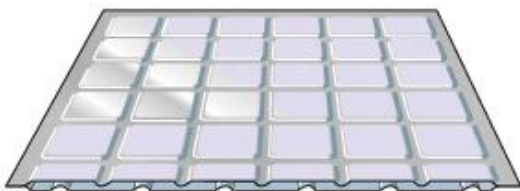
## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Незастаклени  
колектори

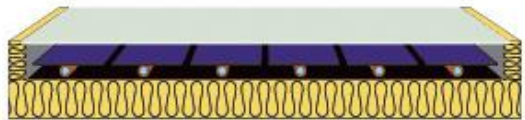


Апсорбер од синтетички материјал



апсорбер од благороден челик

Површински  
колектори



стандарден  
површински колектор

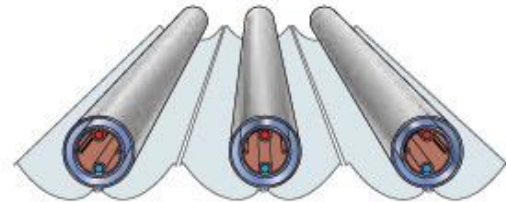
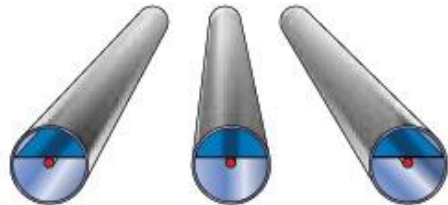


површински колектор  
со вакуум



воздушен  
колектор

Колектори со вакуум  
цевки



## Обновливи извори

### СОЛАРНА ТЕРМИЈА

#### Загревање вода со користење сончева енергија

За опишување на геометријата на колекторите во документите за производство се употребуваат различно дефинирани површини, кои не смеат да се заменат една со друга.

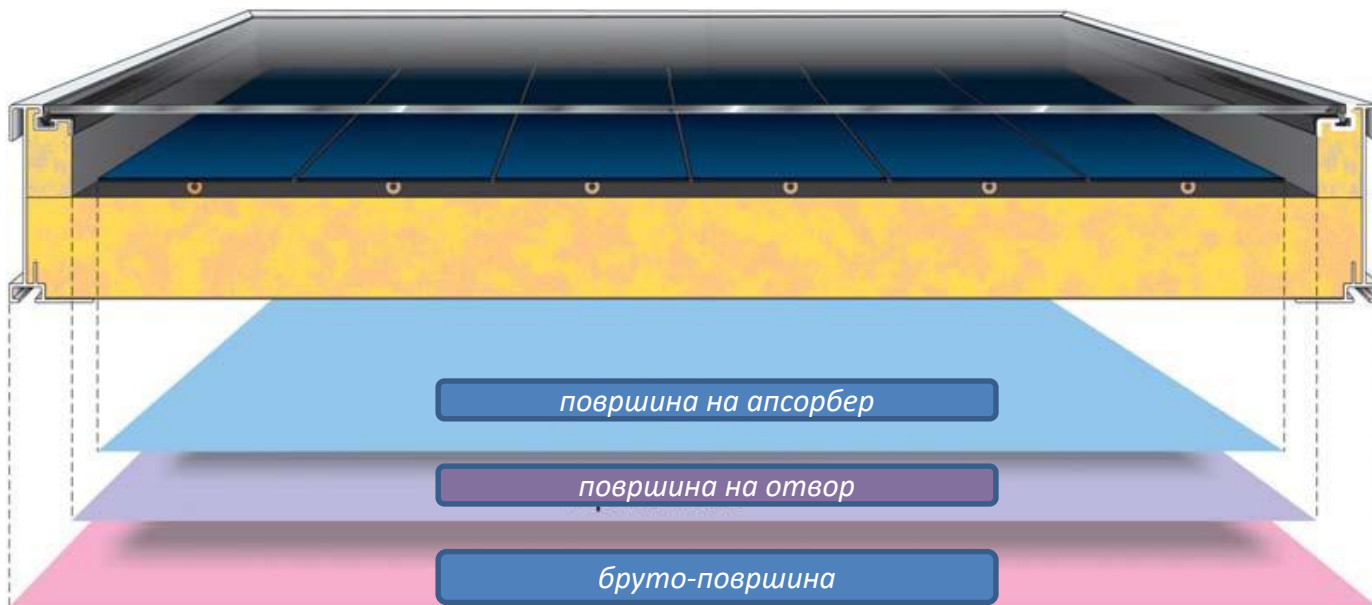
- Бруто-површината (површина на колектор) е производ на надворешните димензии (должина x широчина) на колекторот и кажува на пр. која површина за монтажа на покрив најмалку е потребна.
- Површината на отворот содејствува на површината за влез на светлина во колекторот, значи површината низ која соларното зрачење влегува во колекторот директно или преку рефлексija и може да стигне до апсорберот.
- Површината на апсорберот (исто така наречена и делотворна површина на колектор, ефективна површина) содејствува на горната површина на платината на апсорберот.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност



При постапката за проверка на колектор според EN 12975, Дел 1 и 2 се пресметуваат мерни единици кои се однесуваат како на површината на отворот така и на онаа на апсорберот. EN 12975 до 12977 е европска норма за соларно-термички уреди за затоплување на санитарна вода и поддршка на греењето, како и за компоненти на такви уреди. Кај податоци на производителите најчесто се одбира површината на апсорбер како површина која се зема предвид. Исклучок: колектори со вакуум-цевки со рефлектор. Во овој случај приемната површина (рефлектор = површина на отворот) е стандардна. Вкупното настанато зрачење тука се рефлектира на апсорберот.

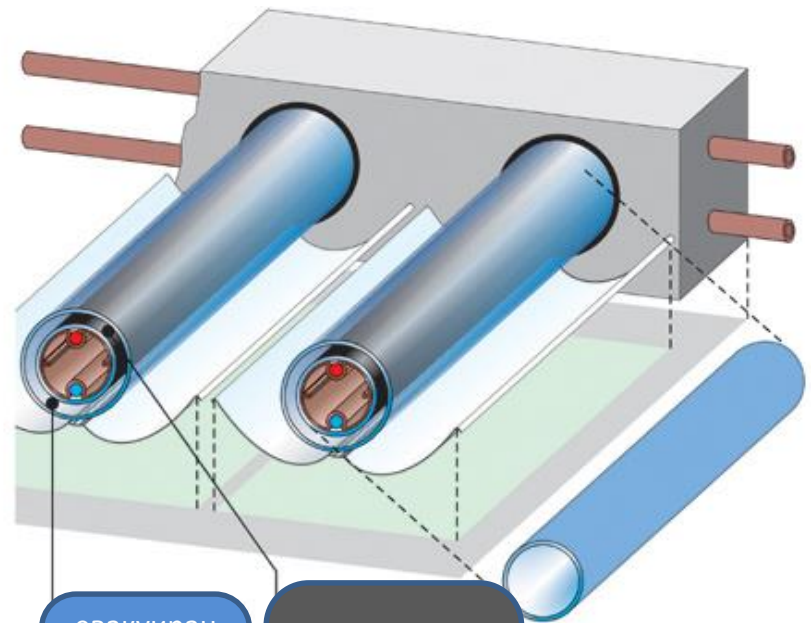
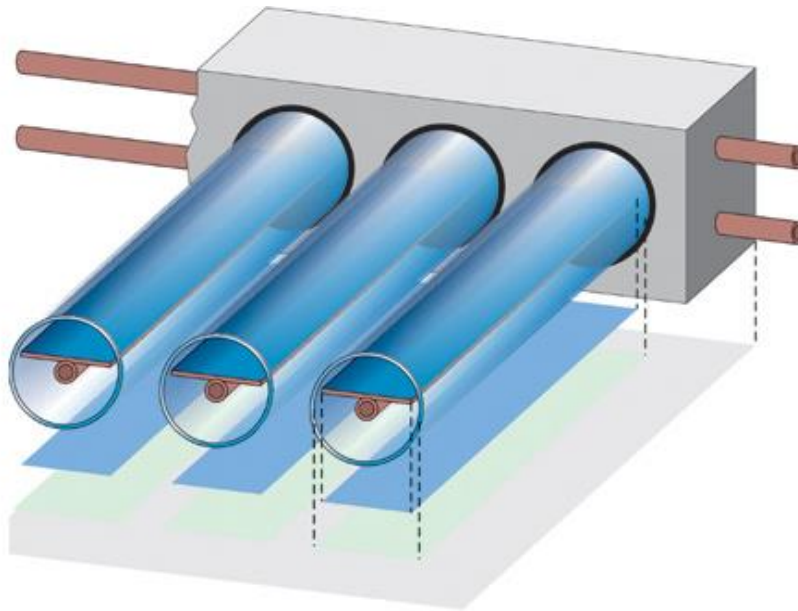
Површина на апсорбер = надврешниот обем апсорбер x должина апсорбер x број на цевки.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

# Обука за енергетска ефикасност



Површина  
на  
апсорбер

површина  
на отвор

Бруто  
површина

евакуиран  
простор  
на прстен  
пomeѓу  
надвореш  
на и  
внатрешна  
цевка

Надворешно  
зацрнет,  
односно  
обложен  
апсорбер

### Незастаклени колектори (апсорбери)

Оваа градежна форма се состои само од апсорбер. Примарно ја има како апсорбер од благороден челик и апсорбер од синтетички материјал.

**Апсорберите од синтетички материјал се употребуваат исклучиво за затоплување на вода во базени за пливање.**

### Апсорбер од благороден челик

Како селективно обложен апсорбер од облагороден челик служи за претходно загревање на санитарна вода.

Овој колектор има помало корисно дејство отколку површински колектор, бидејќи му недостасува стаклена покривка, куќиште и топлинска изолација. **Поради тоа покажува поголеми топлински загуби, зависни од ветрот, но поради едноставната изведба има многу поволна цена.** Недостатокот од стаклена покривка има предност што загубите на рефлексија како и зависност од аголот на зрачење се значително помали во споредба со застаклените колектори.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

Апсорберите од благодарен челик можат да се инсталираат и во осцилациони форми



Вид на апсорбер	Добивки Германија
Апсорбер за базен за пливање	200 – 300 kWh/m <sup>2</sup> a
Назастаклен апсорбер од благороден челик	250 – 300 kWh/m <sup>2</sup> a
Површински колектор	350 – 500 kWh/m <sup>2</sup> a
Колектори со вакуум-цевки	400 – 600 kWh/m <sup>2</sup> a



### Предности на незастаклениот колектор:

- Апсорберот ја заменува покривката на покривот; со тоа може да се заштеди --покривањето на покривот (на пр. обложување со ламарина од цинк). Со одземање на избегнатите трошоци ова доведува до поволни цени за топлина.
- Соодветен е за најразлични форми на покрив: рамен покрив, накосен покрив, кров --со керамиди, значи може да се адаптира на благи кривини.
- Можни се и естетско задоволителни решенија кај покриви со ламарина во споредба --со застаклените колектори.

### Недостаток:

- Поради малото специфично дејство потребно му е повеќе површина отколку на --површински колектор.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

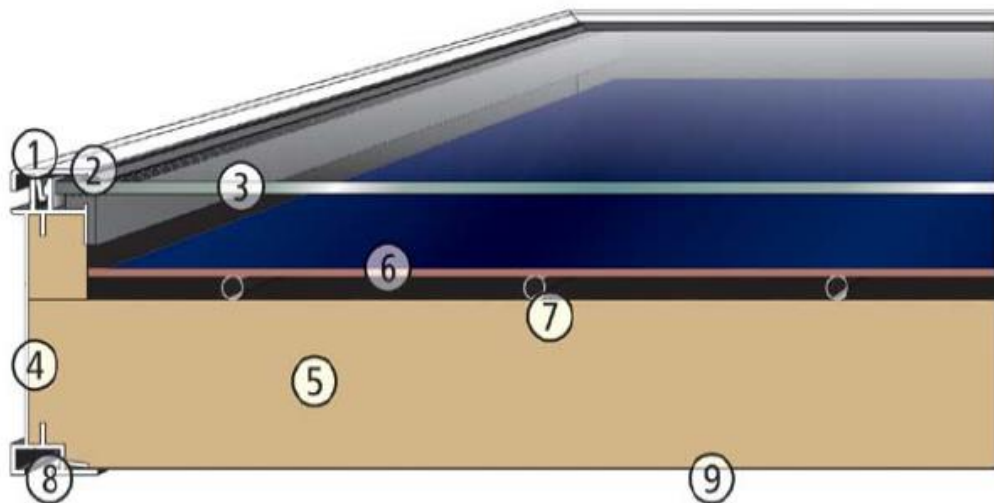
Обука за енергетска ефикасност

### Површински колектори

#### Градба/елементи на еден површински колектор:

Сите површински колектори на пазарот се состојат од метален апсорбер во рамно, правоаголно куќиште. На задната страна и на тесната страна има топлинска изолација и на предната страна, која е свртена кон сонцето, е надграден со транспарентно покривање. Два приклучоци за цевки за довод и одвод на медиумот носител на топлина најчесто водат странично од колекторот.

8- жлеб за прицврстување  
/ 2-изолација / 7-канал за течност  
1-рамки / 4-рамки страничен сиден профил /  
-9- заден сид / 3- транспарентно покривање  
/ 6-полн површински апсорбер / 5-топлинска изолација



АРХИТЕКТУРА

Без стаклено покривање тежат површинските колектори околу 8 до 12 kg/m<sup>2</sup>, со стаклена плоча околу 15 до 20 kg/m<sup>2</sup>. Се произведуваат во различни големини: од 1,5 m<sup>2</sup> до 12,5 m<sup>2</sup>, во одредени случаи и поголеми. Вообичаената големина изнесува околу 2 m<sup>2</sup>, значи овој колектор тежи околу 40 kg.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Апсорбер

**Основен дел на еден површински колектор е апсорберот.** Тој се состои од лим кој добро спороведува топлина (на пр. од бакар или алуминиум, на цела површина или во ленти) со темно обложување и со него поврзани бакарни цевки. Соларното зрачење кое паѓа на апсорберот, претежно се апсорбира и делумно рефлектира. Со апсорпцијата настанува топлина, која преку лимор се насочува кон бакарните цевки или каналите кои се носители на топлина. Низ нив струи течноста- носител на топлина, која топлината ја прима и ја транспортира кон резервоарот.

Задачата на еден сончев колектор е од сончевото зрачење да произведе што е можно поголеми добивки на топлина. **Поради тоа, намерата е да му се даде на апсорберот поголем коефициент на апсорпција  $\alpha$  за светлина и низок коефициент на емисија  $\epsilon$  за топлина.** Тоа се постигнува со селективно обложување. Црното лакирање има поинаква структура на слоеви, која го оптимира претворањето на соларното зрачење во кратки бранови во топлина, спротивно на тоа топлинското зрачење во долги бранови го одржува што е можно помало.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

## Апсорбер

Коефициентите на апсорпција и емисија на различни горни површини



Бакарен лим

$$\alpha = 0,05$$
$$\varepsilon = 0,04$$



Црн лак

$$\alpha = 0,95$$
$$\varepsilon = 0,85$$



Црн хром

$$\alpha = 0,95$$
$$\varepsilon = 0,12$$



PVD-/CVD-слоеви

$$\alpha = 0,95$$
$$\varepsilon = 0,05$$

Селективното обложување порано се состоеше по правило од црн хром или црн никел. Од пред неколку години се нудат селективни слоеви, кои се воведуваат, односно се нанесуваат (Alonod, TiNOX, sunselect, SunStrip) со вакуумска постапка (PVD/CVD). Овие постапки во споредба со претходно наведените слоеви, вообичаено нанесени во процес на галванизација, се одликуваат со многу помало оптоварување на воздух и вода при производството. Добивката на енергија кај овие апсорбери отколку кај апсорбери со слој од црн хром, односно црн никел.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

## Апсорбер

Избор на различни селективни обложувања и податоци за производителот

Производител	Производ	$\alpha$ (%)	$\varepsilon$ (%)	Обложување	Постапка	Ламарина спроводник на топлина
Interpane Solar Beschichtungs GmbH & Co KG	sunselect	95 +/- 1	5 +/- 1	Микс на материјали	Coil - Sputter (катоди –постапка на распрскување)	Бакар (0,2 mm)
Tinox	Tinox	95	5	Титан-нитрит оксид - слој	Активиран процес на испарување	Бакар
Chrome Coat AS Данска	Chrome Coat AS Данска	95 +/- 1	10 +/-2	Црн хром врз никел	Галванизирање	Бакар
Transfer Electric	Solarlack M40 Li	95	86	Неорганско нано нанесување на горна површина	Лакирање	АЛ/бакар
Shiroki	Sydney Absorber	93	3,5	Матал карбид	Нема податоци	Стакло
Solar Energy Corporation САД	Solkote HI/Sorb2	88 – 94	28 – 49	Неселективен лак врз хилен основа	Постапка со спреј	Бакар / АЛ

### Зрачење и заемно дејство со материја

Ако настапи сончево светло во кратки бранови (бранова должина  $0,3 - 3,0 \mu\text{m}$ ) врз некој предмет, истото во зависност од составот на горната површина (материјал, рапавост, боја) помалку или повеќе се рефлектира. Светли горни површини во споредба со потемни рефлектираат посилно. Учесството на рефлектираното зрачење зависи (особено кај стаклени плочи) дополнително од влезниот агол на зрачењето (закон на Фреснелшес). Преостанатото учество се апсорбира од предметот, односно делумно се пропушта кај материјали пропустливи за светлина. Конечно апсорбираното учество се претвора во топлина и повторно се емитира како зрачење во долги бранови (бранова должина  $3,0 - 30 \mu\text{m}$ ). Висината на емитираната енергија зависи од структурата на горната површина и температурата на телото. Овие постапки физички се опишуваат преку коефициентот на рефлексција, на апсорпција, на трансмисија и на емисија:

- **Коефициент на рефлексија  $\rho$**  = рефлектирано зрачење / настанато зрачење
- **Коефициент на апсорпција  $\alpha$**  = апсорбирано зрачење / настанато зрачење
- **Коефициент на трансмисија  $\tau$**  = трансмитирано зрачење / настанато зрачење
- **Коефициент на емисија  $\epsilon$**  = емитирано зрачење / настанато зрачење

Величините  $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\tau$  и  $\epsilon$  се зависни од материјалот и брановата должина. Збирот од  $\rho$ ,  $\alpha$ , и  $\tau$  е еднаков на 1 (100 %). Според законот за зрачење на Кирхшофшен,  $\alpha$  и  $\epsilon$  се еднакви. Во соларната техника се користи дека  $\alpha$  и  $\epsilon$  при зрачење во кратки бранови (сонце) се високи и при зрачење во долги бранови (топлинско зрачење апсорбер) се ниски. За термичката соларна техника од значење е Штефан-Болтцман-законот, кој вели дека едно тело емитира зрачење соодветно на 4 степен од неговата температура.

$$Q = \epsilon \sigma T^4$$

**$Q$  = емитирано топлинско зрачење [W/m<sup>2</sup>]**

**$\sigma$  = Штефан-Болтцман-константа  $5,67 \cdot 10^{-8}$  [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>]**

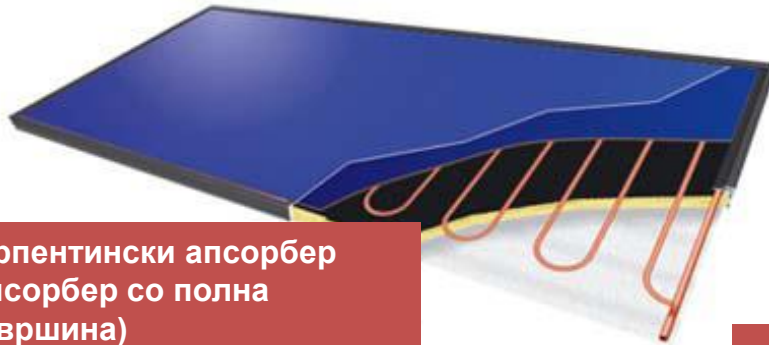
**$T$  = апсолутна температура на телото =  $273 + t$  (°C)[K]**

# Обновливи извори

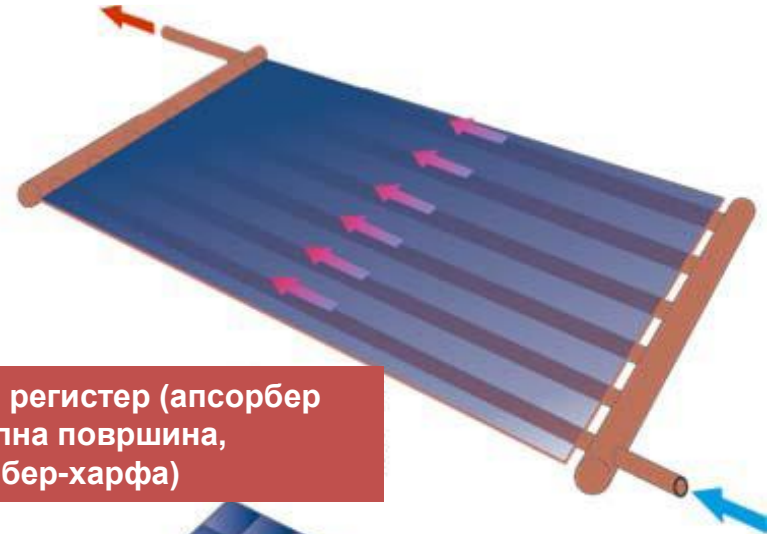
## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

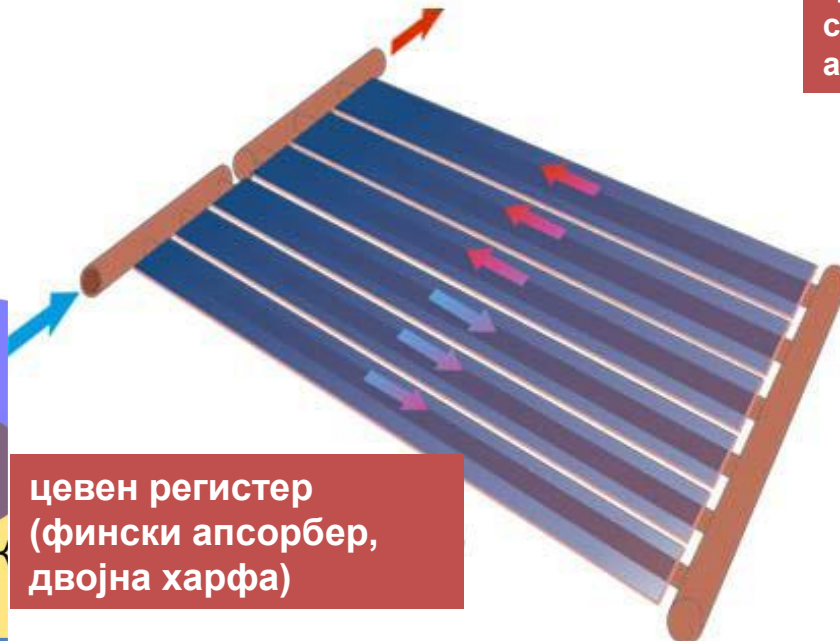
Обука за енергетска ефикасност



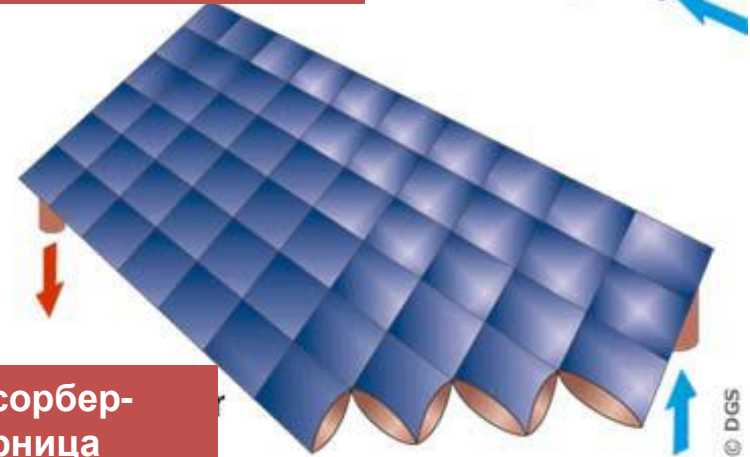
серпентински апсорбер  
(апсорбер со полна  
површина)



цветен регистер (апсорбер  
со полна површина,  
апсорбер-харфа)



цветен регистер  
(фински апсорбер,  
двојна харфа)



апсорбер-  
перница

© DGS



За да се има оптимален премин на топлина од апсорбер кон течности носител на топлина, брзината на струење треба да биде меѓу 0,5 и 1 m/s. Тогаш се гарантира турбулентно струење (за разлика од ламинарно струење), кај кое владее добар премин на топлината.

**Материјали за апсорбер и техники на поврзување:** бакарот како материјал за ламарината на апсорберот поседува особено добра способност за спроведување на топлина ( $\lambda = 380 \text{ W/mK}$ ). Најново се произведуваат и засилени апсорбери од алуминиум ( $\lambda = 200 \text{ W/mK}$ ). Во споредба со челични: ( $\lambda_{\text{Stahl}} = 60 \text{ W/mK}$ ).

**Преминот на топлина помеѓу горната ламарина/лим на апсорберот и цевката следи преку што е можно подобра врска која спроведува топлина.** За оваа цел денес покрај лемење на пазарот се употребуваат различни можности за поврзувања со заварување:

- Ласерско заварување (во пулс, односно континуирано)
- Плазма-заварување
- Заварување со ултразвук

### Топлинска изолација

Топлинските загуби преку спроведувањето на топлина треба да се колку што е можно пониски. Задната страна и четирите бочни страни на колекторот се изолираат од топлина. **Бидејќи се можни максимални температури од 150 до 200 °C (во мирување), најсоодветни се изолациони материјали од минерални влакна.**

Често се употребуваат сокриени цврсти PU - плочи од стиропор ослободени од FCKW. Освен како топлинска изолација тие служат и за потпора на лесните градежни рамки на колекторот, на пр. кај колектори со големи површина. **Поради нивната слаба постојаност на температури над 130 °C се заштитуваат на страната кон апсорберот со еден слој од изолационен материјал од минерални влакна (изолација од втор слој).**

### Куќиште и транспарентно покривање

Апсорберот и топлинската изолација се вградени во куќиште и за заштита и за постигнување на таканаречениот ефект на стаклена градина се затворени на горната страна со материјал кој пропушта светлина.

За горното покривање најчесто се употребува стакло, поретко синтетички материјал. Како стакло претежно се употребува сигурносно структурирано сиромашно со железо (со тоа е многу транспарентно) стакло или јасно стакло од 3 до 4 mm дебелина. Тука пропустливоста на светлина изнесува максимум-91%. Во ретки случаи се употребуваат и покривања од синтетички материјали. Но кај нив мора да се внимава на УВ и долгорочната стабилност. Транспарентното покривање мора да ги поседува следниве особености, односно да ги исполни следниве задачи:

- висока пропустливост на светлина за време на целиот животен циклус на --колекторот
- мала рефлексија --
- висока УВ-постојаност--
- заштита на колекторот од ладење преку ветар и конвекција --
- заштита на колекторот од дождовна вода и влага во воздухот --
- стабилност кај механички оптоварувања (удари од град, скршени гранки итн.)

## Антирефлексен слој кај соларно стакло

Денес вообичаените соларни стакла на двете страни од стаклената површина се рефлектира по 4% од зрачењето, со што во сончевиот колектор заедно со стаклената апсорпција во зависност од влезниот агол продира максимум 91% од светлото.

Во меѓувреме постојат два прозводители на таканаречено антирефлексно стакло: фирмата за обложување Sunarc Technology S/A и Flabeg GmbH & Co. KG.

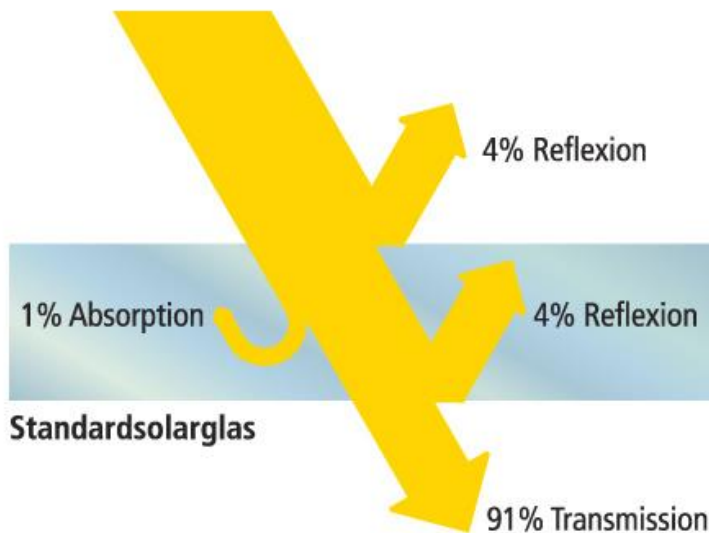
Со обработка на горната површина стаклената рефлексивност толку силно се намалува што трансмисијата на светло се зголемува од 91% на преку 95%. Ова се постигнува или со постапка на обложување или со постапка на нагизување. При првата стаклена плоча се потопува во сад со раствор за обложување (силициум диоксид-сол). Настанатото обложување потоа се кали на околу 650 °C. Кај постапката на нагизување стаклената горна површина се орапавува. **Двете постапки водат кон намалување на индексот на кршење од 1,53 на 1,3 и кон минимизирање на рефлексивните на двете страни на стаклената горна површина**

## Обновливи извори

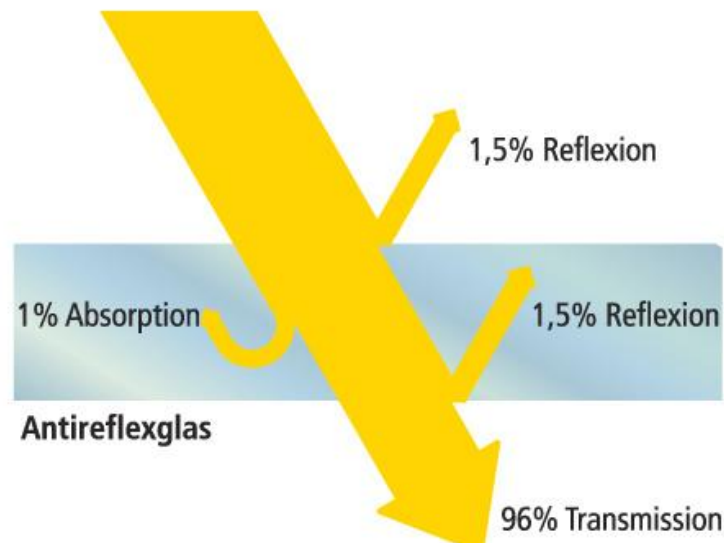
## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Transmission von Standardsolarglas



Transmission von Antireflexglas



Бидејќи со тоа оптичкиот коефициент на полезно дејство  $\eta_0$  се зголемува од околу 0,8 на 0,86, ова води кон подобрување на коефициентот на полезно дејство на колекторот а со тоа бруто топлинската добивка се зголемува до 15%. Тестовите ја потврдуваат долгорочната стабилност на антирефлексни слоеви. Како обложени така и антирефлексните стакла, не се валкаат повеќе од нормалното стакло – високите соларни добивки се задржуваат и во пракса. **Готов колектор покриен со антирефлексно стакло чини по квадратен метар околу 10 до 12 евра повеќе отколку еден соларен колектор опремен со вообичаено стакло.**

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

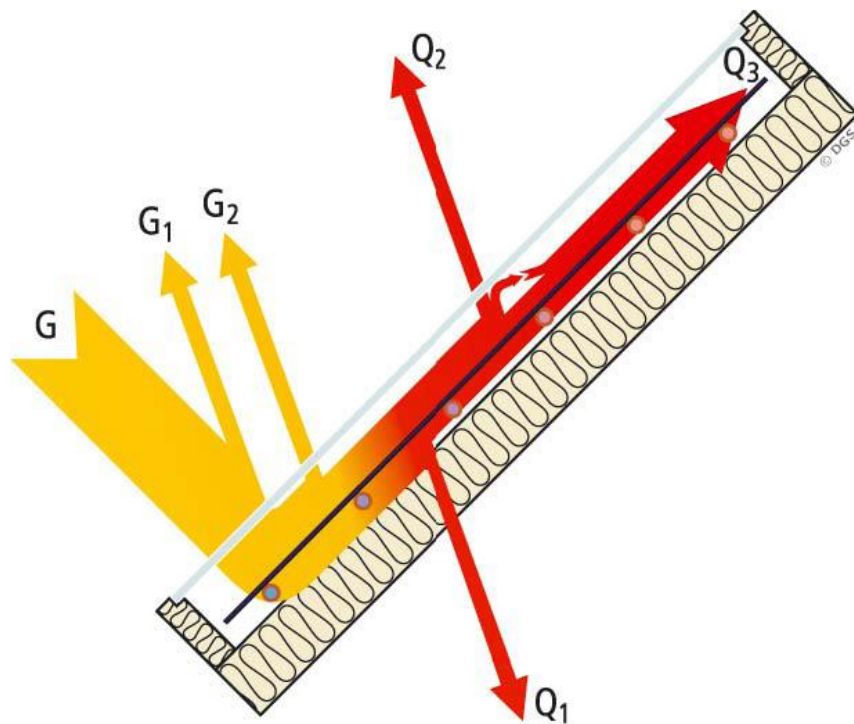
Обука за енергетска ефикасност

### Начин на функционирање на површински колектор- Довод на енергија во колекторот

Од озрачената сончева енергија  $G$  поради различните загуби на енергија  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $Q_1$ ,  $Q_2$  на крај останува да се користи топлината  $Q_3$ .

### Коефициент на полезно дејство на колекторот

Коефициентот на полезно дејство општо се дефинира како односот на енергијата искористена од еден процес со употребената енергија (степенот на искористеност се однесува на овој однос за одреден временски период).



### Коефициент на полезно дејство на колекторот

Кај еден колектор **коефициентот на полезно дејство  $\eta$**  се дефинира како односот од корисно тоplotно дејство со озрачената сончева енергија (јачина на озрачување):

Коефициентот на полезно дејство зависи од видот на градба на колектор, поточно од специфичните оптички ( $G1, G2$ ) и термички ( $Q1, Q2$ ) загуби.

$$\eta = \frac{\dot{q}_N}{G}$$

Оптичките загуби го опишуваат учеството на сончево зрачење, кое не може да се прими од апсорберот. Тие зависат од пропустливоста на стаклената покривка (**коефициент на трансмисија  $\tau$** ) и од способноста за **апсорпција на горната**

$$\eta_0 = \tau \cdot \alpha$$

**површина на апсорберот (коефициент на апсорпција  $\alpha$ )** и се опишуваат преку оптичкиот коефициент на полезно дејство:

- Пример: Коефициент на трансмисија на стаклената плоча 90% (= 0,9)
- Коефициент на апсорпција на апсорберот 90% (= 0,9)
- $\eta_0 = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$

## Термички загуби

Термичките загуби **зависат од температурната разлика помеѓу апсорберот и надворешниот воздух, од зрачењето и од конструкцијата на колекторот.**

Влијанието на конструкцијата се опишува преку коефициентите за загуба на топлина  $c_1$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] и  $c_2$  [ $W/(m^2 \cdot K^2)$ ].

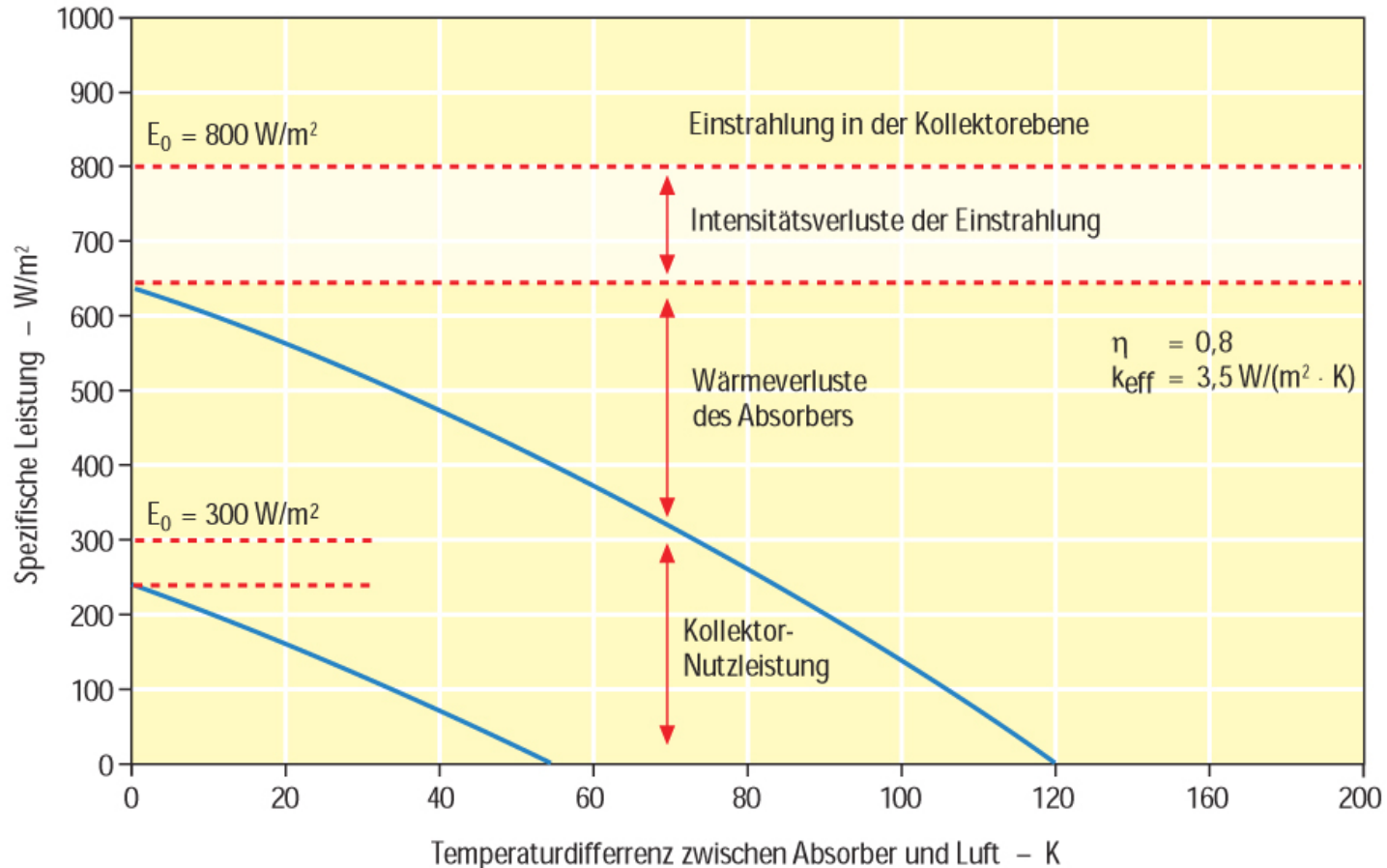
**Колку е поголема температурната разлика помеѓу апсорберот и надворешниот воздух при исто зрачење, толку е помал коефициентот на полезно дејство и обратно,** колку е поголемо зрачењето при иста температурна разлика помеѓу апсорберот и надворешниот воздух толку е поголем коефициентот на полезно дејство.



## Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

## Загревање вода со користење сончева енергија



Einstrahlung in der Kollektorebene – **зрачење во нивото на колекторот** / Intensitätsverluste der Einstrahlung – **загуби на интензитет на зрачењето** / Kollektor-Nutzleistung – **колектор-дејство на искористеност** / Spezifische Leistung – **специфично дејство/**

Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Luft – **температурна разлика помеѓу апсорбер и воздух** / Wärmeverluste des Absorbers – **топлински загуби на апсорберот**

Равенка за графичка карактеристика, коефициент на топлинска загуба и фактор за корекција на аголот:

Коефициентот на полезно дејство на колекторот општо може да се опише со:

$$\eta = \frac{\dot{q}_N}{G}$$

$\dot{q}_N$  = **дејство на искористена топлина по  $m^2$**  површина која се зема во предвид [ $W/m^2$ ]

$G$  = на јачина на озрачување која настанува на стаклената плоча [ $W/m^2$ ]

**Дејството на искористена топлина се пресметува од корисното зрачење** во апсорберот претворено во топлина со одземање на термичките загуби преку конвекција, спроведувањето на топлина и топлинското зрачење

$$\dot{Q}_N = G_N - \dot{Q}_V$$

$G_N$  = корисно зрачење [ $W/m^2$ ]

$Q_V$  = термички загуби [ $W/m^2$ ]

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

**Корисното зрачење произлегува математички од производот на сончевото зрачење  $G$  кое настанува на стаклената плоча, од коефициентот на трансмисија на стаклото  $\tau$  и од коефициентот на апсорпција на апсорберот  $\alpha$ :**

$$G_N = G \cdot \tau \cdot \alpha$$

**Термичките загуби се зависни од** темературната разлика  $\Delta T$  помеѓу средната температура на апсорберот  $t_m$  и температурата на околниот воздух  $t_a$  и можат **да се опишат преку ефективниот коефициент на топлинска загуба  $k_{eff}$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]:**

$$\dot{q}_V = k_{eff} \cdot \Delta T$$

Доколку величините се вметнат во горната равенка се добива коефициентот на полезно дејство на колекторот:

$$\eta = \frac{G \cdot \tau \cdot \alpha - k_{eff} \cdot \Delta T}{G} = \eta_0 - \frac{k_{eff} \cdot \Delta T}{G}$$

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

При високи температури на апсорберот термичките загуби повеќе не се зголемуваат линеарно со температурната разлика, туку посилено (**квadratно**) се зголемуваат следствено на зголеменото топлинско зрачење.

$$\eta = \eta_0 - \frac{c_1 \cdot \Delta T}{G} - \frac{c_2 \cdot \Delta T^2}{G}$$

$c_1$  = линеарен коефициент на топлинска загуба [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

$c_2$  = квадратен коефициент на топлинска загуба [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}^2$ ]

Ефективниот коефициент на топлинска загуба  $k_{\text{eff}}$  се пресметува од мерните единици  $c_1$  и  $c_2$  на следниов начин:

$$k_{\text{eff}} = c_1 + c_2 (t_m - t_a)$$

$t_m$  = средна температура на апсорберот [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$t_a$  = температура на околниот воздух [ $^{\circ}\text{C}$ ]

За **ниски преодни температури** за опишување на **способноста на дејство на еден колектор може да се употреби ефективниот коефициент на топлинска загуба  $k_{eff}$** . Оптичките загуби на еден колектор се одредуваат претежно преку рефлексивност на сончевото зрачење на стаклената плоча. Висината на рефлексивноста е зависна од влезниот агол на настанатото зрачење. Оваа зависност на агли се опишува со **факторот за корекција на агол  $K_{\theta}$** , исто така наречен **IAM = Incident Angle Modifier**:

$$K_{\theta} = \frac{\eta_0(\theta)}{\eta_0}$$

**$\eta_0(\theta)$**  = оптички коефициент на полезно дејство кај актуелен влезен агол

**$\eta_0$**  = оптички коефициент на полезно дејство при вертикален влез на зрачењето

### Предности и недостатоци на површински колектор:

#### Предности во споредба со колектор со вакуум-цевки

- поседува подобар однос цена – дејство
- термичкото оптоварување во случај на мирување е помало
- соодветен е за интегрирање на покриви и фасади
- овозможува високо учество на самоградба (конструкциони сетови за колектори)

#### Недостатоци во споредба со колектор со вакуум-цевки:

- поседува помал коефициент на полезно дејство преку повисоки  $s_{-1}$  и  $s_2$  вредности
- при монтажа на рамен покрив поради високите сили на ветрот мора да дојде до прицврстување со елевација или мора да се применат противтегови.
- не е соодветен за производство на високи температури, на пр. производство на пара
- при исто дејство има потреба од поголема површина
- транспортот на покрив бара голем напор

## Обновливи извори

### СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Посебни градежни форми

Колектори според мерка/нестанардни колектори

Колектори во растер-димензии од прозорци на површината на покривот



# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Колектори резервоари

**Колекторот и резервоарот за вода образуваат една градежна целина.**

Отпаѓаат следниве градежни елементи:

- изменувач на топлина,
- цевен развод за соларно коло,
- управување и циркулациона пумпа.

Колекторот резервоар директно се поврзува на инсталацијата за снабдување со вода. Догревањето следи како предност преку термички регулиран проточен бојлер (на плин или електричен). Поради неговата компактност колекторот резервоар е интересно решение за специјални примени, на пр. за викендички (Solarpower GmbH, Плауен/Заксен).



### Хибридни колектори

**Хибридните колектори можат да се реализираат** како комбинација од соларни модули со колектори кои работат на течност како и од воздушни колектори. Оваа комбинација има смисла, бидејќи кај соларното производство на струја само околу 15% од зрачењето се претвора во електрична енергија, а остатокот во топлина.

Оваа топлина во хибриден колектор се користи за да загрее санитарна вода или воздух.

Притоа соларните ќелии електрично се изолирани на горната површина на апсорберот оладен со течност (или воздух), со кој тие термички се поврзани. Електричните добивки одговараат на конвекционални фотоволтажни-уреди, термичките добивки на колектори без селективно обложување. **Централен проблем кај хибридните колектори е високото и делумно подолготрајно температурно оптоварување на соларните ќелии во случај на стагнација.**

Хибридните колектори во моментот во Германија се произведуваат од Grammer Solar+Bau GmbH и Solarpower GmbH.

### Вакуум-коллектори

Вакуум-коллекторите во основа можат да се поделат на **коллектори со вакуум-цевки** и **површински коллектори со вакуум**. За сите вакуум-коллектори заедничко е далекусежното редуцирање на термичките загуби (пред сè загуби на конвекција) во коллекторот преку создавање на вакуум.

### Коллектори со вакуум-цевки

Кај вакуум-цевки се евакуираат стаклени цилиндри слично како кај термоси. За таа цел просторот затворен во стаклената цевка мора да се евакуира на под  $10^{-2}$  bar. Затоа најнапред се онеспособуваат конвекционалните топлински загуби. Кај уште поголем потпритисок ( $10^{-6}$ ) се спречуваат и загуби на топлинскиот развод. **Загубите на зрачењето не можат да се редуцираат со соодавање на вакуум, бидејќи за транспортот на зрачењето не е потребен медиум.** Тие, како и кај површинските коллектори, се одржуваат ниски преку селективно обложување (мала  $\epsilon$ -вредност). Повеќето вакуумски цевки се евакуираат до  $10^{-5}$  bar. **Преку оваа постапка стаклената цевка останува ладна и при температура на апсорберот од  $120$  °C и повеќе.**

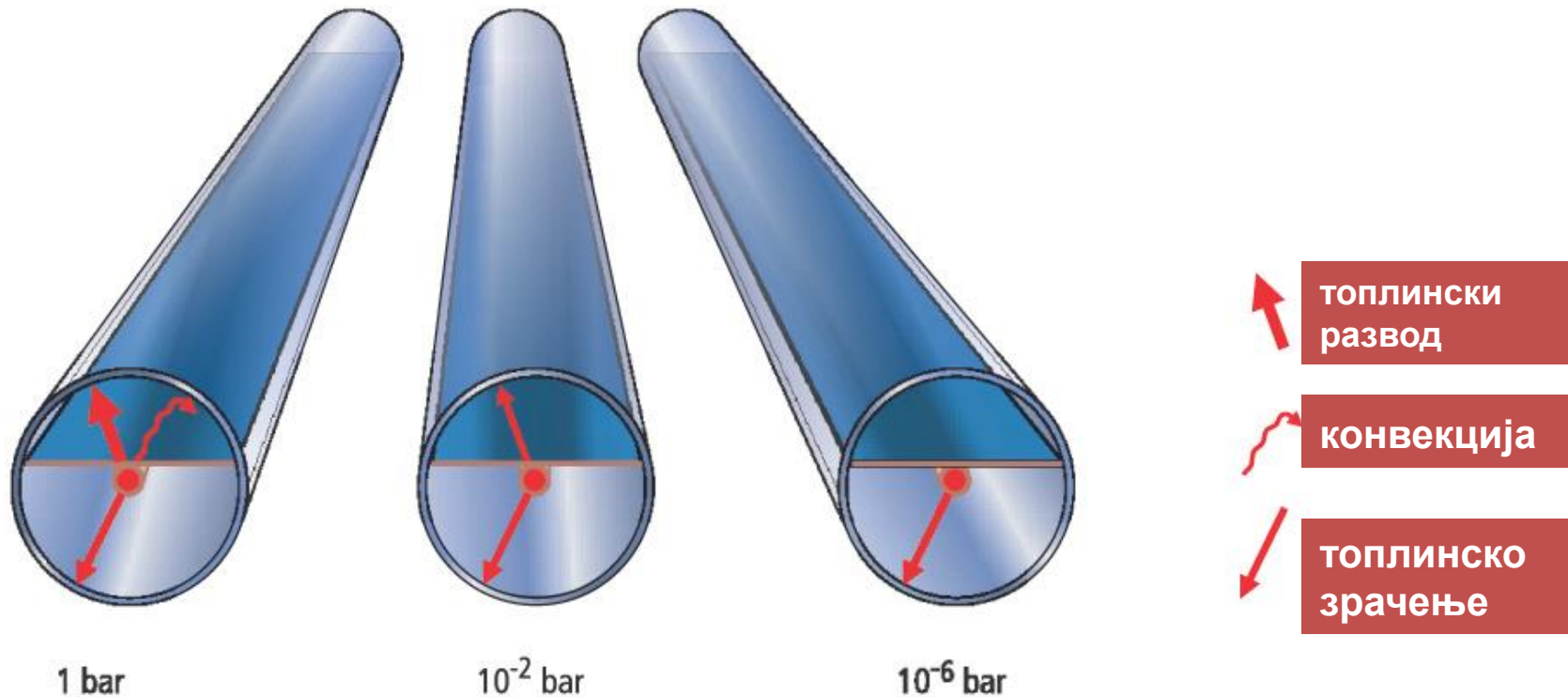
# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Принципот на топлинска изолација со вакуум

Обука за енергетска ефикасност



## Апсорбер, стаклени цевки и акумулациона кутија

Апсорберот може да се реализира на различни начини во колектори со вакуум-цевки. Или како рамна или засводена селективно обложена лента од ламарина со канал за течност или како обложување нанесено на внатрешно поставена стаклена колба.

АРХИТЕКТУРА

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

Се разликуваат две различни величини на стаклени цевки:

Дијаметарот на стаклената цевка е околу 100 mm или поголем:

Се употребува исклучиво боросиликат-стакло (стаклата од боросиликат поседуваат поради големото учество на силициум оксид ( $\text{SiO}_2$ ) повисока хемиска резидентност наспроти нормалното стакло и помали промени на должината условени од температурата). Се манифестира висока механичка и термичка стабилност. Удар од град, температурен шок и слични оптоварувања колекторите со цевки од овој материјал вообичаено издржуваат без штети. Оптичките карактеристики се споредливи со стаклата без железо. Недостатокот е во релативно високата цена. Кај овие цевки можат да се реализираат многу високи потпритисоци.

## Обновливи извори

### СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

**Дијаметарот на стаклената цевка од околу 30 до максимум 50 mm:**

Кај овие дијаметри конвенционалното стакло без жезло се обработува во цевки. Механичката стабилност на некалените цевки е помала во споредба со калените стакла. **Предноста лежи во споредливо ниската цена.**

**Модел на колектор со вакуум-цевки се состои од одреден број меѓусебно поврзани цевки,** чии разводи на прогресивен и повратен вод се поврзани во акумулациона кутија со изолирана цевка или топлината се води во акумулаторот од кондензаторите.

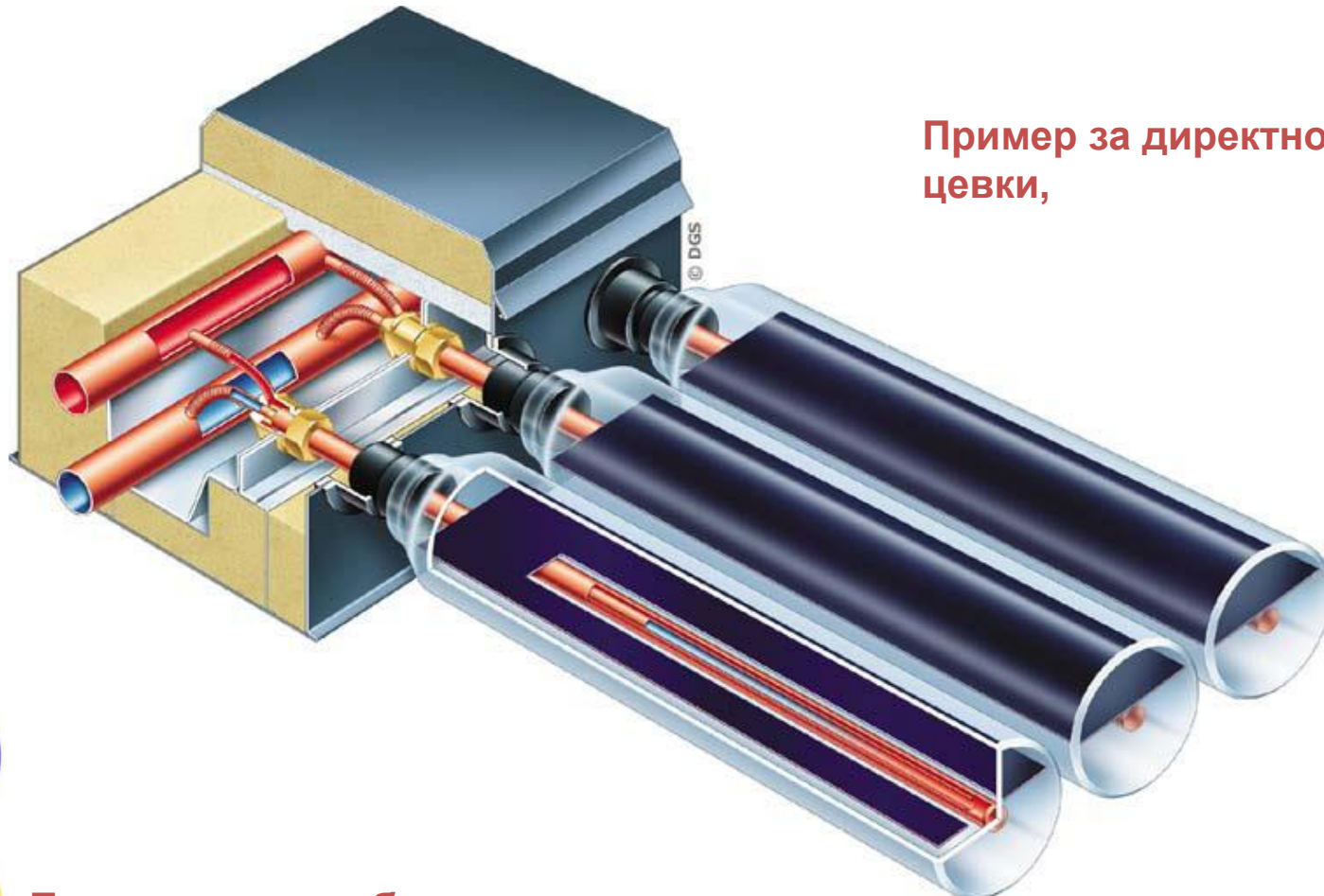
На другиот крај цевките се прицвстени на шина со држач за цевки.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност



Пример за директно протечни цевки,

АРХИТЕКТУРА

**Лента на апсорбер поставена во евакуирана стаклена цевка**

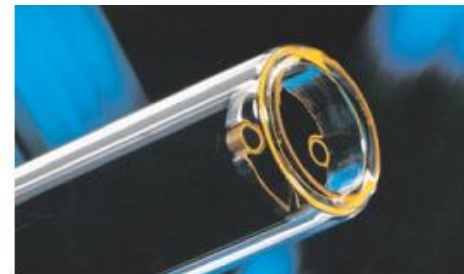
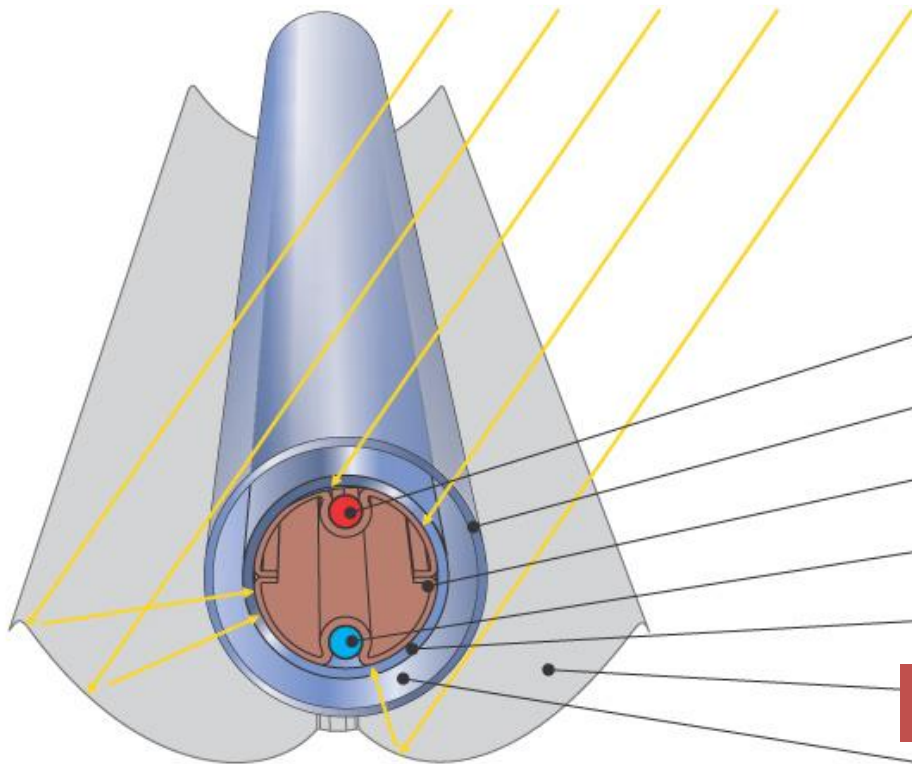
Носителот на топлина преку цевка во цевка-систем (коаксикална цевка) се води до дното на стаклената колба, каде истекува назад со спротивната струја и притоа ја прима топлината од високоселектиран апсорбер.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

# Обука за енергетска ефикасност



прогресивен вод

надворешна стаклена цевка

Метал што спроведува топлина

повратен вод

внатрешна стаклена цевка со обложување на апсорбер

рефлектор

Вакум простор

## Sydney-колектор со надворешно поставен рефлектор (CPC)

Еден градежен вид на директно протечни колектори со вакуум-цевки е Sydney-колекторот. Тука цевката на колекторот се состои од вакуумска двојна цевка. Внатрешната стаклена колба е опремена со селективен слој од метален јагленород на бакарна основа. Во верзија на накосен покрив се надградува со надворешно поставени рефлектори. од епоксиртен високо чист алуминиум

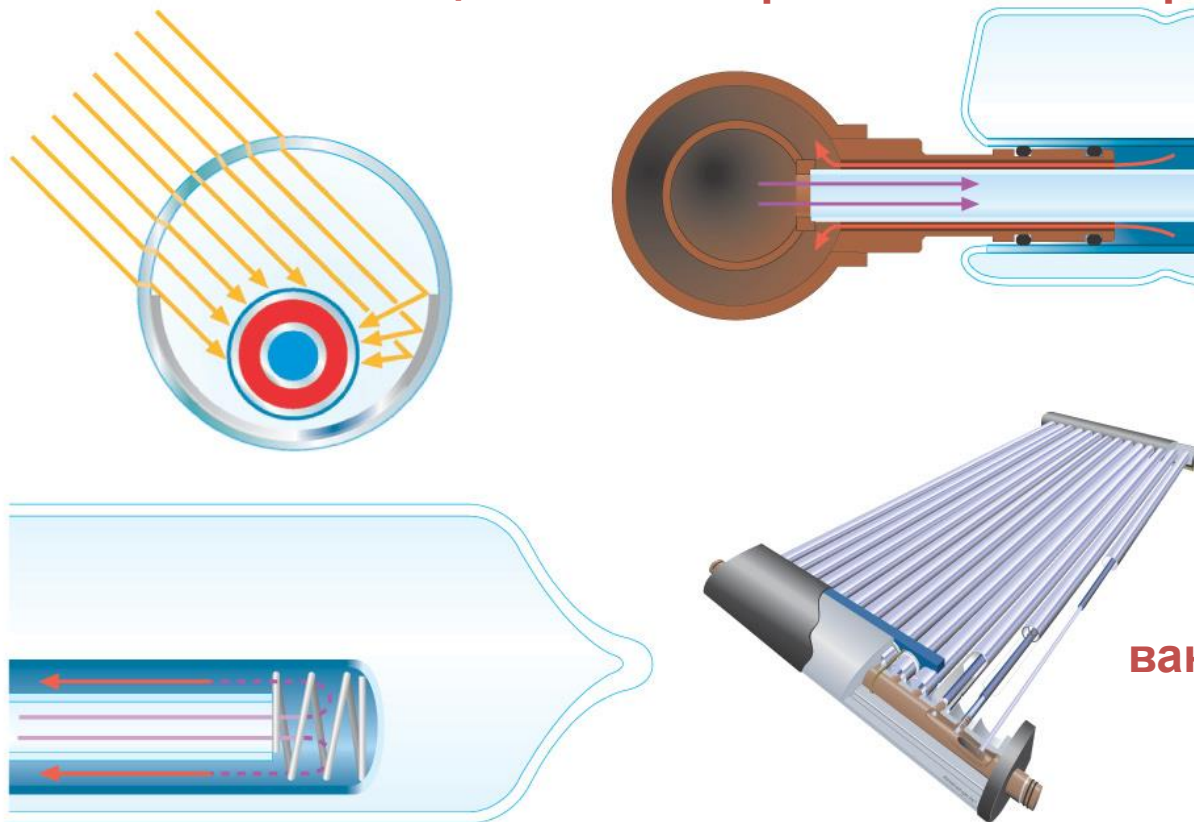
# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

Стакло во стакло-цевка со внатрешно поставен рефлектор



Кај една вакумска цевка развиена од фирмата Schott целосно се избегнува употребата на метал, само разводот за акумулација и распределба се од бакар. Вакуумската цевка се состои од три една во друга ставени стаклени цевки: обвојна цевка, селективно обложена цевка на апсорбер и највнатрешна цевка.



# Обновливи извори

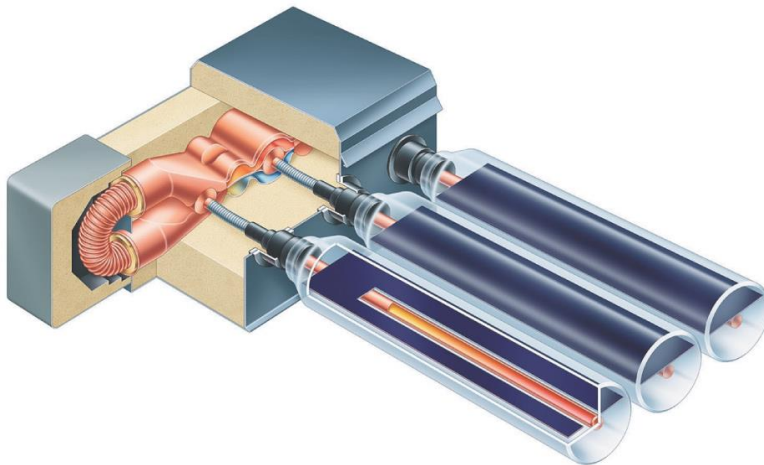
## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

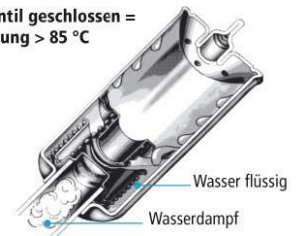
### Heatpipe-колектори со вакуум-цевки

Кај оваа форма на колектор со вакуум-цевка во вакумираната стаклена цевка е вметната селективно обложена лента на апсорбер, која со една топлинска цевка (Heatpipe) метално е поврзана за да спроведува топлина. Топлинската цевка е наполнета со алкохол или вода под потпритисок, кои испаруваат уште кај ниски температури (са. 25 °C). Така настанатата пареа се качува нагоре. На горниот крај на топлинската цевка ослободената топлина се пренесува преку кондензација на течноста која носи топлина преку изменувач на топлина (кондензатор) и протекува паралелно.

Heatpipe - колектори со вакуум - цевки има во верзија на „суво“ и „мокро“ поврзување. (кондензаторот е обвиткан со течност)



Betriebszustand Ventil geschlossen =  
Temperaturbegrenzung > 85 °C



Betriebszustand Ventil geöffnet =  
Normalbetrieb < 85 °C



### Предности и недостатоци на колектор со вакуум-цевки

- **Предности наспроти површински колектор:**
- **постигнува висок коефициент на полезно дејство** при високи температурни разлики -- помеѓу апсорберот и околината (на пр. во лето), **мала потреба на површина при иста добивка**
- **постигнува висок коефициент на полезно дејство при мало зрачење** --(на пр. во зима)
- недостатокот од права ориентација при монтажа на покрив исток-запад може делумно да се --компензира (овозможено само кај некои производители) преку СРС-колектор или кај форми со внатрешно поставена лента на апсорбер преку вртење кон сонцето (фабрички или за време на монтажа).
- поефективно го поддржува греењето
- високи температури, на пр. за добивање на пареа или климатизирање
- може лесно да се транспортира до секое изложено место (мала тежина, кај некои производители колекторот се монтира дури на самото место)
- може да се монтира хоризонтално и како директно протечна цевка на рамен покрив, со тоа има мали удари од ветер и ниски трошоци за монтажа. Со тоа се избегнува продирање во покривката на покривот за зацврстување. И тука е можно лентата на апсорберот да се постави косо кон сонцето. ( цевката се ротира )

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

- *оптички коефициент на полезно дејство*  $\eta_0 = 0,6 - 0,8$

- $k_{\text{eff}}$ -вредност  $\leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

- *стагнациони температури:*

*Heatpipe-колектори 130-150 °C*

*протечни колектори со вакуум-цевки*

*- Без со рефлектор 190 – 270 °C*

*- со рефлектор 270 – 350 °C*

### Недостатоци наспроти површински колектори:

- поскап е
- има полош однос на цена/дејство
- не се применува за монтажа во покрив (исклучоци: Paradigma, Solvis)
- хоризонтална монтажа кај Heatpipe-системи не е возможна (наклон најмалку 25°)
- поради високи температури во мирување не се препорачува употреба во грејна постројка за покрив без посебни мерки за заштита на компензациониот сад со мембрана (на пр. сад за претходно вклучување, ладилник).

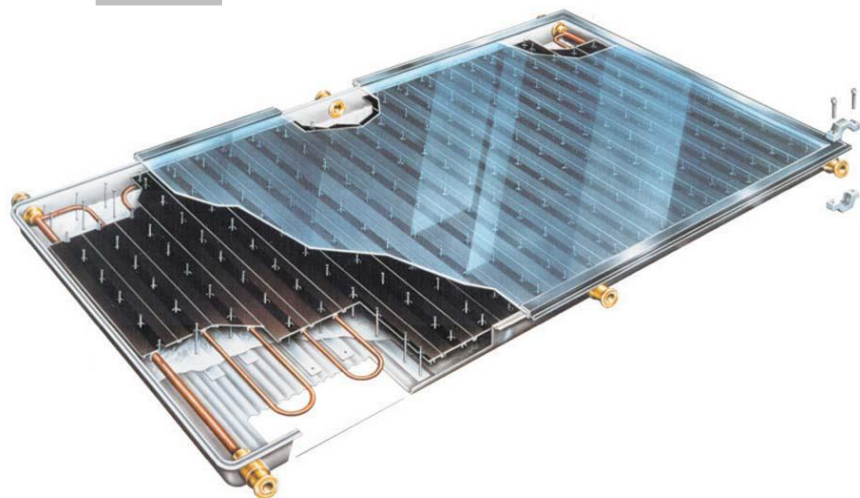
Добро изолирани површински колектори постигнуваат стагнациона температура од 160 до 200 °C, колектори со вакуум-цевки 200 до 300 °C, со рефлектор дури до 350 °C.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

## Обука за енергетска ефикасност



### Површински колектори со вакуум

Главната разлика со колекторите со вакуум-цевки се состои во тоа што топлинската изолација наместо со мрежа од минерални влакна или PU-плочи (Polyurethane), се постигнува со висок вакуум со потпритисок од  $10^{-1}$  до  $10^{-3}$  бар (воздушен притисок  $1 \text{ bar} = 1000 \text{ mbar}$ ). Овој потпритисок спречува топлински загуби преку конвекција.

За да се искористи јачината на разликата меѓу притисоците на надворешниот и внатрешниот притисок се употребуваат бројни поддржни елементи (секое на растојание 10cm.) помеѓу подовите на куќиштата и стаклената плоча (Thermosolar, Reinhard Solartechnik). Конструкцијата на рефлекторите го држи растојанието од стаклената плоча константно. Лентите на апсорберот се вертикално наредени во рефлекторот.

### Вредности во бројки

Оптичкиот коефициент на полезно дејство  $\eta_0$  на површинскиот колектор со вакуум е помеѓу 0,74 и 0,8,  $k_{eff}$  –вредноста помеѓу 2,6 и 3,3  $\text{W/m}^2\text{K}$ .

### Резервоар на топлина

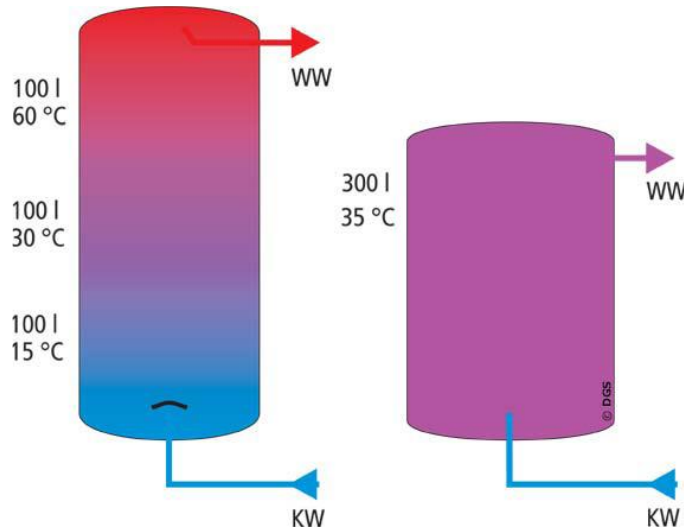
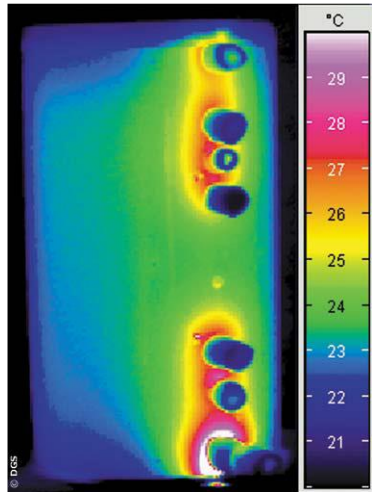
Соларно добиената топлина мора да се сочува сè додека не биде потребна. Тука не се мисли на тоа колку долго треба да се сочува топлината. Општо може да се тргне од тоа дека соларано произведената топлина може да се сочува преку неколку денови, во кој период поради лошите услови на зрачење не може да се произведе соларна топлина. Резервоари, кои хемиски ја сочувуваат топлината во моментот има само како прототипови.

Резервоари под притисок се нудат како резервоари од благороден челик, емајлирани или резервоари од челик обложени со синтетички материјали. Резервоари од благороден челик споредбено се лесни и ослободени од одржување, за тоа пак се забележително поскапи од емајлираните резервоари од челик. Нивното обложување (често се употребуваат термички пасти/пени) мора да биде без пори и тоа е чувствително на температури  $> 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Резервоарите од синтетички материјал без притисок ( на пр. полипропилен) се исто така чувствителни на високи температури (максимално дозволена температура  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија



### Особености на добар соларен резервоар

- Слојот за температура е повеќе интегриран, колку резервоарот е повиток и повисок.
- Затоа кај соларни уреди за употреба предвид доаѓаат само стоечки резервоари (однос висина-дијаметар најмалку 2,5:1).

### Изолација на резервоарот

- Соларен резервоар не би требало да изгуби повеќе од максимум 5 °C преку ноќ
- Топлинската изолација би требало да биде странично 10 и горе 15 cm дебела
- Ако е  $(U = \lambda / D)$ . -0,035/0,15xA, Производот на U-вредноста со површината на резервоарот A ја дава топлинската загуба UA [W/K] на резервоарот.
- Еден многу добар резервоар топлинска загуба од 2,5 W/K помеѓу резервоарот и околината годишно губи околу 262 kWh помалку енергија во споредба со резервоар со 3 W/K кај температурна разлика од 20 K помеѓу резервоарот и околината. Тоа содејствува на годишна добивка од околу 0,5 m<sup>2</sup> на колектори со вакуум-цевки.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

### Акумулациони резервоари –Пуфери

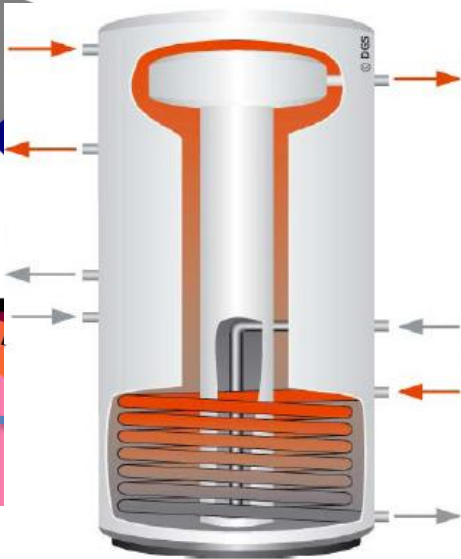
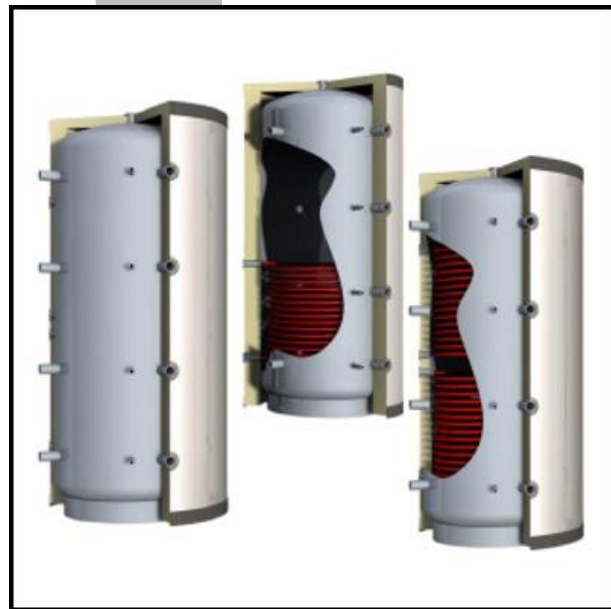
Акумулационите резервоари- Пуфери, се користат во системите за греење бидејќи имаат добра изолација која спречува губење на топлина. Се произведуваат во три верзии- TVPS,( без изменувачи на топлина), TVPSR ( со еден изменувач на топлина), TVPSRR ( со два изменувачи на топлина), такда на резервоарот може директно да се приклучат или преку изменувачи на топлина еден или повеќе генератори на топлина ( котел на биомаса, соларен систем и тд.)

### Комбиниран резервоар

Кај комбинирани резервоари топлината складирана во нив може по избор да се внесе директно во системот за греење (грејна поддршка) или да се предаде на санитарната вода преку изменувач на топлина (интерно или екстерно). Се нудат или како танк во танк-резервоари или најчесто како пуфер-резервоари со слоевито напојување зависно од температурата и со интерен или екстерен изменувач на топлина за празнење (резервоар во слоеви).

### Танк во танк-резервоар

Танк во танк-резервоарот е комбинација од пуфер-резервоар и резервоар за санитарна вода. Во пуфер-резервоарот во горниот топол дел е вграден помал резервоар за санитарна вода, чија горна површина функционира како изменувач на топлина. Кај некои фабриканти е повлечен надолу.

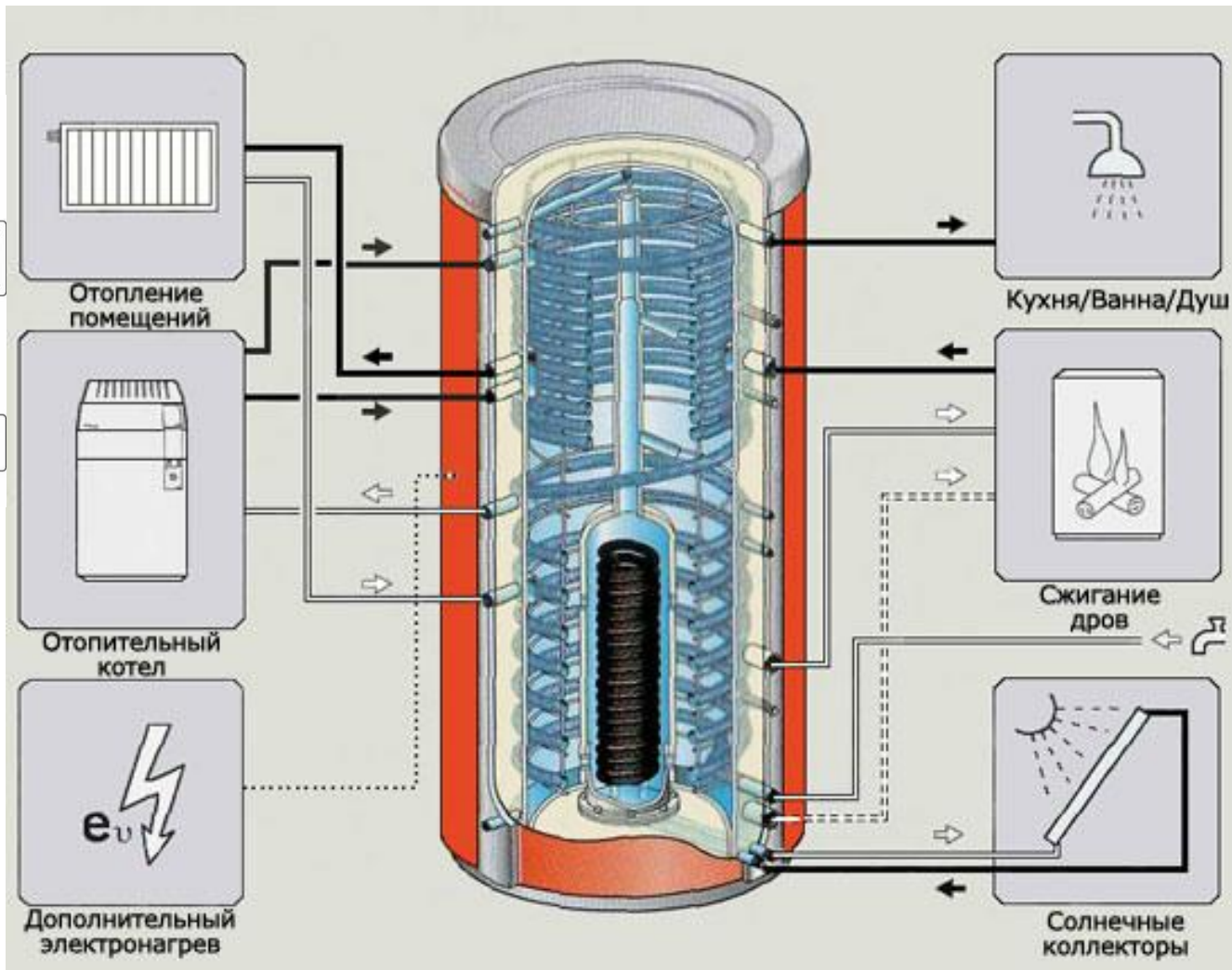
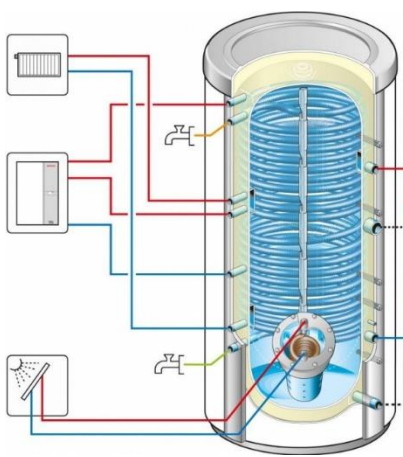


# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност





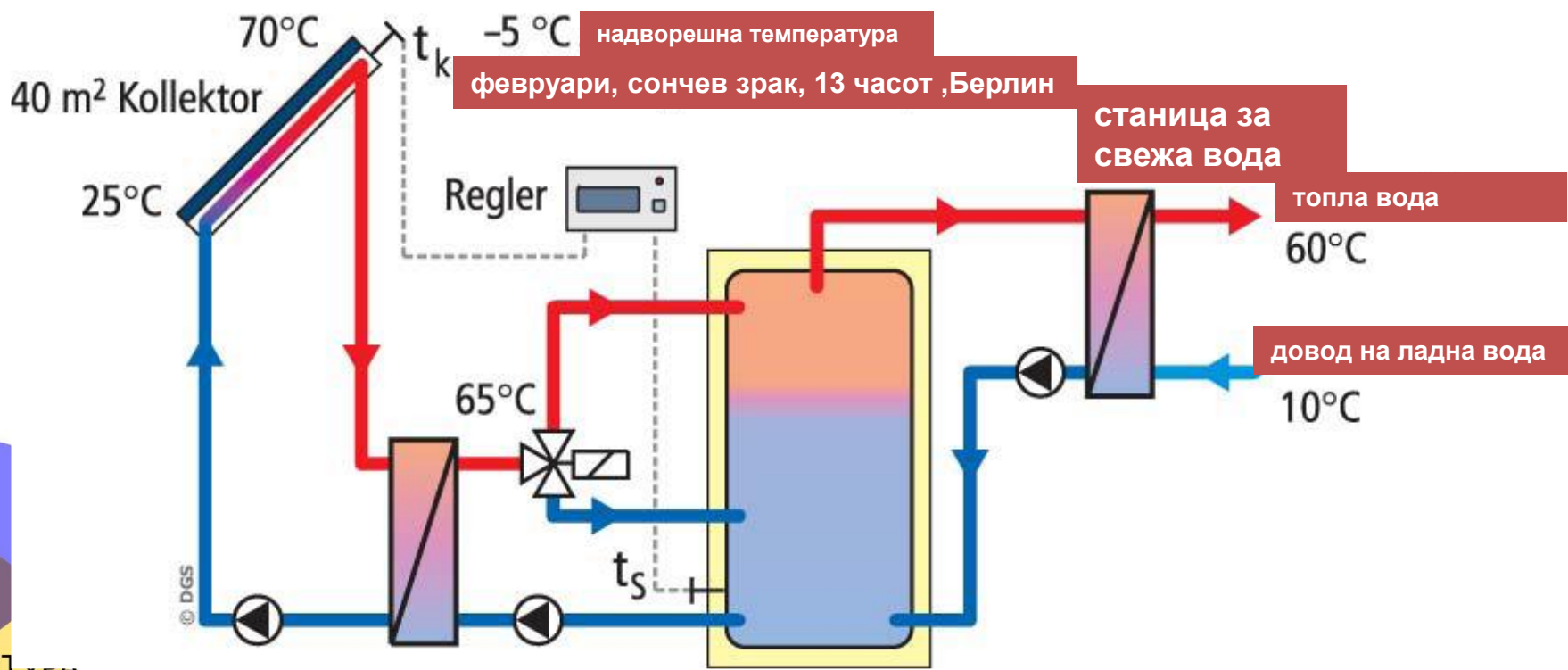
# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Приклучоци на резервоари во различни висини-

Пример на резервоар со пластење - полнење од две височини (Solfier, Freiberg)

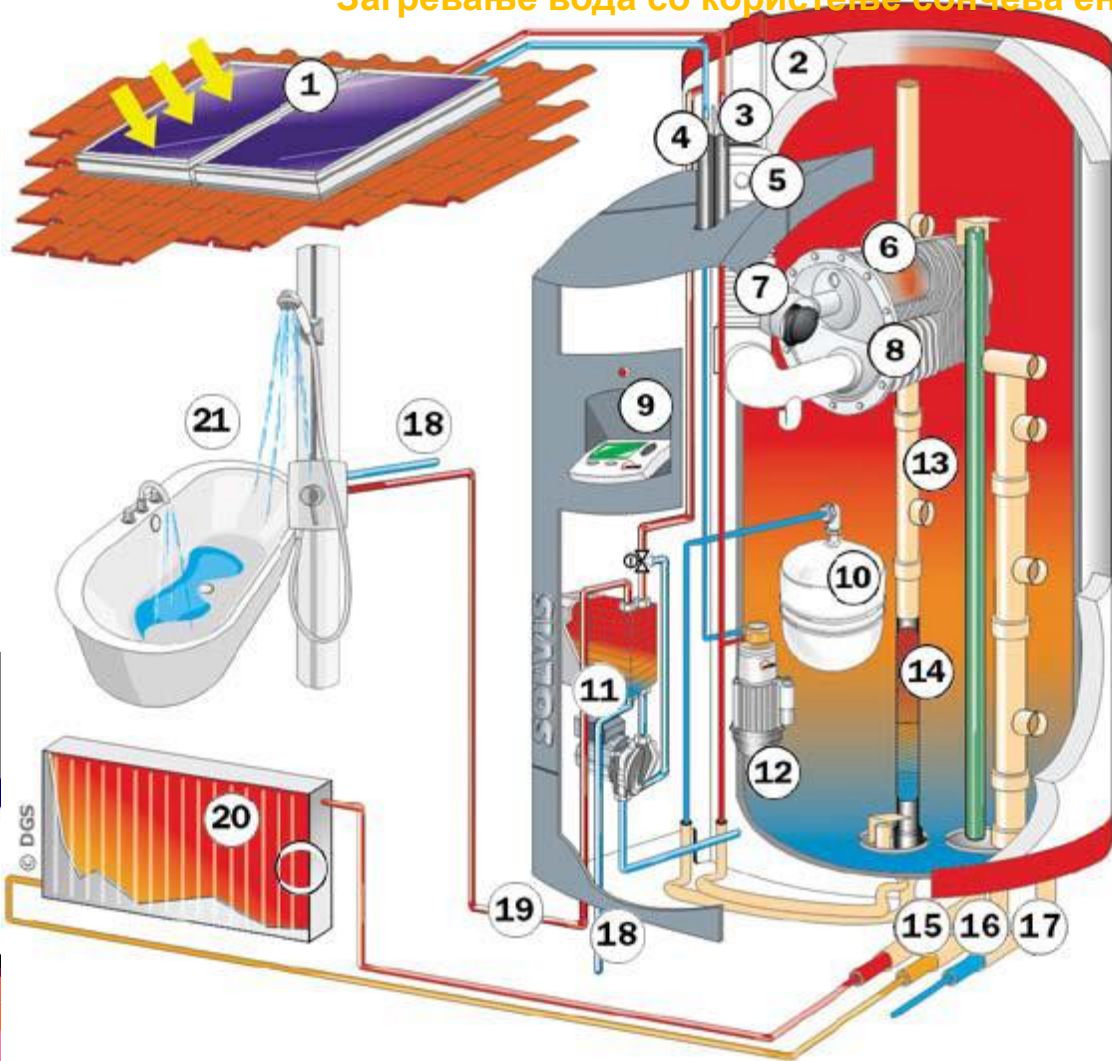


# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

# Обука за енергетска ефикасност



1. Сончев колектор
2. топлинска изолација
3. соларен прогресивен вод
4. соларен повратен вод
5. приклучок на цевка за гасови од согорување
6. комора за согорување плин/нафта
7. ложач плин/нафта
8. изменувач на топлина на гасови од согорување
9. системски регулатор
10. соларен компензационен сад
11. станица за топла вода
12. соларна пумпа
13. полнач на слоеви
14. соларен изменувач на топлина
15. прогресивен вод на греење
16. повратен вод на греење
17. цевка за полнење и празнење
18. ладна вода
19. топла вода
20. Греење
21. одземање на топла вода

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Хигиенски услови во системите за санитарна вода / легионели

важи правилото колку е помала размената на вода и колку водата е потопла (25 – 50 °C), толку посилно е размножувањето на микроорганизми и нивно населување на горните површини. Се образува слој од различни микроорганизми, чии производи од размена на материји образуваат биофилм шлајм. Оваа заедница се нарекува биофилм.

- **Методи за дезинфекција**
- **Хлор диоксид**
- Микроорганизми кои предизвикуваат болести сè почесто се уништуваат со хлор диоксид наместо со хлор. Тоа е силно оксидационо средство и има особено константно бактерицидно дејство за висока рН-вредност (4 – 10) против сите микроорганизми вообичаени за вода.
- **УВ-зрачење**
- Друга можност за дезинфекција е третирање со УВ-зрачење. За тоа се употребува жива-низок притисок-зрачење на емисија. Овие постапки технички се многу комплексни и употребата на енергија е многу висока. Но и биофилмови тешко можат да се уништат со оваа постапка, а амеби на овој начин не можат да се умртват.

### Термичка дезинфекција

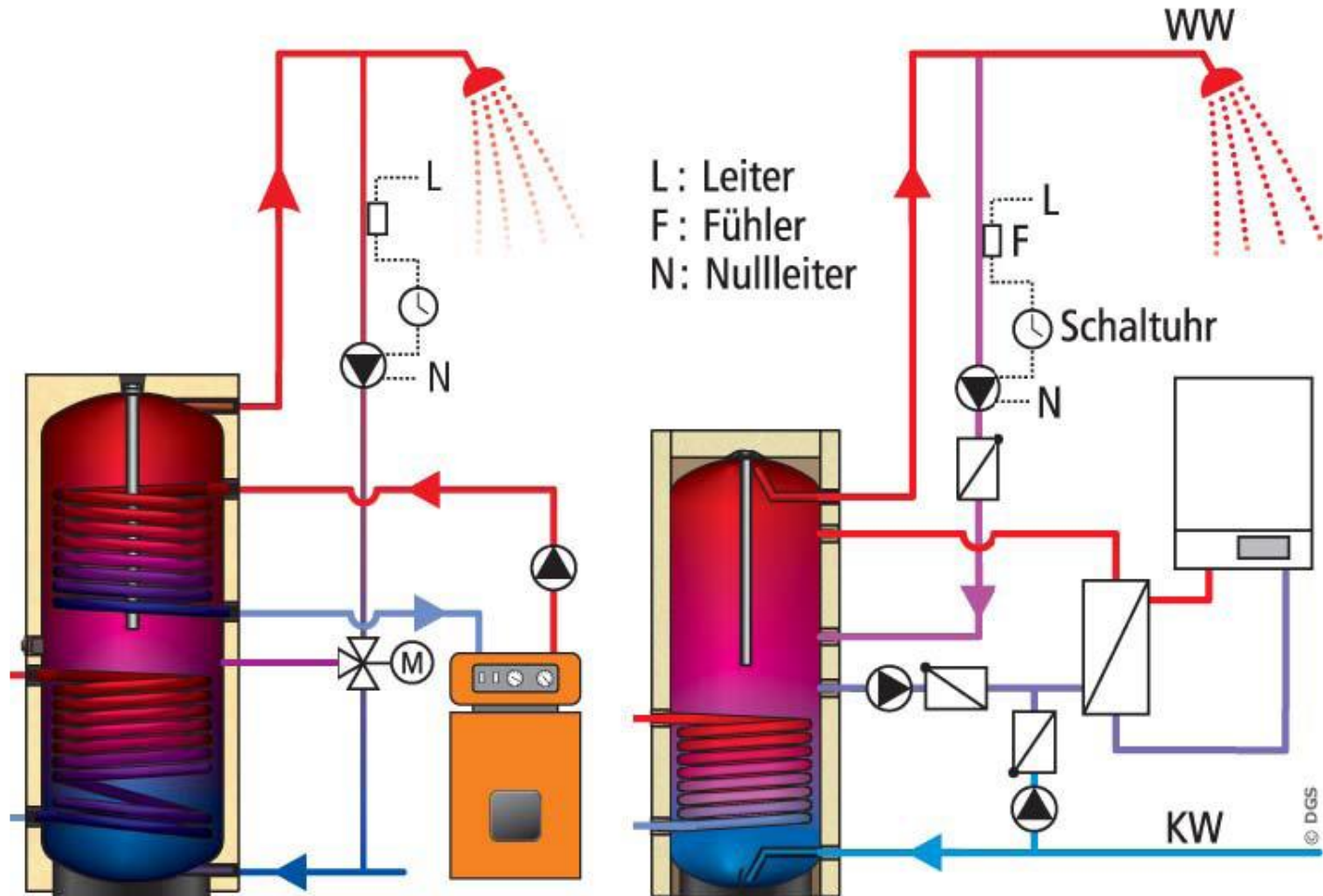
- Покрај тоа, постои и термичка дезинфекција при температура на водата од  $\geq 60$  °C.

# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Антилегионално вклучување за термичка дезинфекција



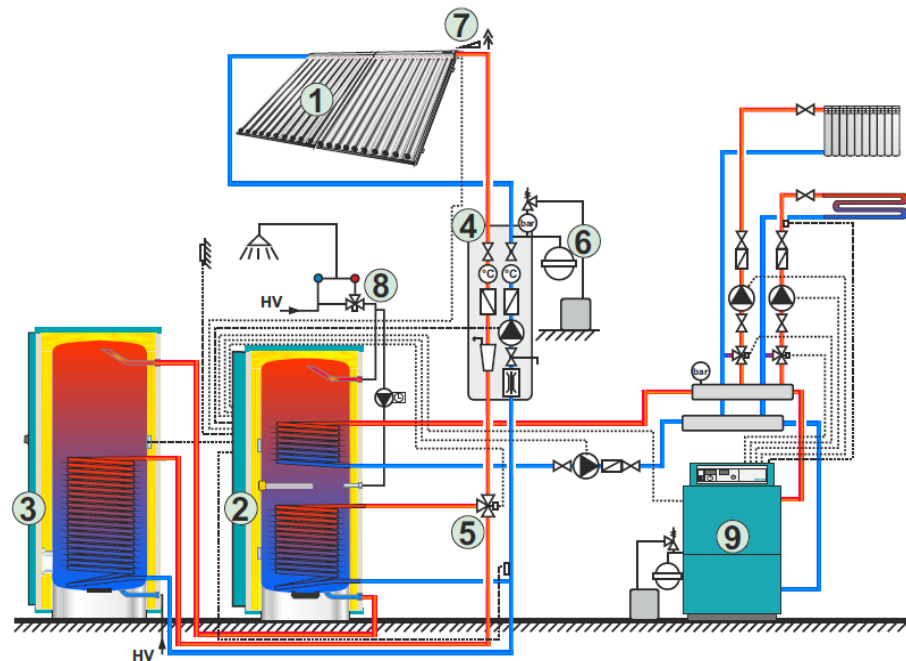
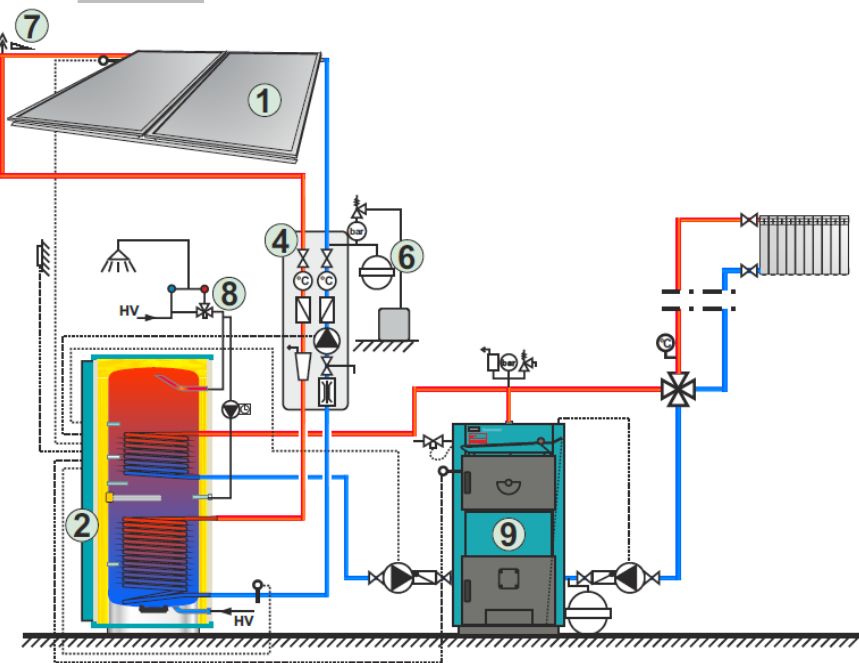
АРХИТЕКТУРА

Fühler – перка / Leiter – проводник / Nullleiter – нулта проводник / Schaltuhr – часовник за вклучување

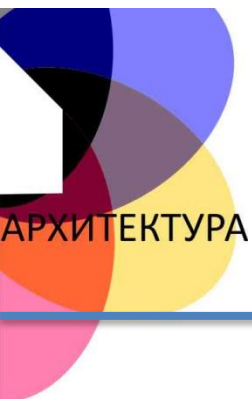
# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија



1. Соларен колектор.
2. Соларен бојлер со регулација
3. Акумулациски бојлер
4. соларна пумпа
5. Преклопен вентил во три правца
6. Експанзионен сад во рамки на соларнит круг
7. Соларено воздушно лонче со сигурносен вентил
8. Вентил за тоplotно мешање на водата во три правца
9. котел

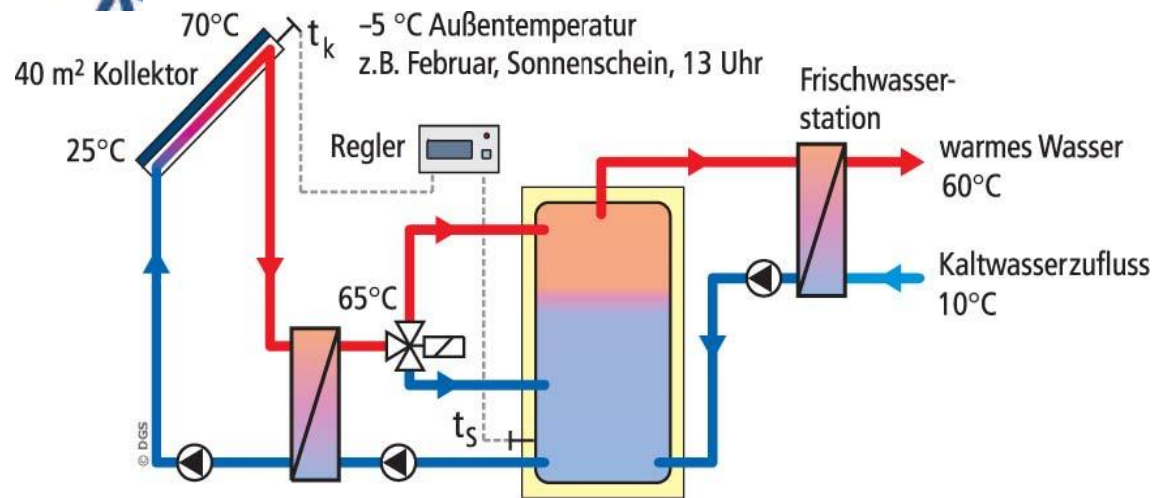
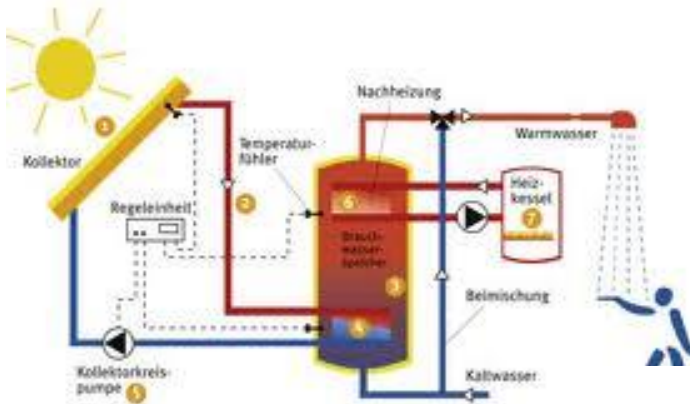


# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

- ТОПЛА САНИТАРНА ВОДА

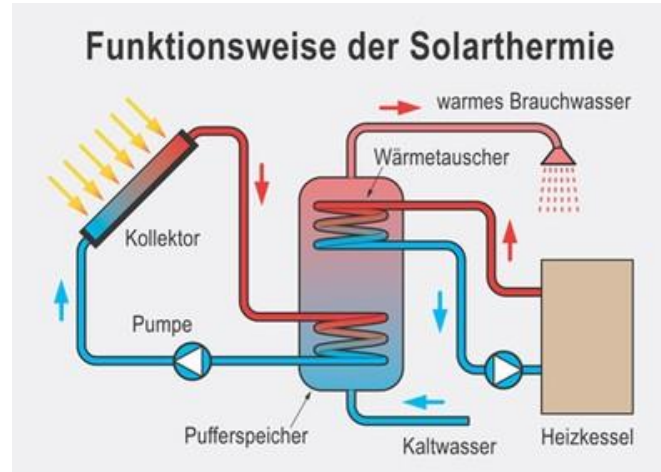
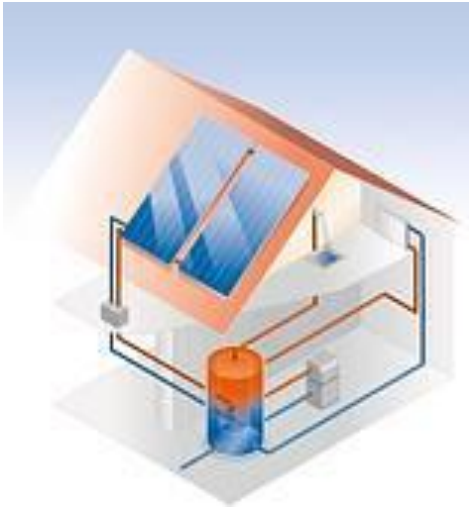


# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### ГРЕЕЊЕ



### Соларна пумпна група

- Соларната пумпна група обединува повеќе елементи во соларниот состав :
- Циркулациска пумпа, регулатор на проток – сигурносна група од сигурносни вентили на 6 бар-а манометар, гравитациски придушници/кочници со термометри, рачен вентил за испуштање на воздух, арматура за полнење/празнење на соларниот систем
- Важен параметар во погонот е протокот во соларниот систем кој се регулира со брзината на пумпата и регулираниот проток и компонентите кои се наоѓаат во соларната група на пумпи
- Проток низ рамни колектори е 30 лит/час и м<sup>2</sup> површина на влезна светлина ( 0,5 лит/мин.и м<sup>2</sup> пов. Упад на светлина)
- Проток низ вакумски колектори е 30 лит/час и м<sup>2</sup> површина на влезна светлина ( 0,5 лит/мин.и м<sup>2</sup> пов. Упад на светлина)
- Во систем со повеќе колектори ( 12 и повеќе) се препорачува помал проток на соларниот флуид низ колекторот- 15 лит/час\*м<sup>2</sup>



# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Експанзиски садови во соларнит состав

Експанзискиот сад ( затворен ) мора да биде доволно голем за да може да го превземе ширењето на соларниод флуид поради високите температури во колекторот. Експанзискиот сад мора да биде за 0,5 бара повисок од статичкиот притисок на соларната инсталација . Најчесто експанзискиот сад мора да биде предпумпн на притисок од 3 бар-а. Соларната инсталација мора да работи на притисок од 2,5-3 бар-а заради померање на точката на највисока топлота на соларниот флуид до 140-150 °C ( во зависност од типот на флуидот). Со тоа преку највисоката топлота му се овозможува на системот да предаде повеќе енергија на бојлерот.

Волумен на експанзионен сад/ Број на плочести колектори/ број на вакум колектори

18	1	--
24	2-3	1
35	4-5	2-3
50	6-8	4-5
80	9-11	6-8
100	12-15	9-11

# Обновливи извори

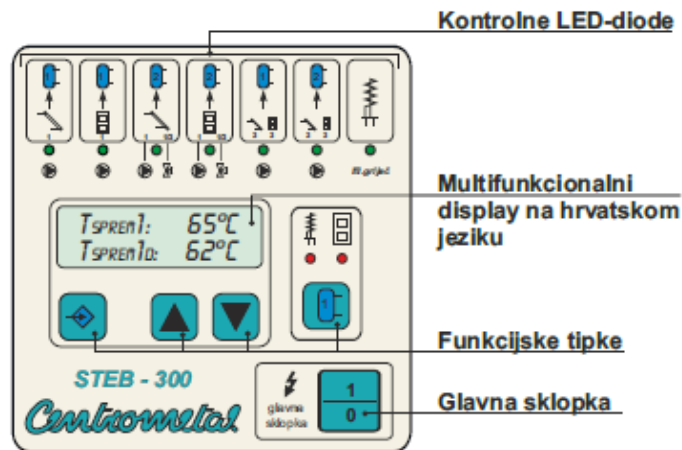
## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

### Соларен флуид

Соларните системи се наменети за целогодишно работење и мора да се прилагодат сите делови на системот за таа цел. Да би се заштитил во зима од смрзнување, потребно е да се става мешавина од вода и **пропилен гликол наместо вода во системот (не-токсичен антифриз)**. Оваа мешавина исто така се нарекува соларен флуид. Претходно беше користен етилен-гликол, а сега се повеќе мешавини на пропилен гликол поради неговите еколошки својства. Соодносот на мешање на гликол и вода треба да се чита на секое пакување на гликол и соодветно да се заштитина инсталацијата од несаканата температура. За соларниот систем кој нема соларна течност гаранција не се признава.

### Можности за интегрирана соларна контрола





# Обновливи извори

## СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

## Соларни групи на пумпи

Важен елемент на соларниот систем, секако, се Соларните групи на пумпи. Во групата на пумпи се наоѓаат сите потребни елементи (со колектори, резервоар, автоматика, соларен издувен вентил за воздух и експанзионен сад) кои се потребни за нормално функционирање на соларниот систем. Ако имаме дополнителен резервоар, уз соларната пумпна група ние треба да инсталираме 3-насочен преклопен вентил (зонски) кој служи за проширување на соларниот систем. Покрај тоа што ги има сите функционални и сигурносни елементи на едно место, соларните групи на пумпи се термички и акустично изолирани и бараат малку простор и едноставно се вградуваат.



пумпна група  
CSPG-260



3-putni преклопни ventil  
za dva bojlera

# Обновливи извори

СОЛАРНА ТЕРМИЈА

Загревање вода со користење сончева енергија

Обука за енергетска ефикасност

## Фотоволтаични постројки



АРХИТЕКТУРА

### Сончева енергија

Просечното сончево зрачење во Македонија, изнесува 3,8 kWh/m<sup>2</sup>, што е за околу 30% повисоко од просечната вредност во многу европски земји. Просечното дневно сончево зрачење варира помеѓу 3,4 kWh/m<sup>2</sup> во северниот дел од Македонија (Скопје) и 4,2 kWh/m<sup>2</sup> во југозападниот дел (Битола). Според условите на географскиот појас во кој се поставени метеоролошките станици, вкупното годишно сончево зрачење варира од минимум 1.250 kWh/m<sup>2</sup>, во северниот дел, до максимум 1.530 kWh/m<sup>2</sup> во југо-западниот дел што доведува до просечно годишно сончево зрачење од 1.385 kWh/m<sup>2</sup>.

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Глобално сончево зрачење во Македонија  
 $1400\text{kWh/m}^2/\text{a} = 140\text{л нафта /m}^2$  годишно

Со искористеност 10% ( мин.степен на дејство, сегашно ниво е 20% )

$= 140\text{ kWh/m}^2/\text{a} = 14\text{ литри нафта/m}^2/\text{a}$

Македонија има површина од  $25.713\text{ km}^2$

$1.000.000\text{ m}^2 = 1\text{ km}^2$ .

$25.713 \times 1.000.000 = 25.713.000.000\text{ m}^2$

$25.713.000.000 \times 14\text{ литри} = 359.982.000.000\text{ литри нафта годишно} = 359.982.000\text{ тони нафта/a}$

Тон нафта = 87 еур/тон ( нафта за греење, 03.01.2012-2015)

**$359.982.000 \times 87 = 31.318.434.000\text{ евра/годишно}$**

( во 2012 Македонија ќе потроши 743.000 t нафта , вкупно за енергенси 650 милиони евра

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

## Обука за енергетска ефикасност



Првата комерцијална апликација во 1958 година на соларни ќелии не е на Земјата, туку во истражување на вселената на сателитите. Нивната цена беше прифатлива, во споредба со сите други високи трошоци. Сите сателити и вселенски бродови се снабдени со силициумски соларни ќелии. Само енергетската криза од 1970-тите години ги «приземји» овие уреди, а потоа беше забележано дека нема неограничено снабдување со фосилни горива и дека треба да се бараат и развиваат нови и обновливи извори на енергија.

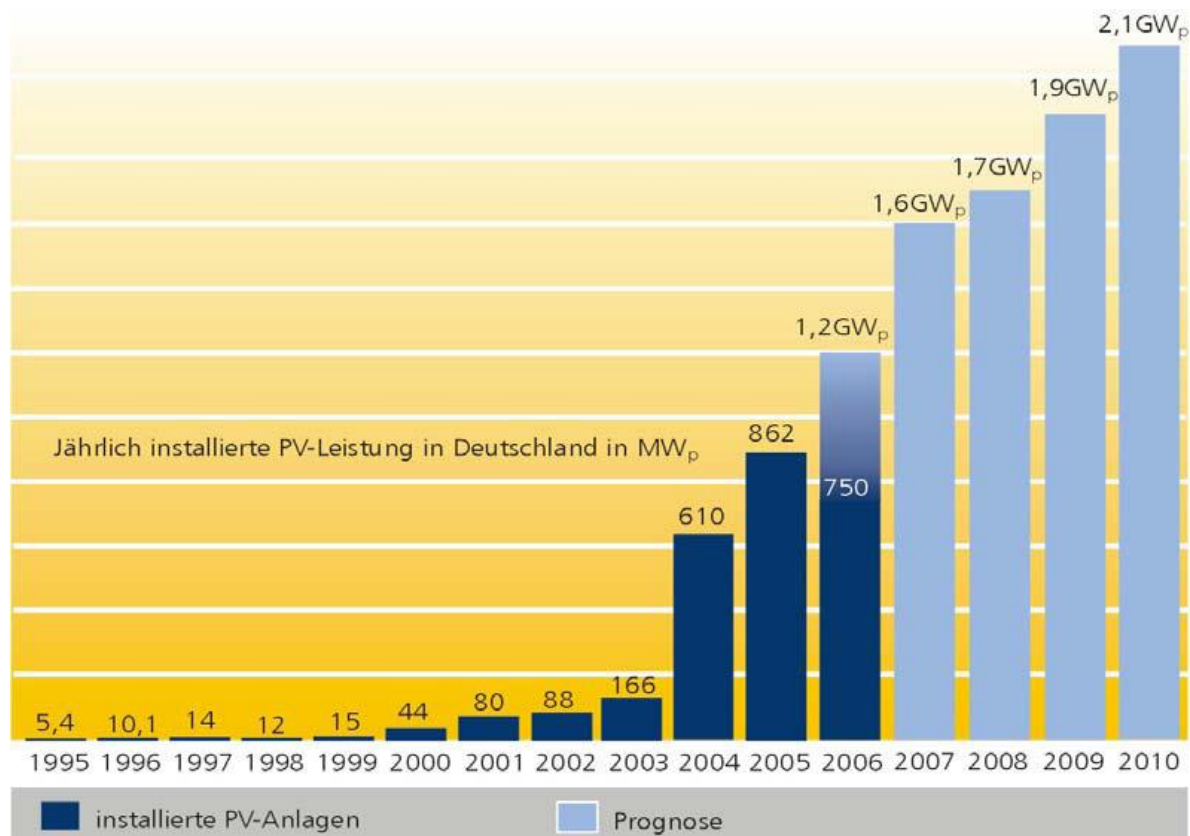


# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Обука за енергетска ефикасност

Распределбата на пазарните сегменти во Германија во 2004 година би изгледала вака: учество од околу 50% на средноголеми ФВ-постројки помеѓу 10 kWp и 1 MWp, околу 40% учество на приватни мали постројки со снага помала 10 kWp и околу 10% учество на големи постројки со снага поголема од 1 MWp.



АРХИТЕКТУРА

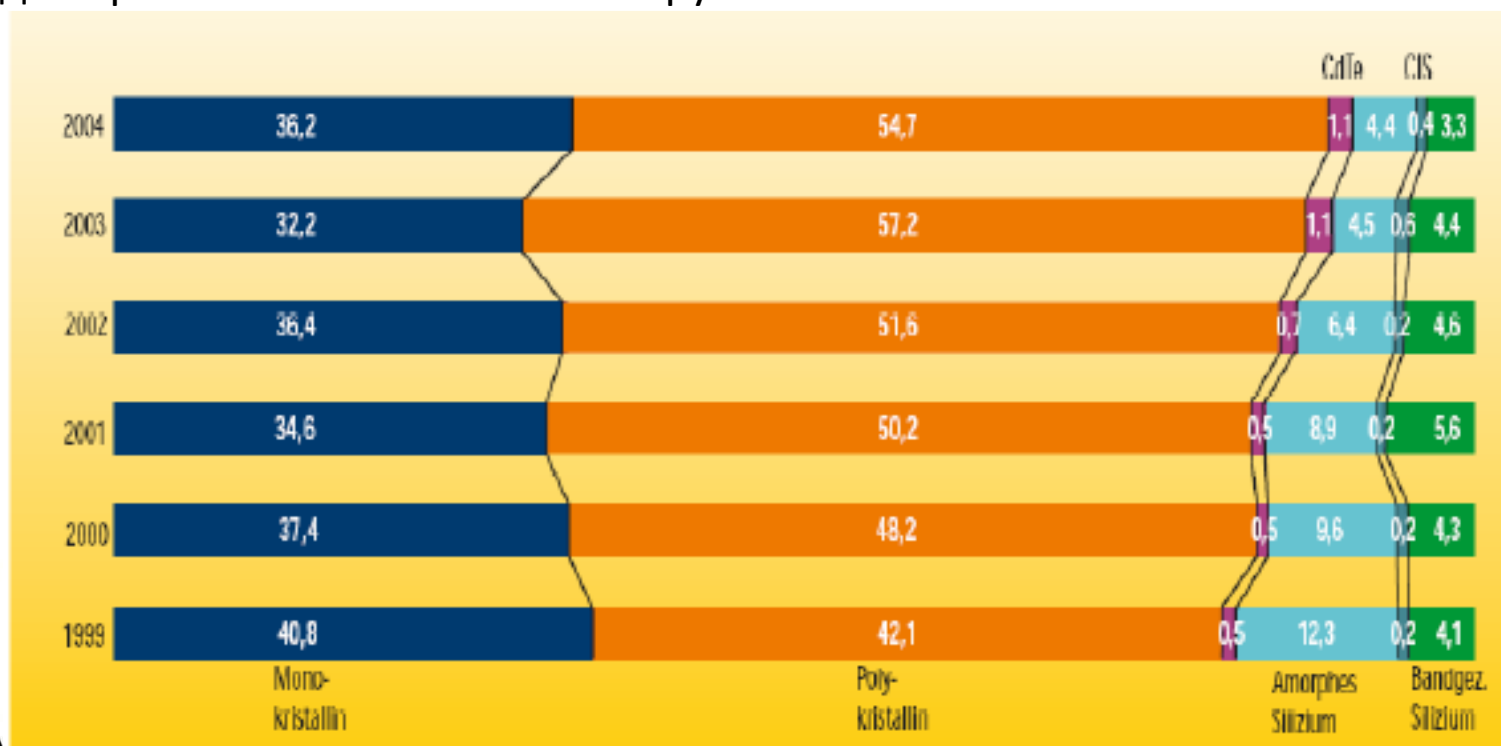
обротот во оваа бранша во 2006 година изнесувал 3,7 милијарди евра. Германија е најголем ФВ-пазар во светот, а бројот на обезбедени работни места во оваа бранша изнесува околу 35.000. Домашните производители учествуваат со околу 50%

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Технички тенденции

Денес основен материјал за изработка на соларните ќелии е кристалниот силициум со учествуво на пазарот од околу 94%. Околу 6% отпаѓа на тенкослојните ќелии, при што аморфните силициумски ќелии главно наоѓаат мал дел примена во областа на побарувачката.



АРХИТЕКТУРА

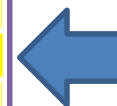
Учество на пазарот на различни материјали кај соларните ќелии на светско ниво, состојба 2004,  
**монокристални / - поликристални/ аморфен силициум / силициум во лента**

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Обука за енергетска ефикасност

	Студија на Quasching				Студија на DLR/Wuppertal-Institut			
	Сценарио за заштеда на енергија, Германија 2050				Сценарио за одржливост, Германија 2050			
Енергенс	Снага	Енергија	Оптовареност	Учество	Снага	Енергија	Оптовареност	Учество
Фотоволтаик	203GW	175 TWh/a	862 h/a	35,0%	23 GW	20 TWh/a	883 h/a	5,1%
Ветер	77GW	164TWh/a	2.127h/a	32,8%	34GW	74 TWh/a	2.168h/a	18,7%
Вода	7GW	25TWh/a	3.571h/a	5,0%	5GW	22 TWh/a	4.745h/a	5,6%
Биомаса	19GW	50TWh/a	2.667h/a	10%	7GW	34 TWh/a	4.926h/a	8,6%
Геотермија	0	0	0	0	3GW	16 TWh/a	6.320h/a	4,05%
Солартермија	Без податоци	Без податоци	Без податоци	Без податоци	10GW	43 TWh/a	4.250h/a	10,9%
Останат увоз/складирање	35GW	86TWh/a	2.559h/a	17,2%	3GW)*	16 TWh/a	5.433h/a	4,05%
Вкупно обновливи	341GW	500TWh/a	1.466h/a	100%	84GW	225 TWh/a	2.671h/a	57,0%
Од тоа увоз (обновливи)	Без податоци	Без податоци	Без податоци	Без податоци	13GW	59 TWh/a	4.523h/a	14,9%
Фосилни	0	0	0	0	61GW	170 TWh/a	2.787h/a	43%
Инсталирана нето-снага Нето-производство	341GW	500 TWh/a	1.466 h/a	100%	145GW)*	395 TWh/a	2.715h/a	100%



АРХИТЕКТУРА

Студијата Quasching смета со комплетно снабдување со струја произведена од обновливи енергии, а студијата на DLR/Wuppertal Institut со 57% домашно производство во 2050 година и увозна струја од Јужна Европа и Северна Африка (солартермички центри) и од Скандинавија (водна енергија). Когенеративните уреди ќе ја покриваат преостанатата потреба од струја.

# Обновливи извори

## Обука за енергетска ефикасност

### ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Потенцијал на обновливи енергии во Македонија (МАНУ - Базна студија за ОИЕ во Македонија)

	2005	2020 ДГ	2020 ГГ	2020 С1	2020 С2	2020 С3	2020С4
ЕЕ од ОИЕ	1440	2539	3482	3139	3039	2829	2492
Хидроелектрани	1440	2300	3000	2900	2710	2590	2010
Големи хидроелектрани	1350	2000	2600	2600	2350	2290	1610
Мали хидроелектрани	90	300	400	300	360	300	400
Ветерни електрани	0	180	360	180	270	180	360
Фотоволтаици	0	14	42	14	14	14	42
Биомаса	0	25	50	25	25	25	50
Биогас	0	20	30	20	20	20	30
Топлина од ОИЕ	1861	3100	3350	3140	3230	3100	3370
Биомаса	1756	2640	2740	2680	2740	2640	2760
Соларна енергија за загревање вода	0	60	90	60	90	60	90
Геотермална енергија	105	400	520	400	400	400	520
Биогорива	0	560	655	655	655	560	560
ВКУПНО ОИЕ	3301	6199	7487	6934	6924	6489	6422
ФЕ	22224	32873	30825	32873	32873	30825	30825
Учество на ОИЕ (%)	14,9	18,9	24,3	21,1	21,1	21,1	20,8



АРХИТЕКТУР

Сценарија за учество на обновливите извори на енергија во потрошувачката на финална енергија (GWh)

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Обука за енергетска ефикасност

Година на пуштање во работа	На отворена површина	На или врз објект или ѕид за звучна заштита			Фасада		
		до 30kW	30-100kW	преку 100kW	до 30 kW	30-100kW	преку 100kW
2005	43,42	54,53	51,87	51,30	59,53	56,87	56,30
2006	40,60	51,80	49,28	48,74	56,80	54,28	53,74
2007	37,96	49,21	46,82	46,30	54,21	51,82	51,30
2008	35,49	46,75	44,48	43,99	51,75	49,48	48,99
2009	33,18	44,41	42,26	41,79	49,91	47,26	46,79
2010	31,02	42,19	40,15	39,70	47,19	45,15	44,70
2012	29,00	40,08	38,14	37,72	45,08	43,14	42,72
2013	27,12	38,08	36,23	35,83	43,08	41,23	40,83
2014	25,36	36,18	34,42	34,04	41,18	39,42	39,04

Со ова , од 01.01.2005 год. важат следните откупни цени по kWh:

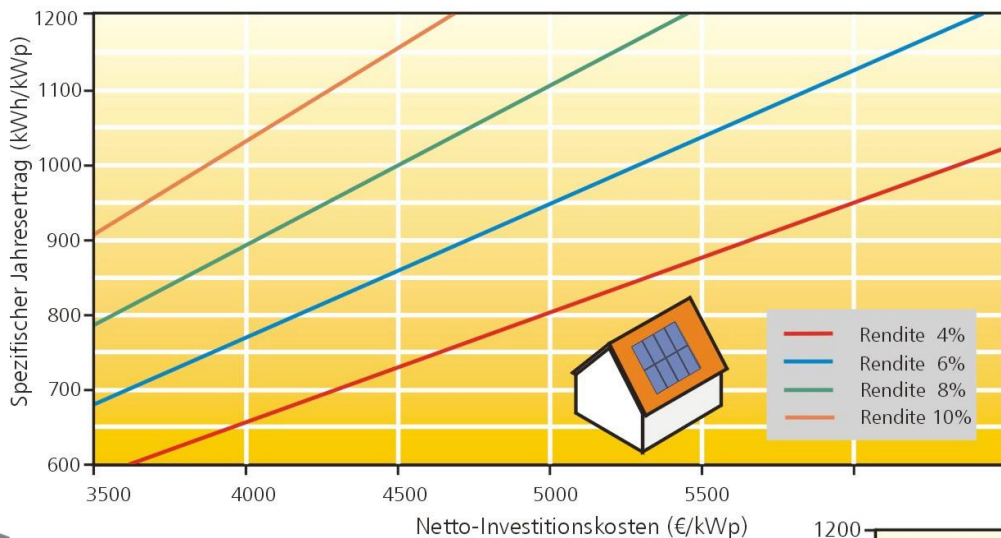
**Табела - Откупни цени (фидинг-тарифи) по новиот EEG  
ГЕРМАНИЈА**

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

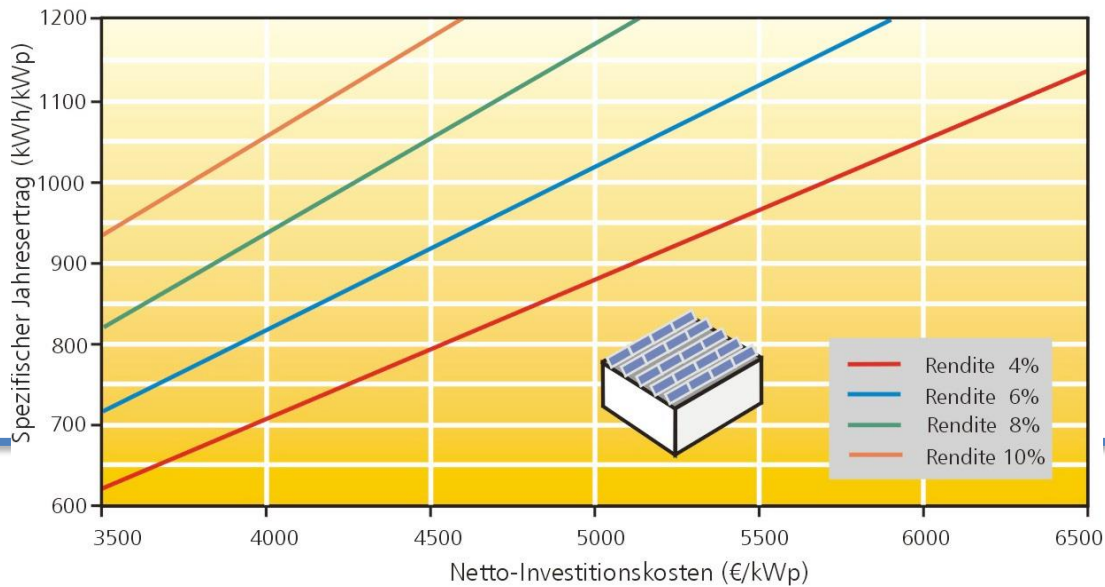
економската исплатливост на ФВ-постројките во зависност од специфичниот годишен принос во kWh/kWp и нето инвестициските трошоци во €/kWp.

Aufdachanlage (30 kWp)



Позначајни количества отпад, ако се земе во обзир состојбата на сега вградените модули, треба да се очекува дури по 2030 година.

Aufdachanlage (500 kWp)

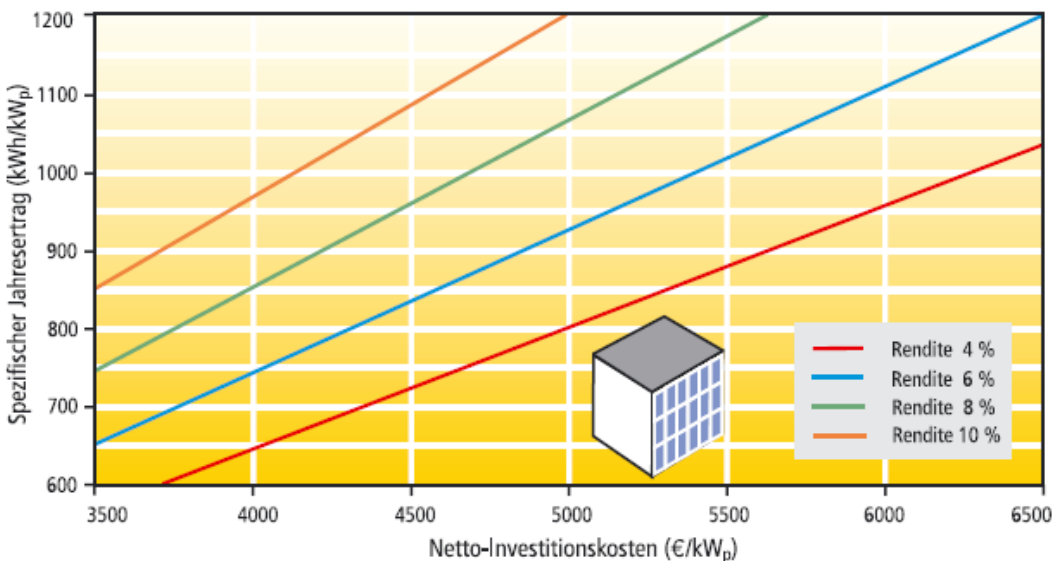


# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

економската исплатливост на ФВ-постројките во зависност од специфичниот годишен принос во kWh/kWp и нето инвестициските трошоци во €/kWp. (2006)

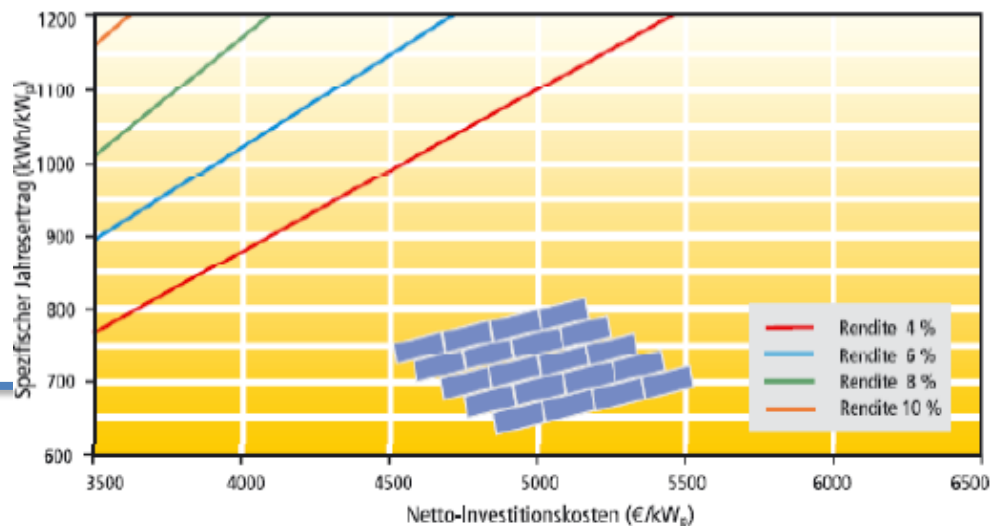
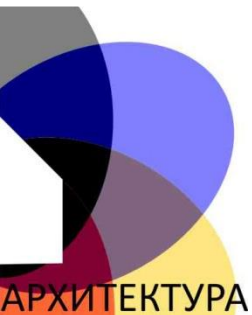
Fassadenanlage (30 kWp)



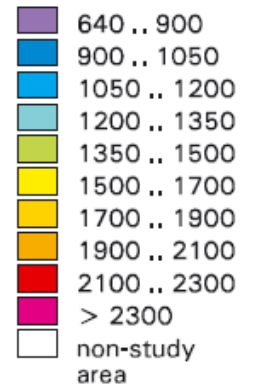
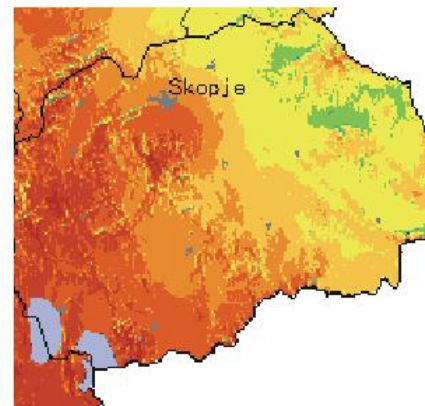
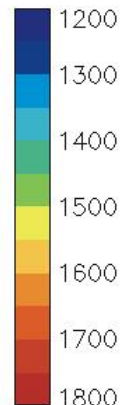
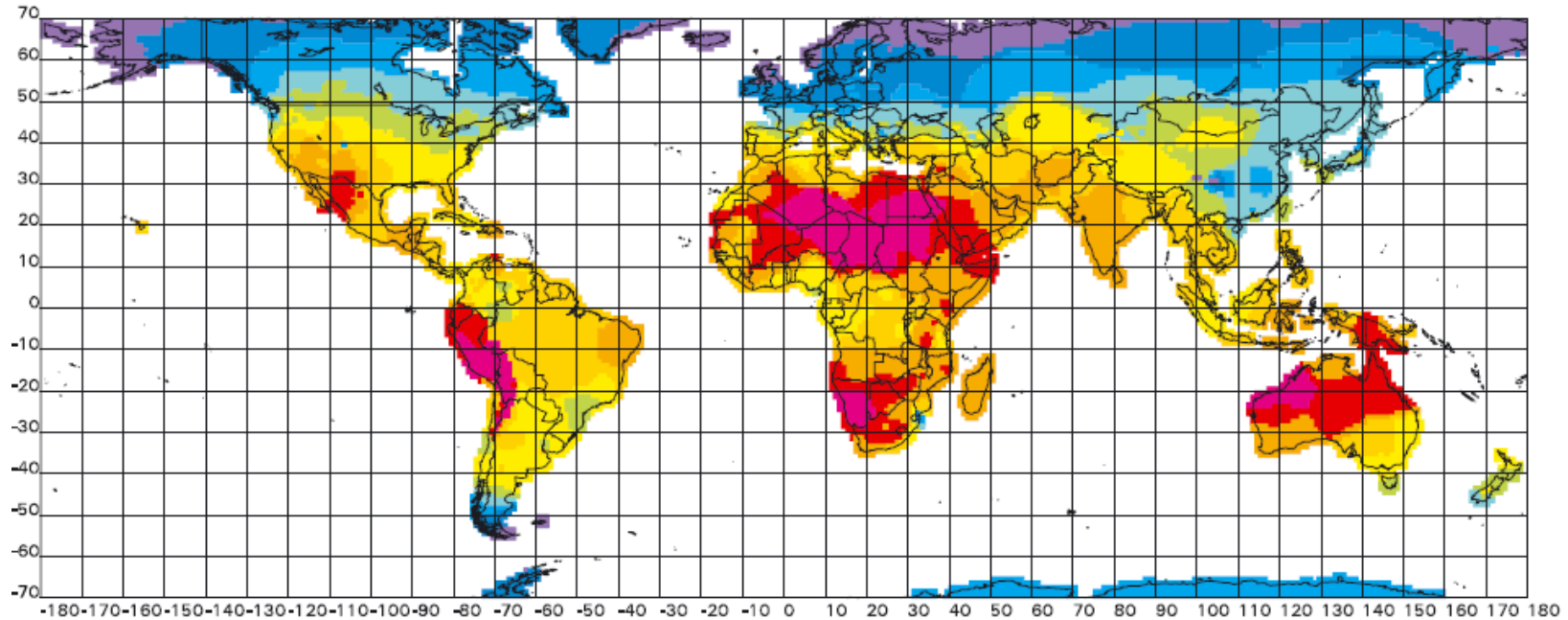
# Обука за енергетска ефикасност

## Рециклирање

При производството на соларни ќелии од силициум се ослободуваат материи кои се штетни за околината и коишто можат да се споредат со оние материи од полупроводничката индустрија. Но овие сепак остануваат во затворени круготекови. Готовиот силициумски соларен модул, освен кај лемените споеви/врски, не содржи штетни состојки за околината. Кај залемените споеви често се користи материјал кој содржи околу 40% олово. и Mitsubischi Electric Company веќе години на ред кај своите модули користат безоловни лемените споеви



Македонија има ИДЕАЛНИ услови за користење на сончевата енергија?





# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

## Обука за енергетска ефикасност



Поради големото растојание од Сонцето до Земјата само мал дел (**околу два милионити делови**) од сончевото зрачење стигнува на земјината површина. **Ова соодветствува на количеството енергија од  $1 \times 10^{18}$  kWh/a.**

Количеството енергија од сончевата светлина која паѓа на земјината површина соодветствува на 10.000-кратната светска потреба за енергија. Ова би значело дека со искористување на само 0,01% на енергијата на сончевото зрачење би можела да се покрие вкупната потреба за енергија на човештвото.

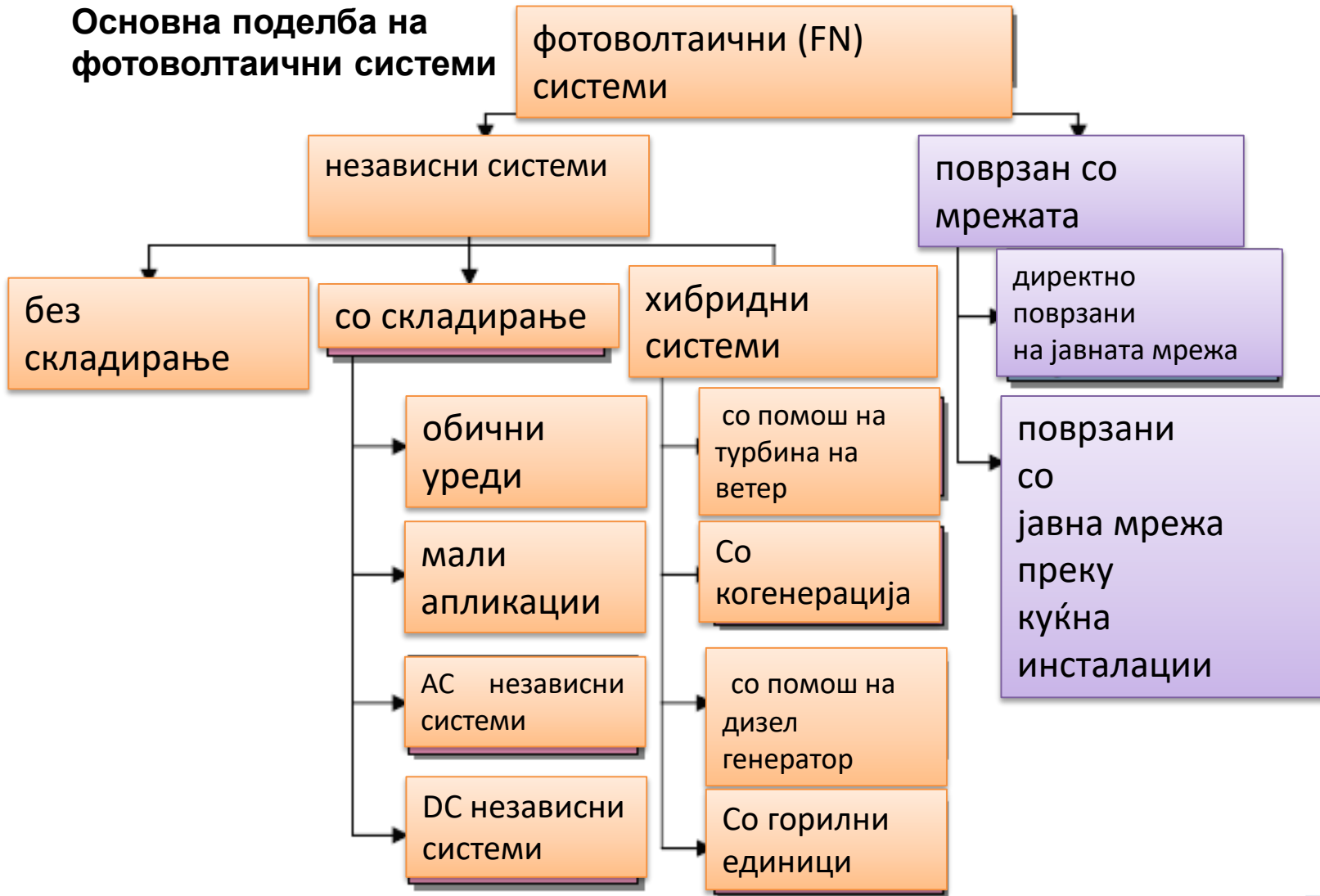
Интензитетот на сончевото зрачење вон земјината атмосфера зависи од растојанието меѓу Сонцето и Земјата. Тоа растојание се движи во тек на годината од  $1,47 \times 10^8$  км и  $1,52 \times 10^8$  км. Со тоа јачината на зрачење  $E_0$  вариира меѓу  $1.325 \text{ W/m}^2$  и  $1.412 \text{ W/m}^2$ . Средната вредност се означува како соларна константа:

- Соларна константа  $E_0 = 1.367 \text{ W/m}^2$

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Основна поделба на фотоволтаични системи



преку  
ации

могам на Ќе

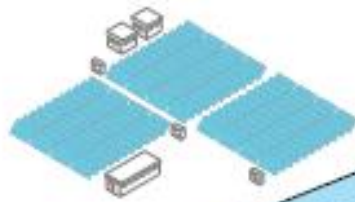
АРХИТЕКТУРА

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Обука за енергетска ефикасност

1. Соларни фарми



3 Off-Grid системи  
за сопствена  
потрошувачка-  
островски системи



2. Кровни  
конструкции на  
комерцијални  
објекти



4. Кровни  
конструкции на  
резиденцијални  
објекти



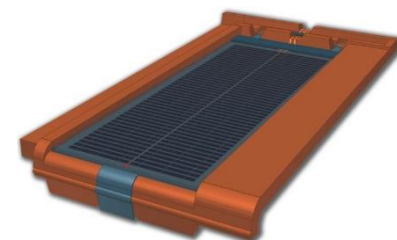
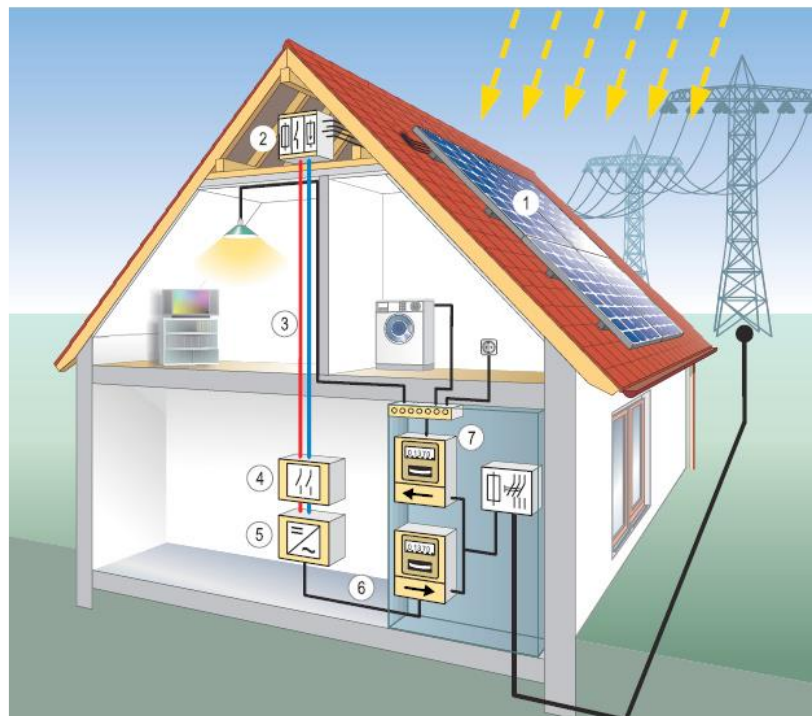
# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### 4. Принцип на вмрежена фотоволтаична постројка

- ФВ-генератор (повеќе ФВ-модули во сериска и паралелна врска со носачи за монтажа),
- Приклучна кутија на генераторот (со заштитна техника),
- Ожичување/ водови за еднонасочна струја,
- Главен прекинувач за еднонасочна струја,
- Претворац DC-AC (инвертор),
- Ожичување/водови за наизменична струја,
- Разводен орман на броило со поделба на струјните кола, броило за повлекување енергија од мрежата, броило за предадената енергија во мрежата и куќен приклучок.

## Обука за енергетска ефикасност

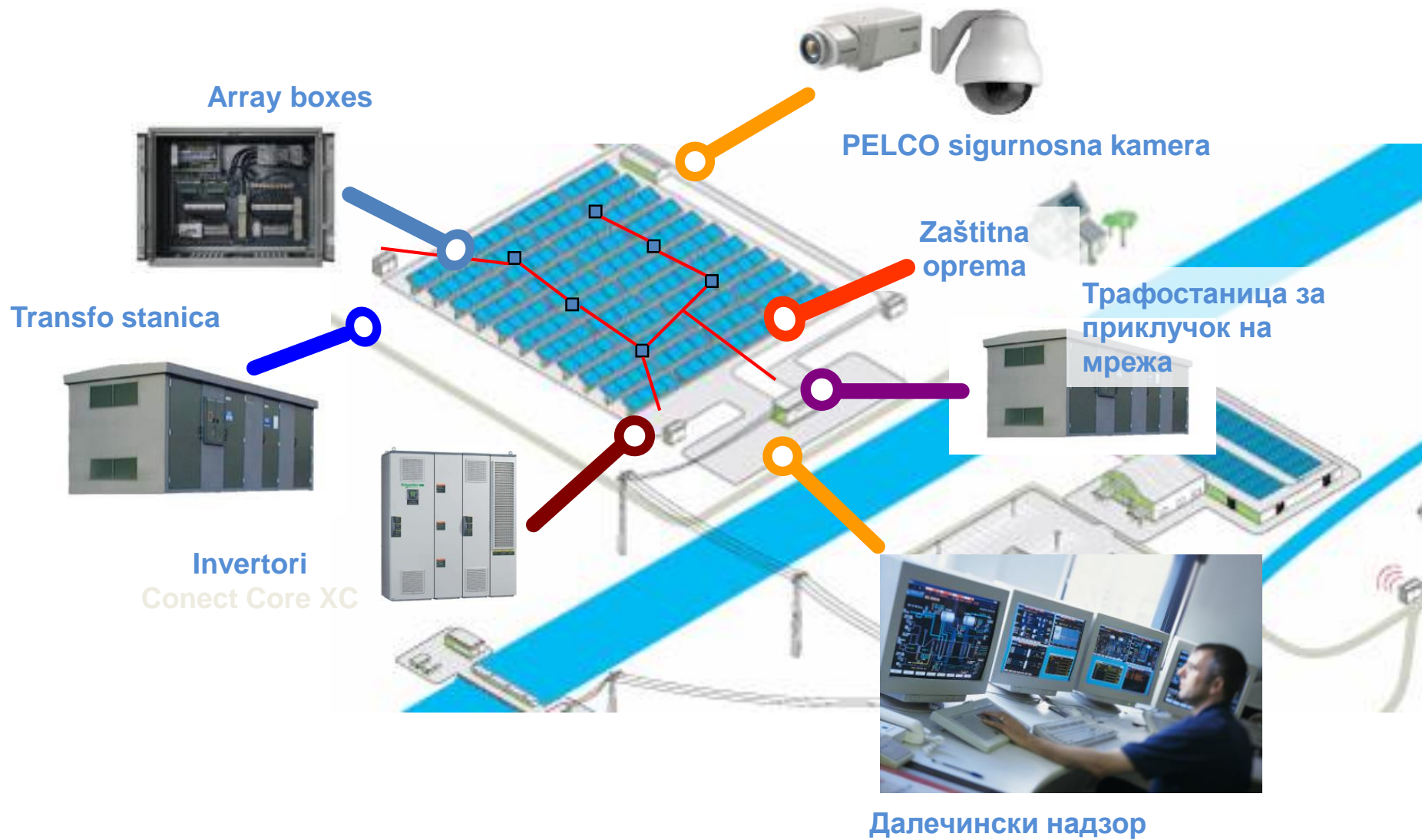


АРХИТЕКТУРА

## Конвертори DC-AC !

neizmeniči (AC - od engleski Alternate Current ednosmerna struja (DC - Direct Current)

# 1. Schneider Electric – комплетно решение



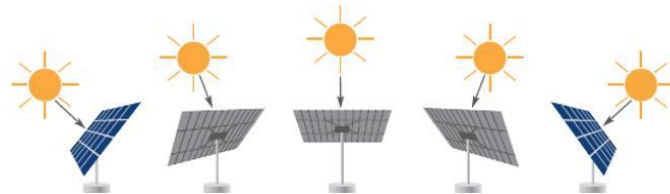
# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### 1. Соларни паркови



## Обука за енергетска ефикасност

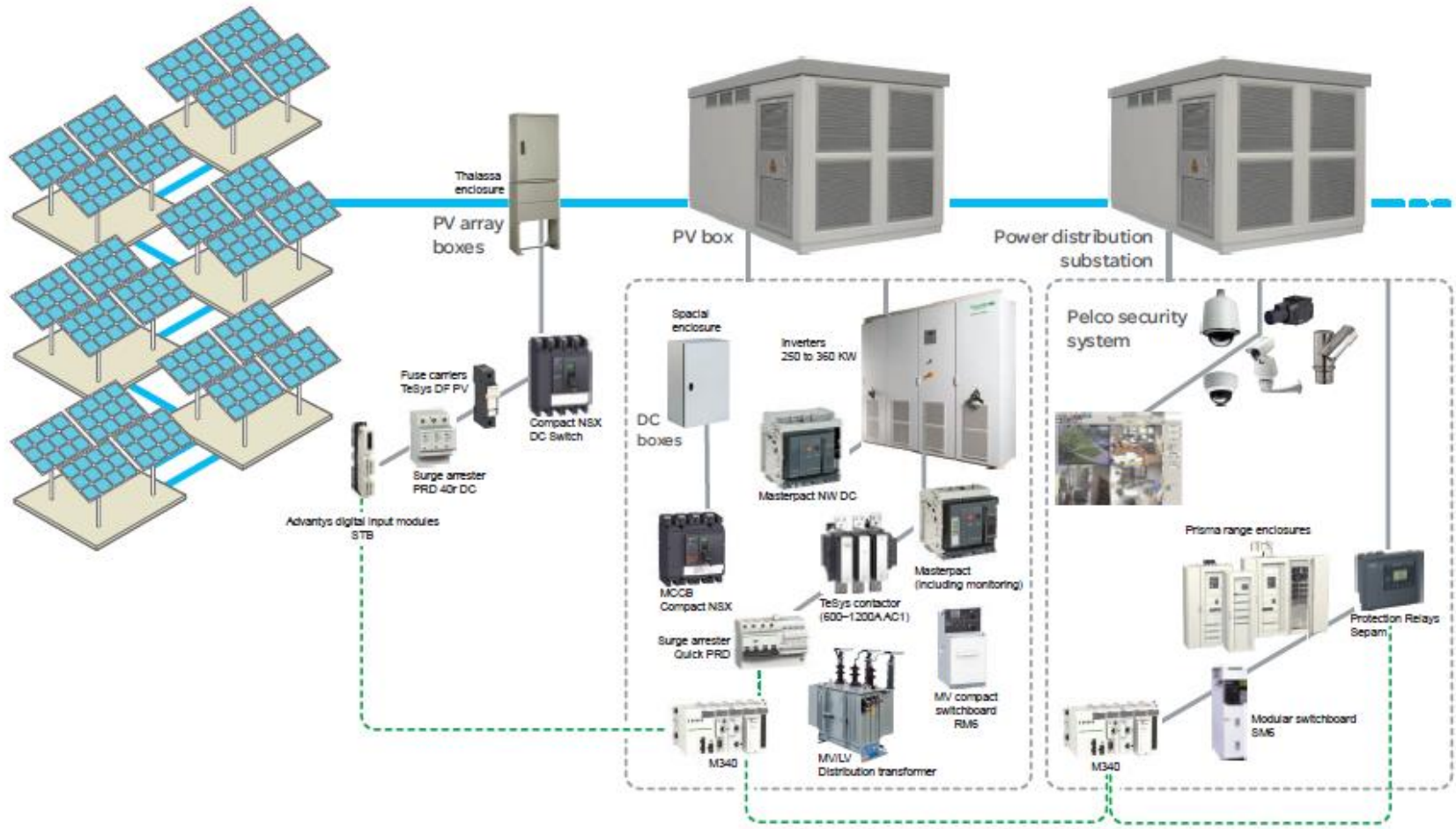


# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

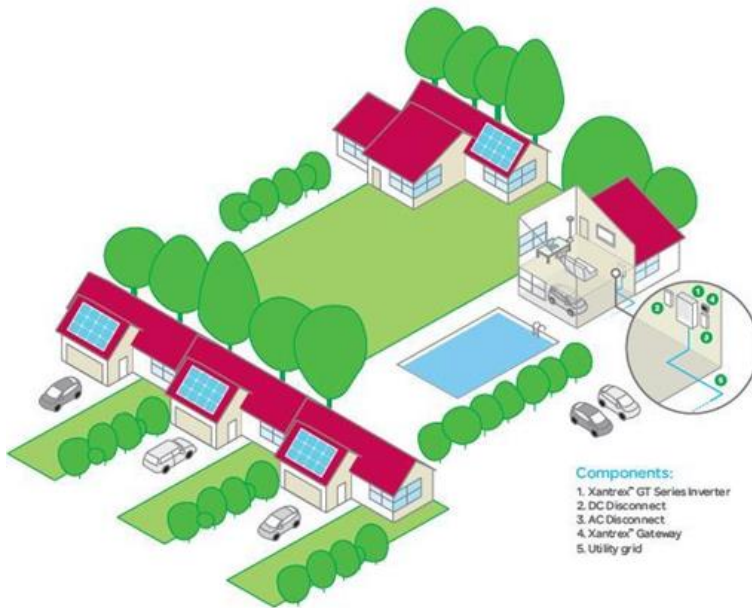
# Обука за енергетска ефикасност

## 1. Schneider Electric – комплетно решение - варијанта 2



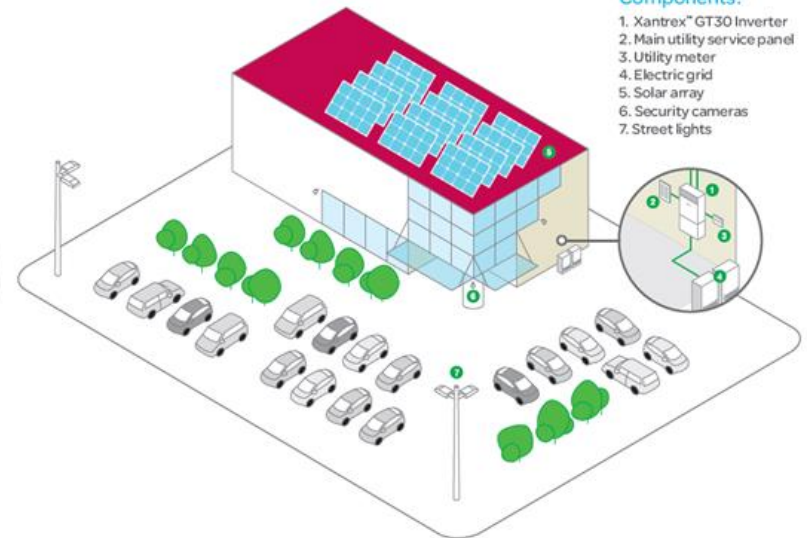
# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ



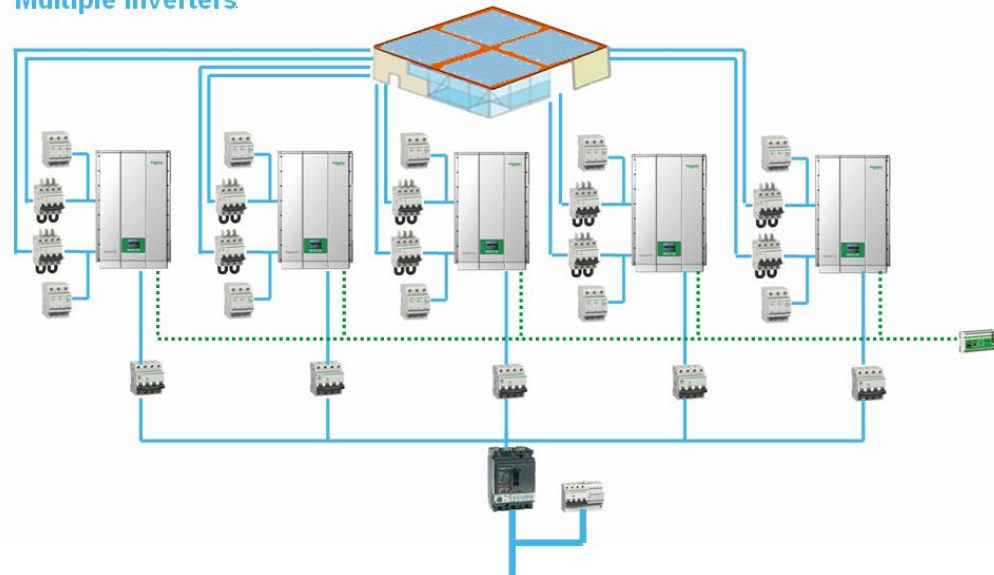
# Обука за енергетска ефикасност

## 2. Комерцијални објекти



Децентрализирана  
архитектура со  
повеќе инвертори

### Multiple inverters

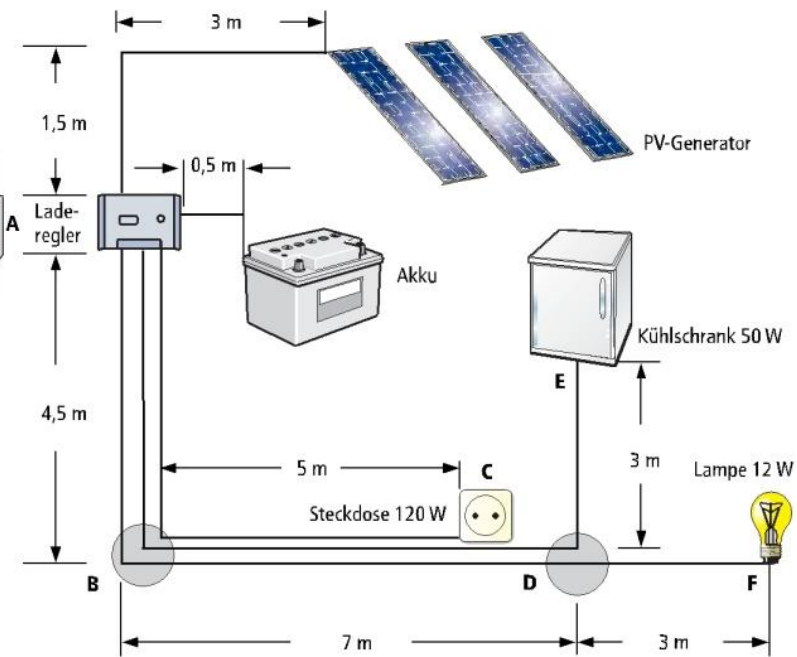
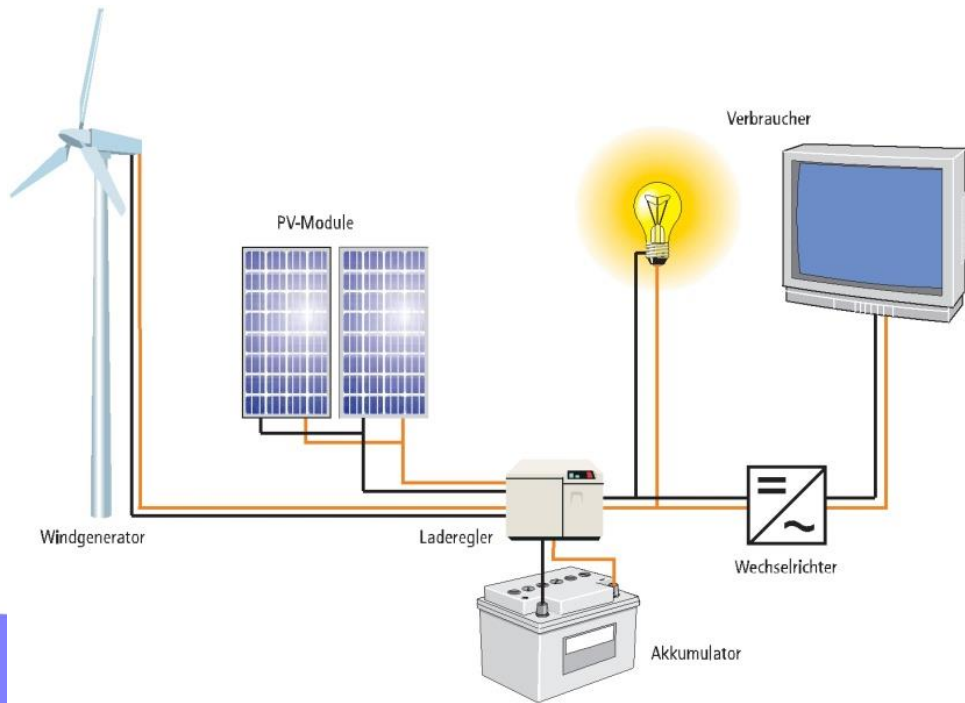




# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### 3. островски ФВ-системи



# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### 3. островски ФВ-системи



Еднонасочна струја – адекватни уреди за користење !!



# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Постојат многу производители на соларни панели на пазарот; различни технологии, нивоа на цени и ефикасност, се остава изборот на панелот да го изврши крајниот корисник

#### Thin film



Cheap  
Low efficiency  
Bad performance over time

#### Monocrystalline



The most expensive  
The most efficient  
Good performance over time

#### Polycrystalline



Expensive  
High efficiency  
Good performance over time

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Обука за енергетска ефикасност

Примери од пракса



## Examples of solar assisted district heating systems



a

**Friedrichshafen-Wiggenhausen (1996)**  
380 Wohnungen, 4.050 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
12.000 m<sup>3</sup> Heißwasser-Wärmespeicher



b

**Steinfurt-Borghorst (1999)**  
23 Reihenhäuser, 510 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
1.500 m<sup>3</sup> Kies/Wasser-Wärmespeicher



c

**Hamburg-Bramfeld (1996)**  
124 Reihenhäuser, 3.000 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
4.500 m<sup>3</sup> Heißwasser-Wärmespeicher



d

**Rostock-Brinkmannshöhe (1996)**  
108 Wohnungen, 1.000 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
20.000 m<sup>3</sup> Aquifer-Wärmespeicher



e

**Neckarsulm-Amorbach (1998)**  
5.263 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
63.360 m<sup>3</sup> Erdsonden-Wärmespeicher



f

**Hannover-Kronsberg (2000)**  
106 Wohnungen, 1.350 m<sup>2</sup> Flachkollektor,  
2.750 m<sup>3</sup> Heißwasser-Wärmespeicher

- Ref: FVEE
- Pictures: a, b, d, e
- Uni Stuttgart, ITW
- Pictures: c, f
- Prof. Em. Gockell,
- IGS, Uni Braunschweig

## Vision 2030

**New residential buildings:** 100% solar thermal heating

**Existing residential buildings:** 50 % solar thermal heating

**Industrial solar thermal systems** for temperatures  $> 100^{\circ}$  Celsius

**Solar cooling systems**

**Solar District Heating Systems**

**Overall Goal:** Heating Demand up to  $250^{\circ}\text{C}$  will be covered by Solar Thermal systems



# Обновливи извори

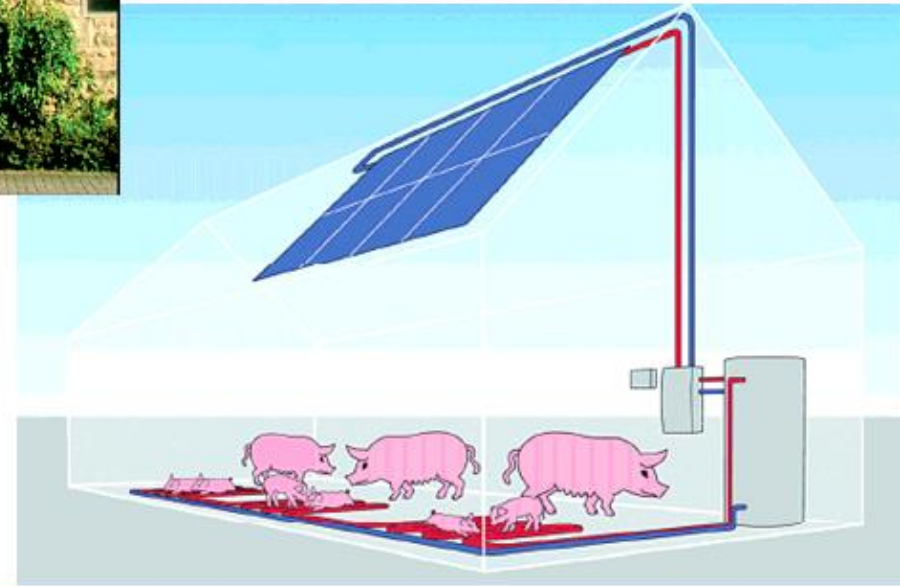
## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Solarthermal Systems in Agriculture – Piglet Breed

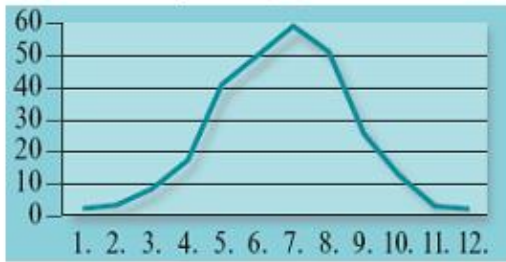


- System Tested in Münsterland Germany
- 65m<sup>2</sup> Collector Area
- Natural Gas Reheating
- System Saves 3.200m<sup>3</sup> Natural Gas per Year

•Other Farms Use the Heat Behind PV-Collectors to Dry Their Straw



Solar coverage rate(%):



(20% annual average )



# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Visions of the solar thermal industry for the year 2030

International Solar Energy Society, German Section

The active solar house (heat demand covered 100% with solar systems) is the building standard



Multifamilybuilding with 100% solar heating built in Switzerland in 2007



# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Обука за енергетска ефикасност



АРХИТЕКТУРА

## Обновливи извори

### ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ ПРИНЦИП НА ФУНКЦИОНИРАЊЕ

Појам "фотонапонско" доаѓа од грчки збор φῶς (phōs) што значи "светло" и "волт", од името на италијанскиот физичар Алесандра Волта, што значи електрично, по што единицата електромоторно сили, волт, добила име. Терминот фотоволтаичен прв пат беше употребен во крајот на 19-тиот век. Во непосреден превод, терминот фотоволтаичен значи "струја од светлината" и токму таквиот превод најдобро го опишува принципот на работа на фотонапонските (PV) cells - конвертирање на енергијата на сончевата енергија во електрична енергија преку фотонапонски ефект.

Освен значителни инвестиции во изучувањето и развојот на соларната фотонапонска технологија, денес цената на сончевите ќелии, односно фотонапонските системи, се високи и тие се продаваат конкурентни со други класични извори на електрична струја само во определени области на примена, т.е. на места каде што не е во близина електрична мрежа. Водечките светски енергетичари оцениле дека фотонапонската технологија во 21-от век, заради намалувањето на достапните резерви на конвенционални горива, ќе доминира во задоволувањето на потребите за електрична енергија.

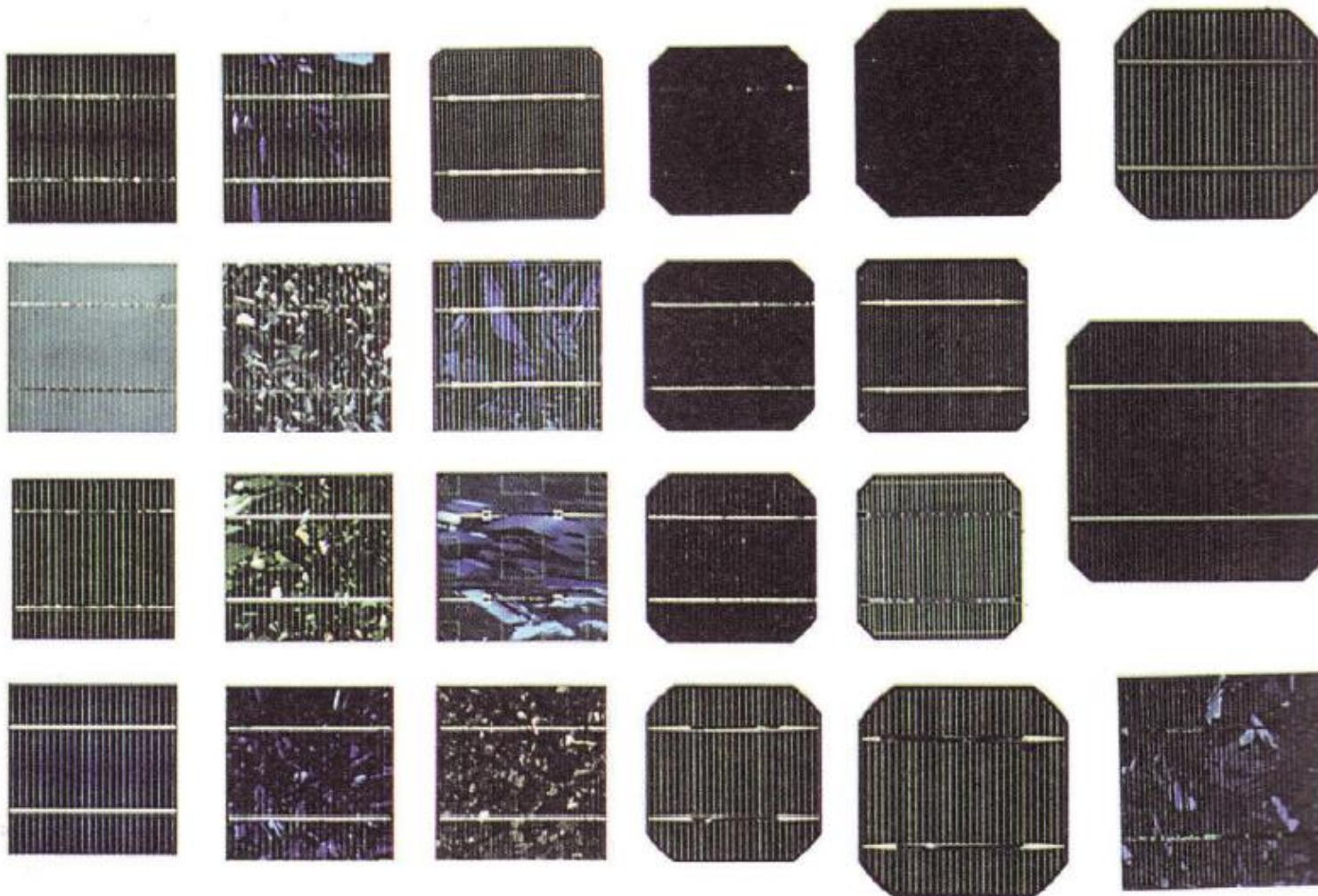
Принципот на работата на сончевите ќелии се базира на фотонапонскиот ефект: кога сончевата радијација се апсорбира во сончевата ќелија на нејзините краеве, електромоторната сила (напон) се појавува, така што може да се користи како извор на електрична енергија.

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Кристални ќелии со различита боја и димензија

Обука за енергетска ефикасност



# Обновливи извори

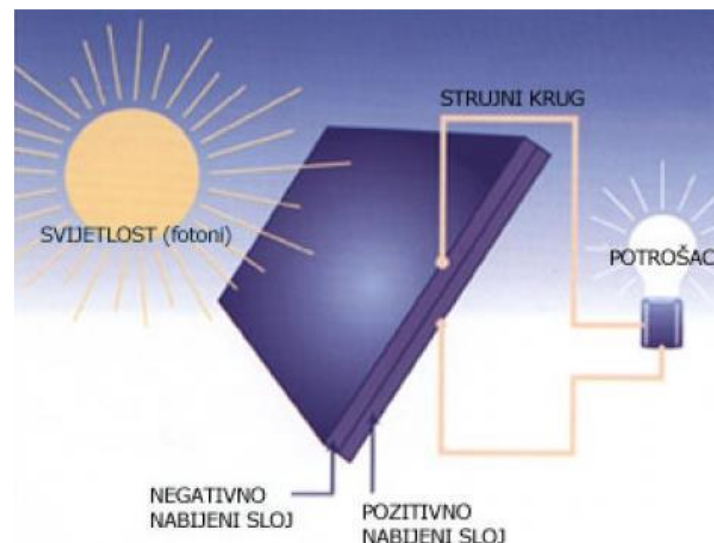
## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

## Обука за енергетска ефикасност

При следење на апсорпцијата и емисијата на Сончевата радијација (електромагнетни таласи), зрачењето може да се посматра како сноп, т.н. фотони. За прорачун на фото струјата на сончевата ќелија потребно е да се познаваат токовите на фотоните кои паѓаат на ќелијата. Фотони се честички без набој кои се движат со брзината на светлината и секој фотон носи одредена количина на енергија.

Контактот на P-делот станува позитивен, а N-делот е негативен. Ако контактните ќелии се поврзани со надворешен потрошувач, ќе протече електричната струја.

Во силициумовите соларни ќелии на површината на плочките на P-тип дифундирани се примеси (на пр. Фосфор), така што на тенок површински слој се создава површина на N-тип на полупроводник. На предната површина на ќелијата постои метална решетка која не зазема многу простор, така што речиси и не влијае на апсорпцијата на Сончевата радијација, а задната страна на клетката е покриена со метален контакт. Предната страна на површината може да се покрие со просирен антирефлексионен слој за да се зголеми работата на ќелијата и со тоа да се намали рефлексијата на Сончевата светлина.

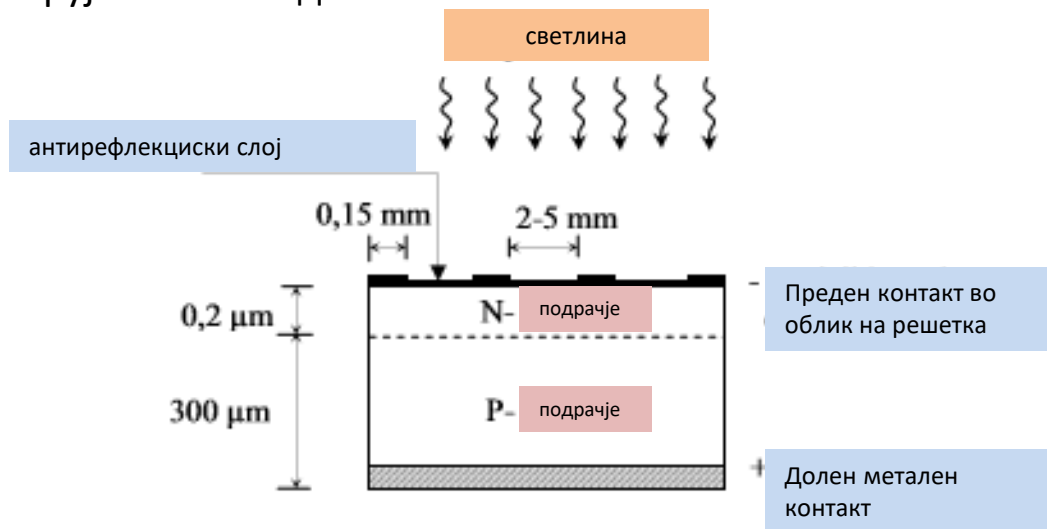


Принцип на работа на соларната ќелија

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Соларна ќелија станува полупроводничка диода, односно PN-спој кога електромоторната сила (напон) се појавува на нејзините краеви и се однесува како исправљачки уред кој пропушта струја само во една насока.



Денес, технологијата за истражување на материјалите за изработка на самите ќелии и откривање на нови концепти и процеси на нивното производство е значително зголемена. Силициумот е основен материјал за изработка на сончеви ќелии кој го има многу во Земјината кора (најмногу по кислородот, со учество од 28%). Апсолутно доминира, со околу 98%, пред сè, во технологијата на производство на кристалниот силициум.

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Обука за енергетска ефикасност

Самата изработка на сончевите ќелии е многу скапа. Цена на производот на сончевите ќелии е различна за аморфни, поликристални и монокристални ќелии. Амфорните соларни ќелии се најевтини и во нив се кристализира молекулата на силициумота во природен начин и резултира со соларна енергија која има степен на дејство најмногу до 6%. Нешто поскапите, поликристални ќелии, остваруваат степен на дејство од 11 до 14%. Воглавно, преовладува технологијата на производство на монокристални силициуми добиени од технологијата на лебдечка зона. Монокристалните ќелии остваруваат дејство, помеѓу 12 и 16%. Во сите три случаи се работи за многу мал степен на дејство во енергетската конверзија што се случува во ќелиите. Денес на пазарот може да се најдат различни силициумови соларни ќелии, со различни бои и димензии. Вообичаените димензии се 10 см × 10 см, 12,5 × 12,5 см, 15 см × 15 см, 21 см × 21 см.



Монокристални соларни ќелии

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Изработката на сончевите ќелии е доста сложен технолошки процес, па според тоа и цената на сончевите ќелии е доста висока. Меѓутоа, последниве години цената на сончевите ќелии е во пад, а карактеристиките во лабораториските испитувања се зголемуваат. За да цената на сончевите ќелии е поприфатлива, потребно е да се поедностави од една страна нивното изработување, а од друга страна да користат други, поевтини материјали.

АРХИТЕКТУРА



Кристален  
силициум  
Кварцен песок



Производство на  
Кристален  
силициум  
со Tielgeziehov ili  
Czochralskijev  
proces



Обликување на  
ingot



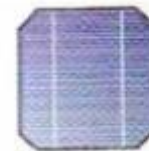
Цечење е на ingot  
на вафери



Дифузија на  
фосфор и  
добивање на PN  
слој



Ситотиск  
(горен и долен  
контакт)



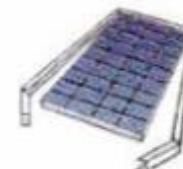
Готова соларна  
ќелија



Спојување на  
соларна ќелија



Ламинирање (Ламинат)



Поставување на  
соларни ќелии во  
оквир



Готов соларен  
модул



Соларен модул во  
примена

# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Обука за енергетска ефикасност

Во модерно време се појавија технички напредни високо-ефективни соларни ќелии, т.н. концентрирачки соларни ќелии. Таквите ќелии обично се вградуваат во фотонапонските системи кои го следат движењето на Сонцето(eng. Tracking System), , а нивото на дејство е околу 35%, додека нивото на дејството на модулот е 25%.





# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

### Фотонапонски модули

Елементот кој се создава со меѓусебно поврзување на повеќе фотонапонски ќелии се нарекува фотонапонски модул. Притоа, ќелиите може да се спојуваат сериски во низа или паралелно во подмодул. Фотонапонските модули произведуваат истонасочна струја и обично со напон од 12 или 24 V. Во сликата прикажани се фотонапонски модули со различни димензии со различен број фотонапонски клетки.



# Обновливи извори

## ФОТОВОЛТАИЧНИ ПОСТРОЈКИ

Битната причина за поврзување на фотонапонските ќелии во модулот е постигнување на многу поголема излезна сила во однос на силата која ќе биде овозможена од една клетка. Освен тоа, нивното електрично поврзување и физичко поврзување во модулот значително ги подобруваат корисните својства, како што се едноставноста на ракување, поставување и одржување, како и отпорност на надворешни влијанија. Битно е да се спомене како фотонапонските модули немаат подвижни делови што е предност во однос на, ветротурбините. Модулот треба да биде едноставен за вградување со достапна цена, а истовремено треба да има што поголема искористливост на површината со што помала маса и соодветен дизајн.

Неколку барања за поставување на фотонапонски модули:

- механичката стабилност,
- Постојаност кон влијанија од непосредна околина како што се временски влијанија (падавини, влажност, удари на ветрот и слично), механички оштетувања,
- стабилност во температурата од -50 до +90 °C
- отпорност на ултравиолетова радијација,
- сигурност од струен удар и други опасности поврзани со примената на електричната енергија.

# БЛАГОДАРАМ НА ВНИМАНИЕТО

Обука за енергетска ефикасност



АРХИТЕКТУРА