

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE



Split, 2017/18.

UVOD - Energija

Riječ energija nastala je od grčke riječi **energōs** što znači aktivnost.

Energija je karakteristika sustava kojom se opisuje sposobnost tog sustava da izvrši neki rad, dok je mjerna jedinica za energiju džul (J). Važno svojstvo energije je da ne može niti nastati niti nestati pa je prema tome količina energije u zatvorenom sustavu uvijek konstantna (zakon o očuvanju energije). Energija može prelaziti iz jednog oblika u drugi. Prelazak energije iz jednog oblika u drugi naziva se snaga ili rad, dok je mjerna jedinica za rad vat (W).

Jedan vat je rad obavljen u jednoj sekundi prelaskom jednog džula energije iz jednog oblika u drugi:

$$W = 1 \frac{J}{s}$$

U praksi se često kao jedinica mjere za energiju koristi i jedinica vat-sat (Wh), pri čemu je jedan vat-sat konstantni rad (snaga) od jednog vata u periodu od jednog sata: $1Wh = 1J/s \times 3600s = 3600J$

Tako se za količinu utrošene električne energije uobičajeno koriste kWh (kilovat-sat), MWh (megavat-sat) i GWh (gigavatsat).

Tablica.1. Usporedba energetske vrijednosti

gorivo/izvor	energetska vrijednost
1 litra benzinskog goriva	34 MJ
1 litra dizelskog goriva	38,7 MJ
1 kilogram čokolade	23 MJ
1 barel sirove nafte (oko 159 litara)	6.123 MJ
1 standardna AA baterija	1.000 J
1 Li-ion baterija (gustoća)	540-720 kJ/kg
1 kWh električne energije	3,6 MJ
1 m ³ prirodnog plina	38,3 MJ
1 kilokalorija (kalorija, hrana)	4.184 J
1 metrička tona ugljena	29 GJ
1 tona urana-235	$7,4 \times 10^{10} J$

Energija se pojavljuje u dva osnovna (pojavna) oblika:

1. nagomilani
2. prijelazni (javlja se u slučajevima kad nagomilani oblik energije prelazi iz jednog oblika u drugi)

Slika 1.



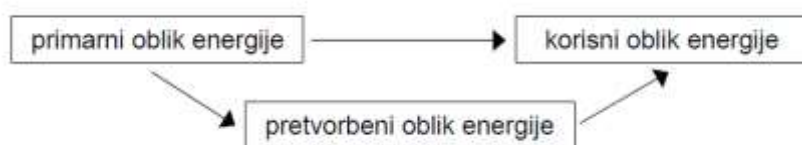
1. **Potencijalna energija** – definira se kao rad koji se obavi promjenom pozicije promatranog objekta u odnosu na neku referentnu poziciju. Dvije vrste potencijalne energije su gravitacijska potencijalna energija (pad objekta, vodne snage, plima i oseka) i elastična potencijalna energija (opruga).
2. **Kinetička energija** – ili energija kretanja, je energija nekog objekta kod određene brzine u odnosu na neki referentni objekt (energija vjetera, energija morskih struja i valova).
3. **Toplinska energija** – je energija nasumičnog gibanja mikroskopskih čestica koje tvore objekt, tj. energetski udio sustava koji se povećava s temperaturom. Toplinska energija prelazi sa jednog objekta na drugi zbog razlike u temperaturi. Toplina se prenosi na tri osnovna načina: kondukcijom, konvekcijom i zračenjem (sunce, geotermalna energija).

4. **Električna energija** – je oblik potencijalne energije u polju u kojem se čestice istog naboja međusobno odbijaju, a čestice suprotnih naboja se međusobno privlače. Električna energija se relativno jednostavno transportira i pretvara u ostale korisne oblike energije.

5. **Kemijska energija** – definira se kao rad koji obave električne sile prilikom preslagivanja električnih naboja (protona i elektrona) u kemijskim procesima. Primjer iskorištavanja kemijske energije su fosilna goriva koja izgaranjem oslobađaju toplinu.

6. **Nuklearna energija** – je energija koja se dobiva postupcima nuklearne fuzije i nuklearne fisije. Nuklearna fuzija je spajanje dva ili više laka atoma u jedan teži uz oslobađanje određene količine energije u obliku raznih zračenja (Sunčeve reakcije). Nuklearna fisija je također oslobađanje određene količine energije u obliku raznih zračenja, ali dobiva se cijepanjem teških atoma na dva ili više manja atoma (nuklearna goriva).

Pretvorba energije iz jednog oblika u drugi:



pri čemu je stupanj djelovanja pretvorbe (η) definiran kao:

$$\eta = \frac{\text{dobivena energija}}{\text{dovedena energija}} = \frac{\text{dovedena energija} - \text{gubici}}{\text{dovedena energija}} < 1$$

Primarni oblici energije su oni oblici koji se nalaze ili pojavljuju u prirodi (prirodni oblici energije). Primarni oblici energije se prema obnovljivosti dijele na:

- a. Neobnovljivi izvori energije
- b. Obnovljivi izvori energije

Transformirani (pretvorbeni oblici energije) su oni oblici koji se određenom energetsom transformacijom dobiju iz primarnih oblika, ali se kao takvi ne koriste, već se dalje pretvaraju u korisne oblike energije. Najčešći oblici pretvorbe su:

1. Isplinjavanje (ugljen u koks)
2. Rasplinjavanje (ugljen u plinove)
3. Izgaranje (kemijska u toplinsku energiju)
4. Destilacija (sirova nafta u derivate)
5. Nuklearne reakcije (nuklearna u toplinsku energiju)
6. Turbinske pretvorbe (potencijalna i kinetička u mehaničku energiju)
7. Zračenje (sunčevo isijavanje u toplinsku ili električnu energiju)

Korisni oblici energije su oni oblici koje koriste potrošači za neposrednu primjenu. Dijelev se na:

1. Toplinsku energiju
2. Mehaničku energiju
3. Kemijsku energiju
4. Energiju za rasvjetu i napajanje elektroničkih uređaja

I. Neobnovljivi (iscrpivi) izvori energije (nazivaju se još i fosilna goriva) U njih spadaju:

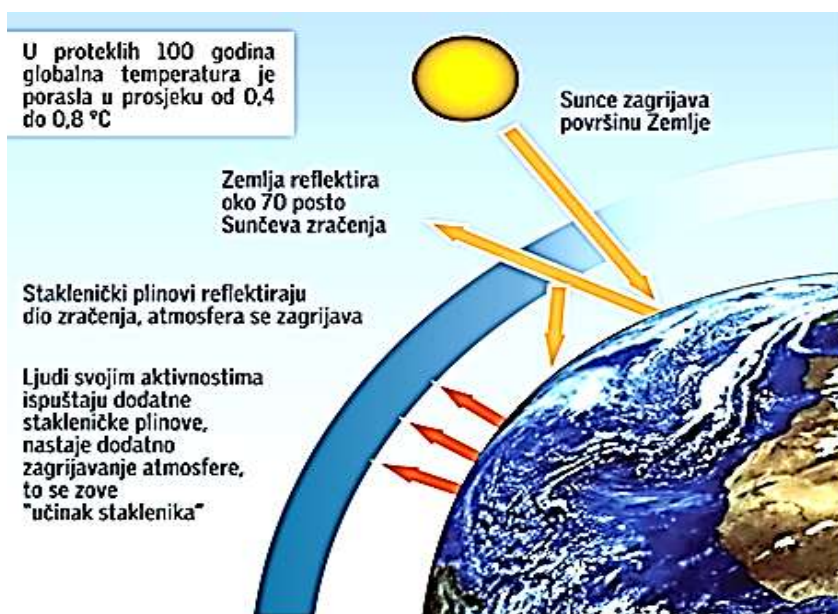
1. Ugljen
2. Nafta
3. Prirodni plin
4. Nuklearna energija

Utjecaj neobnovljivih izvora energije

Ogroman postotak svjetske energije još uvijek se dobiva iz ekološki neprihvatljivih izvora energije – fosilnih goriva. Najopasniji izvori energije trenutno su fosilna goriva (ugljični dioksid, ugljični monoksid, sumporni dioksid, dušikovi oksidi, sitne čestice minerala), dok potencijalnu opasnost predstavlja i iskorišteno radioaktivno gorivo iz nuklearnih elektrana tj. ostaju radioaktivne godinama i zahtijevaju skladištenje.

Onečišćenje okoliša

Osnovni problem vezan uz korištenje neobnovljivih izvora energije su da ih ima u ograničenim količinama i da onečišćuju okoliš (CO₂ – staklenički plin – efekt staklenika – globalno zatopljenje). Proizvodnja, transport i korištenje energije, zajedno s tehnologijama vađenja i proizvodnje goriva (izvora energije), u velikoj mjeri negativno utječu na okoliš i ekosisteme. Utjecaj na okoliš seže od direktnih ekoloških katastrofa poput izlivanja nafte, kiselih kiša i radioaktivnog zračenja, pa do indirektnih posljedica kao što je globalno zatopljenje. Energetske potrebe čovječanstva kontinuirano rastu – nužno je potrebno smanjiti utjecaj na okoliš. Trenutno još uvijek 1,6 milijardi ljudi na svijetu nema električnu energiju.



II- Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije ne zagađuju okoliš u tolikoj mjeri kao fosilna goriva, ali je uz korištenje obnovljivih izvora energije, izuzev energije vode, vezan problem ekonomske isplativosti (trenutno niska tehnološka razvijenost) i male količine dobivene energije.

Pravna definicija obnovljivih izvora energije unutar Europske unije ostvareno je *Direktivom o obnovljivim izvorima energije (2001/77/EC)*. Prema istoj, tim pojmom su obuhvaćeni *obnovljivi nefosilni izvori energije*, odnosno:

- energija vjetra,
- sunčevo zračenje,
- geotermalna energija,
- energija valova, plime i oseke,
- energija vodnih snaga,
- biomasa,
- deponijski i kanalski plin, te bioplin

Članice EU prihvatile politiku poticanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora kako bi razvili ovaj sektor. Naime, osim proizvodnje električne energije u hidroelektranama, korištenje drugih oblika obnovljivih izvora u elektroenergetici je bio zanemariv.

Zanimljivo je da su iz sustava poticaja izuzete velike hidroelektrane (snage veće od 10MW), čime su bile pogođene zemlje članice koje su dobro iskoristile ovaj potencijal (Austrija, Finska, Portugal, Švedska). Iako su proizvodile veliki dio svoje električne energije u hidroelektranama (cca 25-70%) morale su ponovo ulagati u razvoj elektrana za korištenje obnovljivih izvora.

Treba napomenuti kako je ova odredba nepovoljna i za Hrvatsku, pošto domaći se elektroenergetski sustav uvelike oslanja na proizvodnju iz velikih hidroelektrana. Očekuje se kako će one biti u mogućnosti ostvarivati dodatne prihode uvođenjem certifikata o porijeklu energije (razvojem *tržišta "zelene" energije* trgovanjem emisijama CO₂ i sl.).

Ukupna emisija CO₂ uzima u obzir i neizravne emisije nastale pri proizvodnji opreme i njenog transporta, montaže i dobivanja građevinskog materijala, te pri njihovoj razgradnji. Uspostavljeni EU sustav trgovanja emisijskim jedinicama nalaže obvezu kupovanja emisijskih kvota za svaku emitiranu tonu CO₂ pri proizvodnji el. energije (cijena u 2014 je bila 5€/toni CO₂, dok je kazna 100 €/toni ako se ne plati- prikupljena sredstva idu zemljama članicama koje su prikupile kvote).

Očekuje se kako će razvojem ovog tržišta ovakva ulaganja postati tržišno isplativa i održiva bez sustava poticaja. U konačnici trebala bi se povećati konkurentnost novih tehnologija proizvodnje električne energije smanjenjem njene cijene (radi veće potražnje, razvoja tehnologije, itd).

Karakteristike obnovljive energije

Jedna od naglašenih razlika između obnovljive i energije iz fosilnih goriva leži u veličini gustoće energetskega toka. Tako je vrijednost gustoće energetskega toka obnovljive energije uglavnom <1 kW/m² (npr. Sunčevo zračenje, energija vjetrova pri 10 m/s), dok fosilna goriva omogućuju postizanje nekoliko redova veličine većih vrijednosti (primjerice u ložištu toplovodnog plinskog kotla je moguće izmijeniti 100 kW/m² toplinske energije, ili nekoliko MW/m² u izmjenjivaču topline nuklearnog reaktora). Vrijednosti gustoće energetskega toka pri konačnoj uporabi su dakako puno manje i otprilike su jednake kod obnovljive i energije iz fosilnih goriva. Obnovljivu energiju karakterizira nekontrolirana promjenjivost u vremenu, što nameće potrebu za uskladištenjem i pažljivom regulacijom da bi se trenutno raspoloživi energetske tok izvora uskladili s potrošnjom. Efikasnosti pretvorbe obnovljive u korisnu energiju su oko 50% kod sunčanih toplovodnih kolektora, 10% kod fotonaponskih ćelija, 70% kod toplovodnih kotlova na biomasu, 60% kod hidroelektrana, 30% kod vjetroelektrana, 75% kod elektrana koje koriste energiju plime ili valova. Zbog svega navedenog iskorištavanje obnovljive energije zahtijeva temeljite tehnološko – ekonomske analize izvedivosti pojedinih rješenja. Naposljetku valja napomenuti da iskorištavanje obnovljivih energija, zbog svoje kompleksnosti te često značajno većih troškova po jedinici korisniku dobavljene energije, podrazumijeva visoku razinu ekološke osviještenosti kako lokalne zajednice tako i energetske stručnjake.

Utjecaj obnovljivih izvora energije

Korištenjem obnovljivih izvora energije također se vrši negativan utjecaj na okoliš.

Biogoriva (bioenergija) stvaraju iste probleme kao i fosilna goriva, ali je zbog karakteristike "ugljičnog ciklusa" taj utjecaj znatno manji.

Solarna energija, zbog male iskoristivosti raspoloživih tehnologija, zahtijeva pokrivanje velikih površina tla što utječe na vegetaciju (rješenje: instalacija solarnih kolektora i ćelija na krovove).

Energija vjetrova, odnosno, proizvodnja energije iz vjetrova nema negativan utjecaj na okoliš, dok instalirane vjetroelektrane imaju negativan utjecaj na ptičju populaciju, vizualno zagađuju okoliš, te su izvor zvuka niske frekvencije.

Iskorištavanje energije vode ne stvara zagađenje okoliša, ali zahtjeva određenu infrastrukturu (brane) koja poplavljuje velike površine, podiže razinu podzemnih voda, te presijeca prirodne tokove vode. Iskorištavanjem geotermalne energije ne dolazi do zagađenja okoliša, dok je i utjecaj prateće infrastrukture također zanemariv ako se u obzir uzme količina proizvedene energije.

Diskusija:

- Efekt staklenika i globalno zatopljenje
- Kyoto protokol
- 3 × 20 do 2020. godine (Europska Unija)
- Porast potrošnje energije = porast nivoa emisije štetnih plinova - rješenje?

TRENDOWI U SVIJETU I HRVATSKOJ

Korištenje električnih vozila u prometu.

Trend potrošnje energije je i dalje u usponu (rast standarda života, trgovina, opskrba energijom novih potrošača, i tako dalje). Svi scenariji koji imaju za cilj predvidjeti buduću potrošnju energije, predviđaju porast u potrošnji energije, ali i porast udjela fosilnih goriva u potrošnji energije. Danas oko 96% svjetskog transporta pogoni se fosilnim gorivima (oko 61,2% godišnje proizvodnje nafte se koristi za transport).

Greenpeace i Europsko vijeće za obnovljivu energiju (EREC) objavili su 2015. godine izvješće koje pokazuje da će ukupne potrebe za energijom u Europi do 2050. godine biti moguće u potpunosti zadovoljiti iz obnovljivih izvora energije. Izvješće navodi da će ulaganje u zelenu energiju već u kratkoročnom do srednjoročnom razdoblju utjecati na cijene električne energije. To bi moglo uštedjeti milijarde eura u troškovima goriva od 2030. i predstavlja neposredna ulaganja u nova radna mjesta i energetska sigurnost. Posebno se očekuje rast zapošljavanja na zelenim radnim mjestima.

Izradom analize je ustanovljeno da će se u najpovoljnijem 100% scenariju obnovljivih izvora u elektroenergetskom miksu najviše koristiti proizvodnja iz vjetroelektrana, sunčanih elektrana i hidroelektrana, uz korištenje svih ostalih potencijala u drugim OIE. Takav scenarij predviđa i veće *Proizvodnja električne i toplinske energije iz obnovljivih izvora energije u Hrvatskoj 2008. godine*

Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja električne energije Electricity generation
Sunce Solar	62,65 MWh
Vjetar Wind	39,9 GWh
Biomasa Biomass	21,1 GWh
Male hidroelektrane Small hydro	94,8 GWh
Geotermalna Geothermal	0
UKUPNO TOTAL	155,86

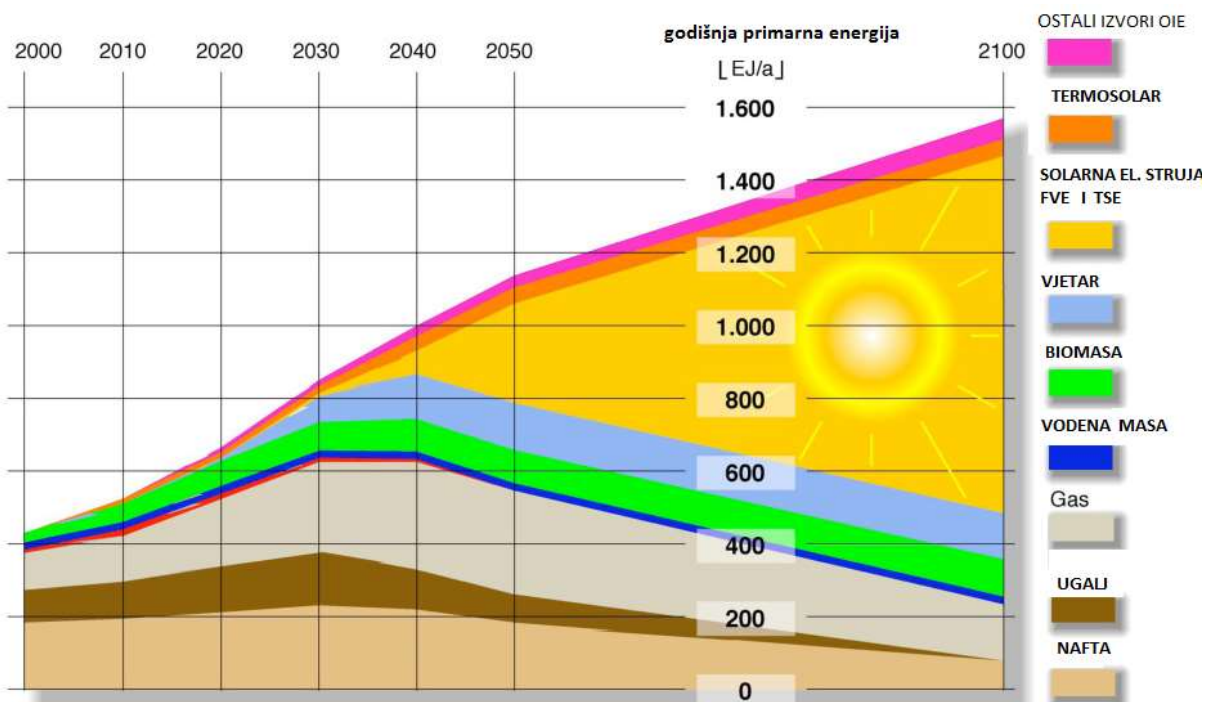
Vrsta izvora Type of renewable energy source	Proizvodnja toplinske energije Heat production (TJ)
Sunce Solar	183
Biomasa Biomass	16 583
Geotermalna Geothermal	134,02
	557,34

Prema Strategiji energetskega razvika Hrvatske očekivani instalirani kapaciteti (snage) elektrana na OIE do 2020. i 2030. su :

Nekonvencionalni IE	2020.	2030.
Elektrane na biomasu [MW]	135	420
Elektrane na komunalni otpad [MW]	35	105
Vjetroelektrane [MW]	1200	2000
Male hidroelektrane [MW]	140	250
Geotermalne elektrane [MW]	20	30
Sunčeve elektrane [MW]	45	250
Ukupno nekonvencionalni:	1575 MW	3055 MW

Projekcije prošle i buduće potrošnja goriva

	2010	2020	2030
Sunčeva energija – PTV [PJ]	0,5	4,96	12,21
Stanovnika koji koriste solarnu PTV (1,5 m ² kolektora / stanovnik)	67.691	660.000	1.653.017
Prosjeck m ² na 1000 stanovnika	23,8	225,00	563,53
Sunčeva energija – FN [PJ]	0,01	0,3	1,66
Instalirana snaga [MW _p]	1,52	45,66	252,66
Prosjeck W po stanovniku	0,34	10,38	57,42
Sunčeva energija – ukupno [PJ]	0,51	5,27	13,87



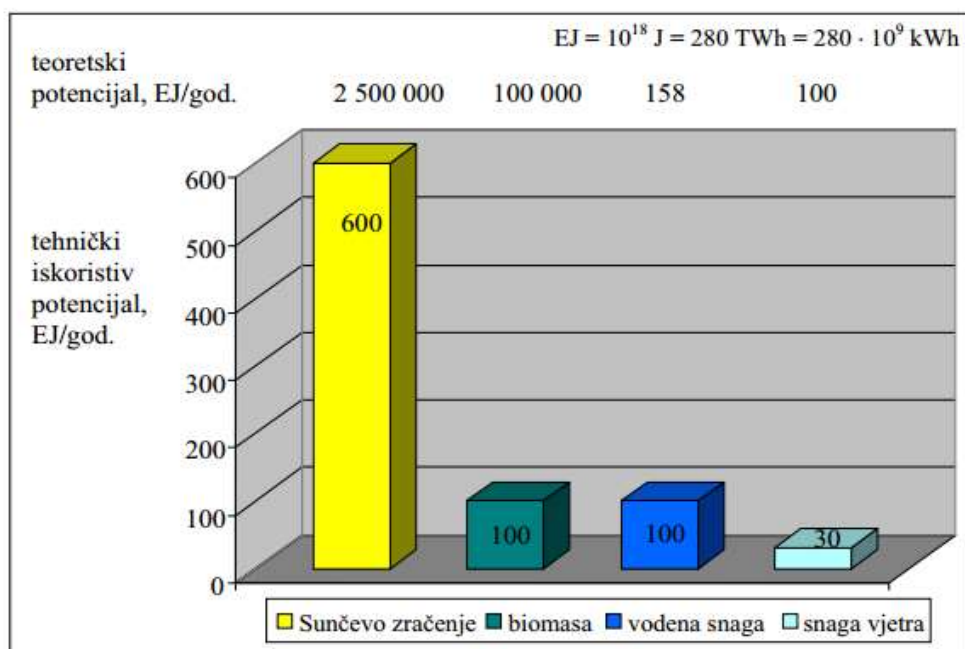
Trenutačno Republika Hrvatska, iako ima izrazito povoljne uvjete za uporabu sunčeve energije, i to neusporedivo povoljnije od mnogih drugih zemalja, nalazi na samom dnu Europe po ugrađenom broju takvih sustava, te se može reći da u Hrvatskoj nije iskorištena ta prednost.

Teoretski potencijal energije sunčeva zračenja daleko je veći od ostalih obnovljivih izvora energije, kao na primjer biomase, vodenih snaga i snage vjetra, koji su također samo posljedica ili neki oblik pretvorbe sunčeve energije.

Tehnički iskoristiv potencijal sunčeve energije, dakle onaj koji se danas tehnički i tehnološki može iskoristiti za pretvorbu energije sunčeva zračenja u električnu, toplinsku ili energiju hlađenja, još je uvijek veći od ukupne svjetske potrošnje energije.

Značajke Hrvatskog elektroenergetskog sustava

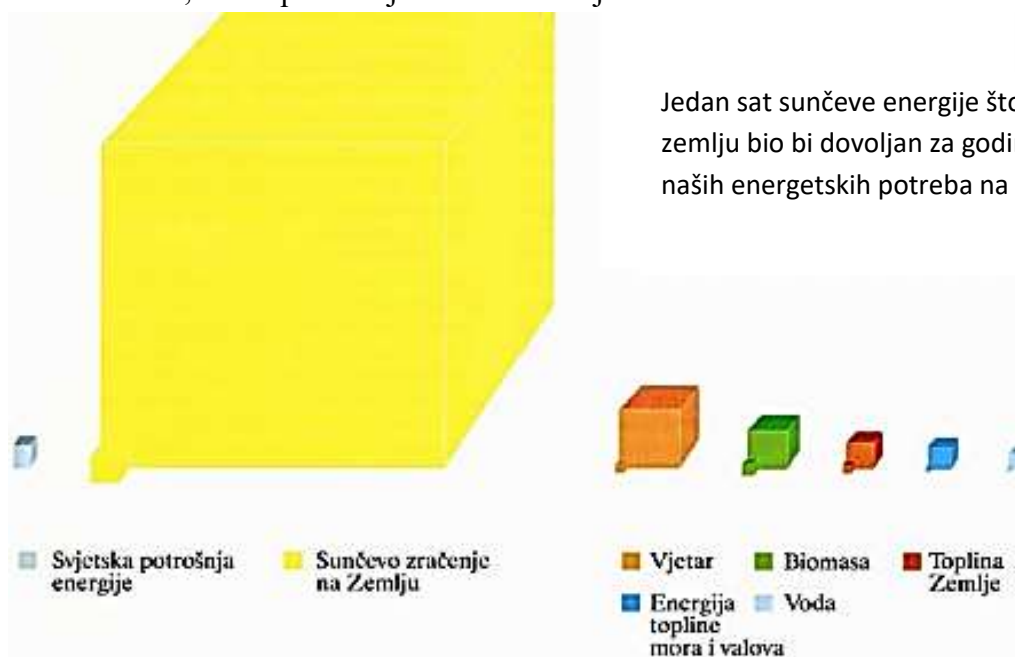
- visok udio hidroenergije, tj. hrvatska energetska praksa oduvijek se razvijala uz prožimanje stalnih (termoelektrane) i nestalnih (hidroelektrane) izvora električne energije;
- visok udio uvoza u hrvatski elektroenergetski sustav. Svaki peti kilovatsat uvozimo (svaki treći, ako dobavu iz NE Krško također smatramo uvozom);
- visok omjer maksimalnog i minimalnog opterećenja: gotovo 3:1 (više elektrana treba u sustavu, uz slabije njihovo iskorištenje).



Teoretski i tehnički potencijal obnovljivih izvora energije

Tehnologija obnovljivih izvora energije

Većina tehnologije obnovljivih izvora energije se na direktan ili indirektan način napaja iz Sunca. Sustav Zemljine atmosfere je uravnotežen na način da je toplinsko zračenje u svemir jednako pristiglom sunčevom zračenju, što rezultira određenim energetske stupnjem unutar Zemljinog atmosferskog sustava što se u grubo može opisati kao Zemljina klima. Hidrosfera (voda) upija veći udio dolazećeg zračenja. Najviše zračenja se apsorbira pri maloj geografskoj širini u području oko ekvatora, ali se ta energija raspršuje u obliku vjetrova i morskih struja po cijelom planetu, pri čemu gibanje valova može imati iznimno važnu ulogu u procesu pretvorbe mehaničke energije između atmosfere i oceana, kroz opterećenje uzrokovano vjetrom.



ZAKONSKA REGULATIVA O OIE

Direktive EU o OIE

2001. godine Europska unija usvojila je Direktivu o obnovljivim izvorima (2001/77/EC) koja predstavlja obvezu za zakonodavstva zemalja-članica EU, u smislu povećanja udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije. U ukupnoj proizvodnji električne energije u 1997. godini prosječni udjel obnovljivih izvora bio je 13,9%, koji se mora u 2010. godini prosječno podići na 22,1%. U ukupne udjele prema direktivi uključene su i velike HE, iako se radi o konvencionalnom izvoru energije! Nova direktiva 2009/28/EC, koja je donesena 2009., za promoviranje korištenja obnovljivih izvora, ima cilj uspostaviti ukupan udio od 20 % udjela obnovljivih izvora energije u energetskej potrošnji i minimalan udio od 10 % biogoriva u prijevozu EU do 2020. godine. Još jedan od ciljeva je usklađivanje nacionalnih ciljeva svih zemalja članica EU. Kao referentna godina se uzima 2007. godina.

Glavni cilj direktive 2009/28/EC je tzv 3x20 do 2020. godine:

- 20 % manje emisije CO₂
- 20 % obnovljivih izvora energije
- 20 % veća energetska učinkovitost.

Zemlja	Udio (%) OIE u krajnjoj potrošnji 2005.	Udio (%) OIE u krajnjoj potrošnji 2020.
Češka	6,1	13
Danska	17,0	30
Njemačka	5,8	18
Estonija	18,0	25
Irska	3,1	16
Grčka	6,9	18
Španjolska	8,7	20
Francuska	10,3	23
Italija	5,2	17
Portugal	20,5	31
Rumunjska	17,8	24
Slovenija	16,0	25
Slovačka	6,7	14
Finska	28,5	38
Švedska	39,8	49

*Usvojeni nacionalni ciljevi
udjela OIE u ukupnoj energetskej
potrošnji*

MEHANIZMI POTPORE ZA DRŽAVE ČLANICE EU

Cijena električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije znatno je veća od prosječne proizvodne cijene u klasičnim elektranama. Zato Direktiva 2001/77/EK Europskog parlamenta i Vijeća Europe o promicanju uporabe električne energije iz obnovljivih izvora energije na unutarnjem tržištu električne energije obvezuje svaku državu članicu EU da zakonom definira neki od mehanizama potpore.

Dva najčešća mehanizma potpore koji se danas primjenjuju u Europi su sustav zajamčenih cijena i sustav obvezujućih kvota.

Sustav zajamčenih cijena (feed-in tariff system, pricing system) definira sljedeće obveze:

- obvezu operatora prijenosnog sustava i operatora distribucijskog sustava da priključe povlaštenog proizvođača na elektroenergetsku mrežu,
- obvezu otkupa električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije,
- obvezu primjene tarifnog sustava za proizvodnju električne energije iz OIE

Sustav obvezujućih kvota (system quota obligations) je zakonom definirana obveza energetskej

subjekata da proizvedu ili preuzmu određenu količinu električne energije podrijetlom iz obnovljivih izvora energije. Dostizanje obvezujuće kvote nadzire nadležno tijelo ovlašteno i registrirano od strane države. Dostizanje obvezujuće kvote obvezani subjekt može potvrditi sa zelenim certifikatima. Obvezujuće kvote su dostignute kada subjekt dokaže nadležnom tijelu da je kupio odgovarajući broj zelenih certifikata. Tržište zelenim certifikatima je paralelno tržištu električne energije. Proizvođač električne energije iz obnovljivih izvora energije prodaje proizvedenu energiju po tržišnoj cijeni, ali također prodaje i zelene certifikate dobivene za svaki MWh proizvedene električne energije iz obnovljivih izvora energije. Ovaj dodatni prihod od prodaje zelenih certifikata omogućava pokrivanje njegovih većih troškova proizvodnje koje ima u odnosu na ostale proizvođače.

Zelene certifikate izdaje tijelo nadležno za izdavanje certifikata, ovlašteno i registrirano od strane države. Budući da je zeleni certifikat elektronički zapis koji sadrži sve potrebne podatke, kao i „jamstvo podrijetla“, neophodno je uvesti jedinstveni registar u kojem se bilježe sva kretanja zelenih certifikata kako bi tržište bilo razvidno i nediskriminirajuće. Zeleni certifikati imaju određeni „životni ciklus“ koji podrazumijeva njihovo izdavanje od strane nadležnog tijela, trgovanje certifikatima budući da isti zeleni certifikat može promijeniti više vlasnika i konačno iskorištenje kada je količina energije za koju je izdan određeni zeleni certifikat prodana krajnjem kupcu.

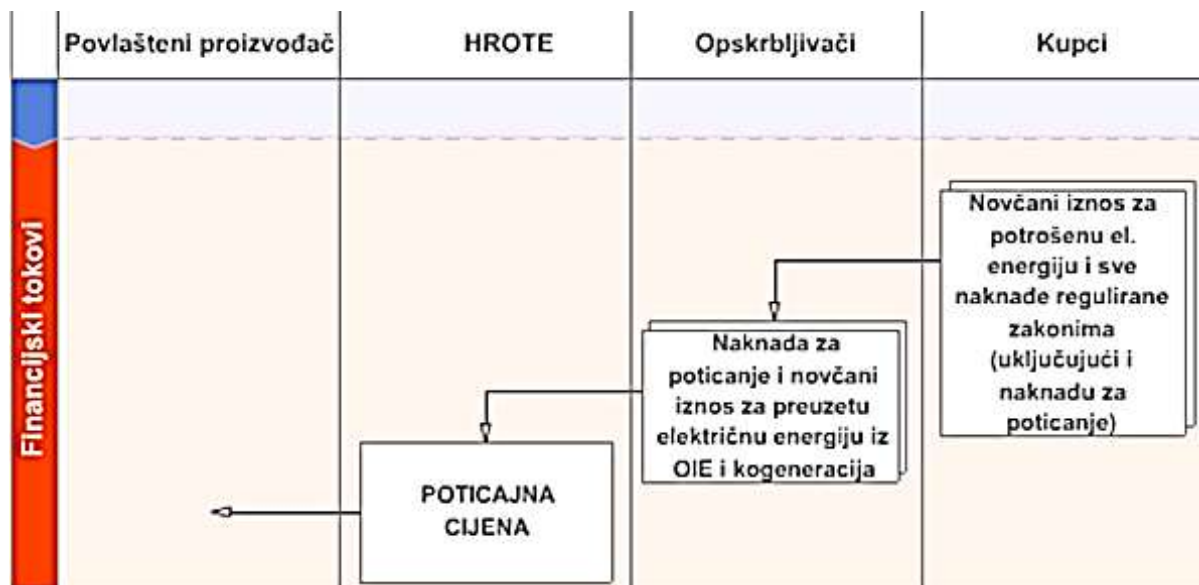
ORGANIZACIJA SUSTAVA POTICAJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

Poticanje povlaštenih proizvođača

U reformi energetskeg sektora kroz proces pristupanja Republike Hrvatske Europskoj uniji, naše zakonodavstvo se moralo prilagoditi energetskeg zakonodavstvu EU. Tako se u zadnjem desetljeću provela deregulacija i liberalizacija energetskeg tržišta sukladno pravilima zajedničkog europskeg tržišta. Između ostaloga, ovim promjenama se reguliralo poticanje korištenja obnovljivih izvora i energetske učinkovitosti.

U *Zakonu o energiji* navodi se kako je *korištenje obnovljivih izvora energije i kogeneracije od interesa za Republiku Hrvatsku* (čl.13). Dalje ovim zakonom je definirano značenje pojma **povlašteni proizvođač**. Prema istome to je energetske subjekt *"koji energiju proizvodi iz obnovljivih izvora ili u pojedinačnom proizvodnom objektu istodobno proizvodi električnu i toplinsku energiju na visokoučinkovit način, koristi otpad ili obnovljive izvore energije na gospodarski primjeren način koji je usklađen sa zaštitom okoliša"* (čl. 3, st. 22).

Temeljem ovog zakona i *Zakona o tržištu električne energije*, Vlada RH je 2007.g. izglasala paket podzakonskih akata kojim je ustrojila sustav poticaja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije. Sustav se temeljio na uvođenju poticajnih cijena za otkup električne energije proizvedene od strane *povlaštenih proizvođača električne energije*. Pošto pravilima EU-a nisu dozvoljene direktne državne dotacije za povlaštene proizvođače, sustav poticaja se temelji na prikupljanju naknade za poticanje ovakve proizvodnje. Ova naknada naplaćuje se od svih potrošača električne energije. Naknadu prikupljaju opskrbljivači električne energije putem računa za utrošenu energiju i proslijeđuju je Hrvatskom operatoru tržišta energije (HROTE). Operator tržišta je dužan otkupiti svu električnu energiju koju proizvedu povlašteni proizvođači i proslijediti je opskrbljivačima prema njihovom tržišnom udjelu.



Način i uvjeti stjecanja statusa povlaštenog proizvođača električne energije definirani su *Pravilnikom o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije*. Bitno je napomenuti kako ovaj status mogu steći samo postrojenja priključena na mrežu, a za kogeneracijska postrojenja postoji i uvjet uštede primarne energije. *Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije* određuje se pravo povlaštenih proizvođača električne energije na poticajnu cijenu proizvedene električne energije (*feed-in* tarife).

Tržište obnovljivih izvora energije

Kako se cijena energije iz obnovljivih izvora još ne može natjecati s cijenom energije iz fosilnih goriva u slučaju da utjecaji na okoliš nisu uračunati, potrebno je uvesti mehanizam potpore za kompenzaciju izbjegnutih troškova zaštite okoliša koju konvencionalni proizvođači ne plaćaju. Trenutačno postoje dva glavna sustava potpore u EU:

- **Potpore bazirana na cijeni** – energija proizvedena iz obnovljivih izvora otkupljuje se po povlaštenim cijena (*feed-in* tarife). **Feed-in tarife** su obično dovoljno visoke da podrže razvoj te variraju ovisno o tipu obnovljivog izvora
- **Potpore bazirana na kapacitetu** – potrošači energije su obavezni na određeni udio energije iz obnovljivih izvora u njihovoj ukupnoj potrošnji energije. Napredni sustavi potpore bazirane na kapacitetu su sustavi trgovanja zelenim certifikatima

Potpore bazirana na cijeni je najrašireniji način poticanja korištenja obnovljivih izvora koji se pokazao uspješnim u mnogim državama EU, npr. u Njemačkoj, Španjolskoj, Danskoj i državama s intenzivnim razvojem obnovljivih izvora. Sličan pristup definiranju potpore razvoju obnovljivih izvora je korišten i u Hrvatskoj. Bitno je istaknuti kako je sustav poticanja *feed-in* tarifama ograničen na količinu energije prema Uredbi o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora i kogeneracije čija se proizvodnja potiče. *Feed-in* tarife za obnovljive izvore definirane su Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i kogeneracije, tab. 2

.Pregled feed-in tarifa za različite tehnologije korištenja obnovljivih izvora u Hrvatskoj

Tip i snaga postrojenja obnovljivog izvora	Cijena za 2007. godinu (kn/kWh)	Cijena za 2009. godinu (kn/kWh)	Cijena za 2015. godinu (kn/kWh)
Sunčane elektrane, < 10 kW	3,40	3,70	
Sunčane elektrane, > 10 kW, > 30 kW	3,00	3,27	
Sunčane elektrane, > 30 kW	2,10	2,29	
Vjetroelektrane, < 1 MW	0,64	0,70	
Vjetroelektrane, > 1 MW	0,65	0,71	
Elektrane na krutu biomasu iz drvo-prerađivačke industrije	0,83	0,90	
Geotermalne elektrane	1,26	1,37	
Elektrane na tekuća biogoriva	0,36	0,39	

Dio novca kojim je kupac platio račun za električnu energiju automatski odlazi u fond za raspodjelu poticaja. Iz ovog fonda proizvođačima energije iz obnovljivih izvora plaćaju se njihova isporučena energija prema definiranim *feed-in* tarifama.

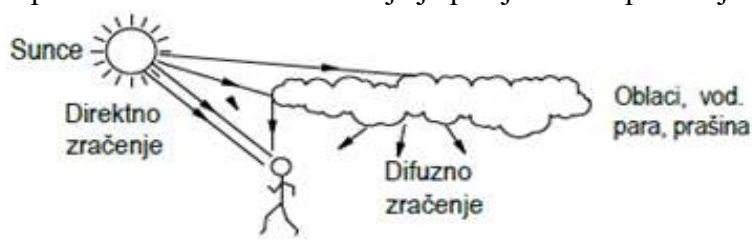
PODJELA I PRIMJERI IZVORA OBNOVLJIVE ENERGIJE**Sunčeva energija- Sunčevo zračenje**

Dio ukupne energije oslobođene kroz reakcije nuklearne fuzije u središtu Sunca (380000.109 TW) dozračuje se s njegove površine temperature 5777 K našem planetu. Najveći dio te energije u iznosu od 170 000 TW dozrači se u obliku elektromagnetskih valova valne duljine $\lambda = 0,3 \div 2,5$ mm, tj. kratkovalnim zračenjem. Od toga se na Zemlji apsorbira oko 120 000 TW.

Od tog zračenja 30% se odmah reflektira nazad u svemir, većinom od oblaka, a jedan manji dio od Zemljine površine (većinom snijega i leda). Ostatak zračenja (do 1kW/m²) djelomično se apsorbira u atmosferi zagrijavajući je pri tome, dok se preostali dio apsorbira u Zemljinoj površini.

Sunčevo zračenje dolazi do površine Zemlje u obliku direktnog i difuznog zračenja.

Direktno zračenje dolazi iz smjera izvora. i malih valnih duljina, tj. zračenje koje nije bilo raspršeno ili apsorbirano. Difuzno zračenje je posljedica raspršivanja zračenja na oblacima



Insolacija - količina energije što je prima Zemlja sa sunčevim zrakama. To zračenje sadrži najviše od emitirane energije u obliku kratkovalnog zračenja i svijetla. Samo jedan dio kratkovalnog zračenja dopiyeva do zemljine površine, a preostali dio energije se reflektira, rasipa ili ju upije atmosfera. Za vrijeme oblačnih dana insolacija je oko 2 do 4 puta manja od one za lijepog vremena.

Sunčeva energija koja dopiye do Zemljine površine uglavnom se potroši na zagrijavanje zraka, vodenih površina i tla te na ishlapljivanje vode. Sva Sunčeva energija koju Zemlja primi u konačnici se odzrači natrag u svemir temperature -273°C.

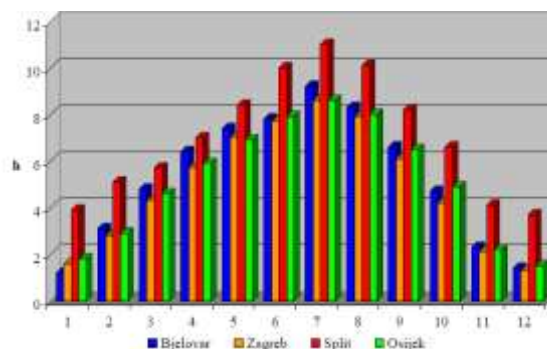
Za neku određenu lokaciju potencijal Sunčeva zračenja se određuje mjerenjem i analitički. Mjeriti se može lokalno ili satelitski. Piranometrom se mjeri globalna (ukupna), direktna i difuzna (raspršena) ozračenost na horizontalnu površinu (gustoća energije - H Wh/m²). Daljnja analitička procjena je

nužna zbog toga što su rezultati mjerenja najčešće dostupni samo za ukupnu ozračenost i jer se konverzija Sunčeva zračenja odvija pod određenim kutom (β) u odnosu na horizontalnu površinu, a difuzno i direktno zračenje također ovise o tom kutu i o indeksu prozračnosti. Dodatno treba voditi računa i o reflektiranoj komponenti koja ovisi o kutu β i specifičnoj konfiguraciji terena.

Trajanje insolacije zavisi o zemljopisnoj širini i o godišnjem dobu. Ukupna količina prosječne dozračne energije koja dolazi na Zemlju je oko 230 W/m^2 , odnosno **5.52 kWh/m²** po danu, stvarne vrijednosti ovise o raznim faktorima kao što su vremenski uvjeti, zagađenost zraka, zemljopisne širine isl. U Hrvatskoj je prosječna vrijednost insolacije na horizontalnu plohu između 3 i 4.5 kWh/m² dnevno odnosno između 1.2 i 1.6 MWh/m² godišnje. Trajanje insolacije, odnosno prosječni broj sunčanih sati godišnje je između 2000 i 2800 sati. Dnevni prosjek sunčanih sati, po mjesecima, za pojedine gradove u Hrvatskoj prikazuje slika

PRIMJER: Raspoloživa Sunčeva energija - globalno zračenje na horizontalnu plohu:

- Split 1535 kWh/m² godišnje
- Zagreb 1220 kWh/m² godišnje
- Otok Hvar 1580 kWh/m² godišnje



Uporaba solarne energije

Solarna energija prikupljena od sunčeva svjetla može biti primijenjena na mnogo načina, uključujući slijedeće:

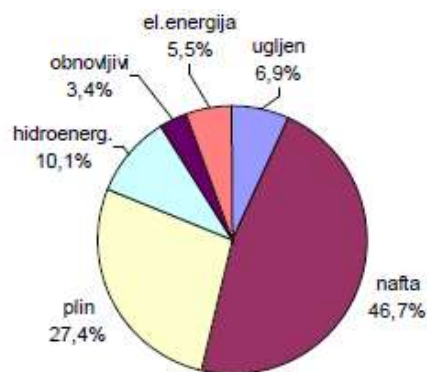
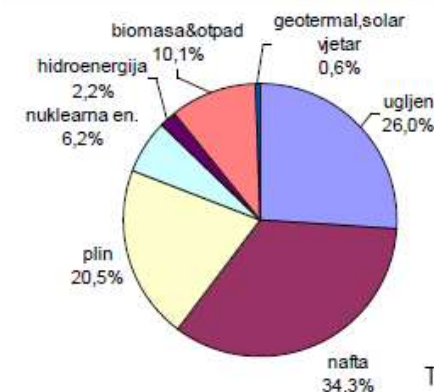
1. Proizvodnja električne energije uporabom fotovoltlnih solarnih ćelija,
2. Proizvodnja vodika uporabom fotoelektrokemijskih ćelija,
3. Proizvodnja električne energije uporabom koncentrirane solarne energije,
4. Proizvodnja električne energije zagrijavanjem struje zraka koji okreće turbine unutar solarnog tornja,
5. Zagrijavanje zgrada, direktno kroz konstrukciju pasivne solarne zgrade,
6. Zagrijavanje prehrambenih proizvoda uz pomoću solarnih pećnica,
7. Zagrijavanje vode ili zraka za kućanstva u svrhu dobave tople vode i topline prostora
8. Proizvodnja električne energije u orbiti pomoću solarnih satelita i
9. Solarne klimatizacijske jedinice.

Pod toplinskim korištenjem Sunčeva zračenja podrazumijeva se direktna primjena za zagrijavanje objekata, grijanje vode ili u novije vrijeme korištenje u rashladnim uređajima

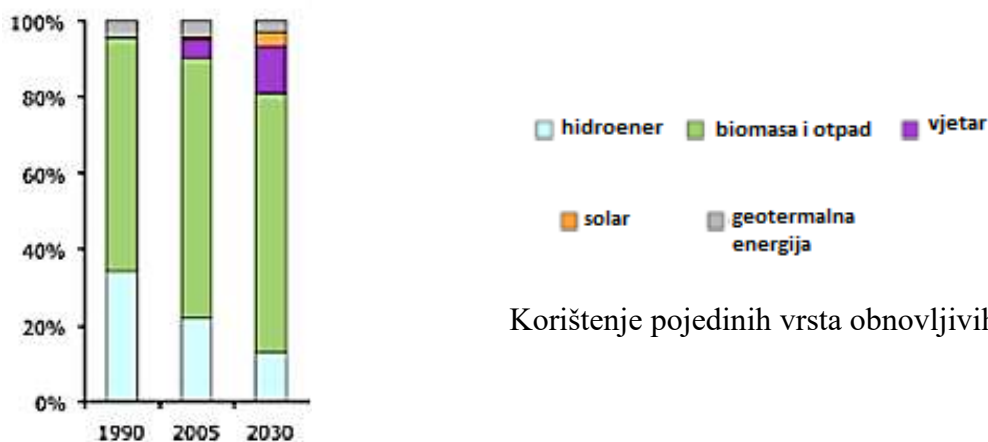
Sunčevo svjetlo utjecalo je na građenje od samog početka povijesti građenja. Potpuno razvijenu solarnu arhitekturu i metode urbanog planiranja prvi su put primijenili Grci, Kinezi i Egipćani koji su orijentirali svoje građevine prema jugu kako bi osigurali svjetlost i toplinu. Rimske kupelji imale su velike jugu okrenute prozore. Sunčev dizajn u Europi bio je uglavnom zaboravljen nakon pada Rima.

Energija Sunčevog zračenja se direktno iskorištava pomoću sunčanih kolektora za zagrijavanje vode i zraka, koncentrirajućih kolektora za proizvodnju električne energije te fotonaponskih ćelija za direktnu proizvodnju električne energije. Osim za potrebe grijanja, kolektori se koriste u sklopu sorpcijskih sustava i za hlađenje. Pasivno iskorištavanje energije Sunčevog zračenja uključuje razne arhitektonske mjere s ciljem što veće apsorpcije i akumulacije dozračene energije u zgradama za potrebe grijanja prostora, te kao takvo nije tema ovog predmeta.

Tipične vrijednosti efikasnosti pretvorbe Sunčeve u korisnu energiju iznose oko 50% za toplovodne kolektore (pločaste i vakuumске), 20% za koncentrirajuće kolektore, 10% za fotonaponske ćelije,. Nominalne snage sustava za direktno iskorištavanje Sunčeve energije kreću se od 1kW kod sustava s toplovođenim kolektorima ili od 50 W kod fotonaponskih sustava, pa sve do nekoliko MW kod sunčanih elektrana s paraboličnim kolektorima ili fotonaponskim ćelijama. S obzirom na relativno male vrijednosti gustoće energetskog toka Sunčevog zračenja ($<1 \text{ kW/m}^2$), sunčani sustavi se u praksi uglavnom koriste za lokalnu opskrbu energijom, primjerice, obiteljskih kuća, autokampova, marina, hotela. Sunčane elektrane kao centralizirani sustav iziskuju znatno veće investicijske troškove po jedinici proizvedene energije i isplative su isključivo uz subvencije, bilo u fazi investicije ili naknadno kroz cijenu proizvedene električne energije. Udio direktnog iskorištavanja energije Sunčevog zračenja u ukupnoj potrošnji je uglavnom manji od 0,1% u svijetu i većini zemalja EU-a, za razliku od npr. Biomase s udjelom od 10%,.



Udio pojedinih izvora energije u ukupnoj svjetskoj potrošnji primarne energije u svijetu i Hrvatskoj



Korištenje pojedinih vrsta obnovljivih energija u EU

Unatoč tim malim udjelima, sunčani sustavi mogu znatno doprinijeti povećanju godišnje efikasnosti konvencionalnih sustava uz koje su najčešće instalirani kao nadopuna te primjerice smanjiti vršna opterećenja za električnom energijom kakva se u ljetnoj turističkoj sezoni redovito javljaju na našoj obali i otocima zbog korištenja električnih bojlera

Snaga vode

Snaga vode (u obliku kinetičke energije, temperaturne razlike ili gradijenta slanosti) može se razmjerno jednostavno sakupljati i koristiti. Obzirom da je voda 800 puta gušća od zraka, čak i spori vodeni tokovi ili umjereni valovi mogu rezultirati iznimnom količinom energije.

Hidroenergija je uz biomasu najznačajniji obnovljivi izvor iz kojega se dobiva 20% svjetske el. energije, a instalirani kapaciteti iznose preko 770 GW uz stalni godišnji rast od 3-4 %.

U našoj zemlji se iz hidroelektrana ukupnog kapaciteta 2100 MW dobiva oko 25% ukupne potrošnje el. energije. Tehnologija za iskorištavanje je dobro razvijena i pouzdana, prosječne efikasnosti pretvorbe u el. energiju su visoke (veće od 60%), dugi je vijek trajanja postrojenja (50 godina), cijena proizvedene el. energije relativno niska. Konstrukcija hidroelektrane ovisi ponajviše o raspoloživom

vodenom padu. Što je on veći potrebni su manji protoci vode za istu snagu. Danas se najviše koriste radijalne Francisove turbine (max. učinkovitost do 95%), i može ih se naći kod elektrana s raspoloživim vodenim padom od 2 do 200 m. Ipak, kod malih raspoloživih vodenih padova (do par metara, prikladnije je koristiti aksijalnu Kaplanovu turbinu ("propeler"). Kod velikih vodenih padova (250 m) i posljedično velikih brzina vode na ulazu u turbinu, koristi se Peltonova turbina. Osim velikih hidroelektrana danas se sve više razmatraju male elektrane snage < 5 MW, a kojima se nastoje iskoristiti kapaciteti manjih vodotokova. Pored manjeg utjecaja na okoliš, njima se izbjegava potreba za distribucijom električne energije na velike udaljenosti, a i jednostavnije su za upravljanje i održavanje. Procijenjeni potencijal iskoristiv u malim hidroelektranama iznosi 10-25% ukupnog svjetskog hidropotencijala, tj. oko dodatnih 500 GW, pri čemu trenutno instalirani iznose više od 90 GW, pa tako očito postoji puno prostora za daljnja povećanja.

Općenito, može se reći da daljnje povećanje korištenja hidro potencijala ponajviše ovisi o spremnosti prihvatanja neizbježnog utjecaja na okoliš kao i na lokalnu zajednicu.

Energija plime

Rezultat gravitacijskih i centrifugalnih sila koje su prisutne između Zemlje, Mjeseca i Sunca, a koje određuju njihovo orbitalno kretanje, je i kretanje vodenih masa na zemlji, odnosno pojavu plime i oseke. Najčešći način korištenja energije plime i oseke je uz pomoć brana izgrađenih u prikladnim zaljevima, a u kojima se na turbinama iskorištava kinetička energija vode tijekom plime i/ili naknadnog povlačenja vode tijekom oseke. Drugi način iskorištavanja uključuje instaliranje potopljenih turbinskih rotora na mjestima gdje su prisutne velike brzine strujanja tijekom plime. Ukupni svjetski potencijal je 3000 GW dok je tehnički iskoristiv potencijal procijenjen na najmanje 120 GW (10% svjetskog hidropotencijala). Najveća elektrana od 250 MW je instalirana u V. Britaniji i proizvodi struju po cijeni usporedivoj s onom iz hidro i nuklearnih elektrana. Može se reći da je tehnologija korištenja energije plime i oseke relativno dobro razvijena, pri čemu se osim velikih investicijskih troškova javlja i problem utjecaja na okoliš.

Energija valova

Valovi nastaju djelovanjem vjetra iznad vodenih površina te kao takvi predstavljaju jedan koncentriraniji oblik energije vjetra, odnosno Sunčeve energije. Energija vala visine 3 m u dubokoj vodi (50 m) je reda veličine oko 50 kW/m širine vala. Sudeći prema tim brojkama, energetska potencijal je velik i za primjerice područje V. Britanije iznosi oko 120 GW. Tehnologija za iskorištavanje energije valova još je u fazi razvoja, tako da su još u ispitivanju.

Toplinska energija oceana

Oceani su najveći kolektori Sunčevog zračenja. Korištenje akumulirane toplinske energije u oceanima za proizvodnju električne energije temelji se na temperaturnoj razlici između tople vode na površini i one hladne na većim dubinama. Te razlike površinske i vode u dubinama od 1000 m mogu biti i do 20°C. U instaliranim probnim postrojenjima (snage oko 100 kW) toplom se vodom s površine preko izmjenjivača topline zagrijava radni fluid (amonijak, freon, voda) koji se dovodi na turbinu. Za kondenzaciju radnog fluida koristi se hladna voda iz dubljih slojeva. Iako se radi o malim temperaturnim razlikama isparivača i kondenzatora te posljedično niskim efikasnostima kružnog procesa - oko 5% raspoložive količine vode su velike pa se tako već planiraju postrojenja snage od čak 400 MW.

Biogoriva

Biljke upotrebljavaju fotosintezu za rast i proizvodnju biomase. Poznata kao biomaterija, biomasa se može direktno upotrebljavati kao gorivo ili za proizvodnju tekućeg biogoriva. Aktivno se radi na istraživanju učinkovitijih načina pretvaranja biogoriva i ostalih goriva u električnu energiju koristeći gorive ćelije.

Kruta biomasa je najčešće uobičajeno upotrebljavana direktno kao gorivo, proizvodeći 10 - 20 MJ/kg topline. Njeni oblici i izvori sadrže gorivo dobiveno iz drva, biogeni udio iz komunalnog krutog otpada ili neiskorišteni udio ratarskih kultura. Više od 30% kućanstava u Hrvatskoj se grije na drva, a ako se koristi učinkovito, ta vrsta grijanja može biti iznimno ekonomična.

Usporedni prikaz troškova grijanja na loživo ulje i drvo

	DOMAĆINSTVO A	DOMAĆINSTVO B
GODIŠNJA POTROŠNJA	4.000 lit. EL	23 prm drva
CIJENA	5.4 HRK/lit.	256 HRK/prm
OSTALI TROŠKOVI	-	110 HRK/prm, piljenje
UKUPNO	21600 HRK	8418 HRK

Zamijeni li se stara peć na drva učinkovitom peći ili kotlom na drva, moguće je uštedjeti i do 50% ogrjevnog materijala. Peć na drva mora biti kapaciteta koji odgovara veličini prostorije, te nadalje mora biti profesionalno konstrukcijski izvedena i stručno instalirana. Punjenje ložišta manjom količinom drva povećava iskoristivost, a što su dva vlažnija to je slabije izgaranje, a time i manja učinkovitost grijanja.

Bioplin se iznimno lako može proizvesti iz trenutnih ostataka kao što su npr. proizvodnja papira, proizvodnja šećera, fekalija, ostataka životinja itd. Ovi raznoliki ostaci se miješaju zajedno i uz prirodnu fermentaciju rezultiraju proizvodnjom plina metana. Alternativno, bioplin se može proizvesti uz pomoć mehaničkog biološkog tretmana otpada. Ovi sustavi obnavljaju reciklirane elemente iz kućanskih otpada i procesuiraju biorazgradivi dio u anarobni sažeti sadržaj.

Geotermalna energija

Geotermalna energija nastaje kao posljedica hlađenja užarene jezgre zemlje. Prosječna godišnja količina energije koja dolazi na površinu zemlje iznosi oko $0,27 \times 10^6$ TWh/god. Ova energija se iskorištava se uporabom temperaturnog gradijenta (korištenjem toplinskih crpki, te energije vrućih izvora i stijena) tj. dobivena je odvajanjem topline obično kilometrima duboko unutar Zemljine kore. Sama geotermalna elektrana je razmjerno skupa za izgradnju, ali geotermalna energija ima brojne prednosti pred tradicionalnim izvorima energije baziranim na fosilnim gorivima. Najveća prednost geotermalne energije je to što je čista i sigurna za okoliš. Metoda koja se koristi za dobivanje električne energije ne stvara emisije štetne za okolišni sustav. Druga prednost su zalihe energije koje su na raspolaganju. Zalihe geotermalne energije su praktički neiscrpne. Geotermalne elektrane zauzimaju iznimno mali prostor, za razliku od npr. hidroelektrana čije brane i akumulaciona jezera rezultiraju potapanjem velikih geografskih površina. Geotermalne elektrane se grade direktno na izvoru energije i lako opskrbljuju okolna područja toplinskom i električnom energijom. Osim toga, glede malog zauzeća prostora, takve elektrane su vrlo sigurne. Geotermalna energija je pouzdana jer ne ovisi o meteorološkim utjecajima, za razliku od hidroelektrana (koje ovise o količini vode na raspolaganju), vjetroelektrana (varijabilnost i ne konzistentnost vjetra), solarnih sustava (ne rade noću i ovise o meteorološkim prilikama). Električna energija iz geotermalnih izvora može se proizvoditi 24 sata na dan. Geotermalne elektrane imaju vrlo niske troškove proizvodnje, zahtijevaju samo energiju za pokretanje vodenih pumpi, a i tu energiju proizvodi elektrana sama za sebe.

POTENCIJAL I PERSPEKTIVE OIE U HRVATSKOJ

Moguća proizvodnja energije iz OIE izražava se godišnjim potencijalom. Razlikujemo:

1. **Prirodni potencijal** – to je ukupni raspoloživi potencijal obnovljivog energenta
2. **Tehnički potencijal** je dio prirodnog potencijala koji se može koristiti danim tehnologijama uz ograničenja prostora
3. **Ekonomski potencijal** je dio tehničkog potencijala koji se u procjeni najviše isplati za društvo u cjelini

Iz primarne energije OIE proizvode se razni oblici finalne energije za potrošače:

- **Električna energija** iz VE, HE, biomase, solarne i geotermije
- **Toplinska energija** u obliku vodene pare ili tople vode iz biomase, solarne i geotermije
- **Motorna goriva** iz biomase

Kad govorimo o OIE razlikujemo

- nove (nekonvencionalne) OIE (VE, SE, male HE, otpad, geotermija)
- konvencionalne OIE (kao biomasa- ogrijevno drvo, srednje i velike HE)

VJETROELEKTRANE

Ukupni potencijal proizvodnje el.energije iz VE sastoji se od kopnenog i morskog (off-shore) potencijala. Raspoloživi podaci brzine vjetra iz DHMZ –a nisu dovoljno relevantni pri odabiru lokacije, pa se dodatno izvode specijalna mjerenja na visinama 30 m od tla. Dosadašnje procjene su usmjerene na područje srednje i južne Dalmacije, a morski potencijal u HR nije još službeno procijenjen.

Prirodni potencijal VE na kopnu RH procjenjuje se na 120 TWh el. energije na godinu.

Tehnički potencijal na kopnu RH procjenjuje se na oko 10 TWh el energije .

Ekonomski potencijal na kopnu RH procjenjuje se na oko 1,5 TWh /god. (podaci iz 2001g)

Morski potencijal VE

Prirodni potencijal VE procjenjuje se na 150 TWh el. energije na godinu.

Tehnički potencijal procjenjuje se na oko 12 TWh el energije .

Ekonomski potencijal procjenjuje se na oko 2 TWh /god

SOLARNA ENERGIJA

Toj e OIE relativno male gustoće i velike isprekidanosti, a koristi se za nisko temperaturnu toplinsku energiju , ali i za el energiju. Procjene su uglavnom usmjerene na priobalje.

Prirodni potencijal SE na kopnu RH uz prosječnu dnevnu insolaciju 3,6 kWh/m² iznosi oko 74300 TWh na godinu, što je više od 800 puta od ukupne potrošnje primarne energije RH na god.

Tehnički potencijal na kopnu RH procjenjuje se na oko 830 TWh/god .

Ekonomski potencijal procjenjuje se na oko 33 TWh /god .

BIOMASA I OTPAD: Tu spada

- poljoprivreda s prehrambenom industrijom,
- šumarstvo s drvnom industrijom i
- otpad s otpadnim vodama (komunalni, industrijski otpad, rafinerijski ostaci, muljevi iz pročistača).
- Prirodni potencijal poljoprivrede iznosi oko 23 PJ / god, Tehnički potencijal na oko 15 PJ / god., Ekonomski potencijal procjenjuje se na oko 11 PJ / god.
- Prirodni potencijal šumarstva iznosi oko 50 PJ / god, Tehnički potencijal na oko 35 PJ / god.,

Ekonomski potencijal procjenjuje se na oko 30 PJ / god.

- Prirodni potencijal otpada iznosi oko 83 PJ / god, Tehnički potencijal na oko 44 PJ / god.,

Ekonomski potencijal procjenjuje se na oko 33 PJ / god

Tehnički potencijal energije iz biomase i otpada procenjen je na oko 60% prirodnog potencijala, odn. Ekonomskog oko 47%, a današnja iskorištenost je svega oko 10% prirodnog potencijala (uglavnom ogrijev na drva i sl)

GEOTERMIJA

Se u RH uglavnom koristi za zagrijavanje bazena i toplice na 18 lokacija od ukupno 160 utvrđenih. Kontinentalni dio HR u tome prednjači sa geotermalnim gradijentom od 50 °C/km , dok je prosječni svjetski oko 30 °C/km.

Potencijalna geotermalna snaga izražena u toplinskoj energiji iznosi 812 MWt a električna energija oko 46 MWe.

Prirodni potencijal varira ovisno o dubini, i ako se uzme na 5 km dubine on iznosi oko 500 PJ/god, tehnički potencijal oko 50 PJ/god, a ekonomski oko 10 PJ/g.

HIDROENERGIJA

U HR se razmatraju: male HE od 50-5000 kWe i Velike HE preko 5000 kWe

Male HE - Prirodni potencijal iznosi oko 5 PJ/god, tehnički potencijal oko 3 PJ/god, a ekonomski oko 2,5 PJ/g. Velike HE - Prirodni potencijal iznosi oko 72 PJ/god, tehnički potencijal oko 43 PJ/god, a ekonomski oko 33 PJ/g.

Ukupni potencijali svih navedenih OIE

Prirodni potencijal iznosi oko 270 .000 PJ/god

Tehnički potencijal oko 3300 PJ/god,

Ekonomski potencijal oko 250 PJ/g.

Trenutno korištenje iznosi oko 37 PJ/god

Više od 995 prirodnog potencijala OIE u RH iznosi solarna energija, pa slijede vjetroenergija, geotermija te biomasa i otpad, a najmanji ima hidroenergija. Slično je i kod tehničkog potencijala, samo što biomasa i otpad su pretekale VE i geotermiju.

Ekonomski potencijal takođe je najveći kod solarne kad se radi o proizvodnji toplinske energije , odn. Kod el energije je najveći potencijal kod biomase i otpada, pa slijede VE i HE. Od ekonomskog potencijala proizvodnje toplinske energije iz OIE iskorišteno je oko 13 %, a u proizvodnji el. energije iz HE oko 35 % (gledajući velike HE)

U energetske strategiji RH do 2030 g. predviđa se iskoristiti samo oko 45% raspoloživog potencijala el energije iz OIE (5,5 TWh/g) . Potrošnja iznosi oko 15 TWh , od čega je 2/3 podmireno iz vlastite proizvodnje a 1/3 uvezeno

Obnovljivi izvori energije u kućanstvu

Uporaba obnovljivih izvora energije (OIE) je sve popularnija u kućanstvima diljem Hrvatske. Najčešći sustavi koji se ugrađuju u kućanstva su sustavi koji koriste energiju sunca, vjetara, vode i topline tla. U kućanstvima se najčešće koriste za zagrijavanje tople vode (solarni kolektori), proizvodnju električne energije (fotonaponski paneli) koji mogu biti za samostalnu upotrebu ili spojeni na javnu mrežu, vjetrenjače (za proizvodnju struje) i toplinske pumpe (za grijanje i hlađenje). Svi ti sustavi imaju nisku proizvodnu cijenu energije, ali su razmjerno financijski nepovoljni za implementaciju prosječnog kućanstva. Republika Hrvatska i lokalne zajednice sufinanciraju i potiču

ugradnju sustava za obnovljivu energiju.

Izvori obnovljivih energija još uvijek nisu u većoj mjeri pogodni za korištenje u domaćinstvima s razloga što je izgradnja sustava još uvijek preskupa i razmjerno neisplativa ukoliko se uzme u obzir omjer cijene investicije i količine dobivene energije. Također postrojenja kojima bi se određena energija iz obnovljivog izvora pretvarala u električnu ili toplinsku energiju su dimenzionalno prevelika da bi se smjestila unutar jedne obiteljske kuće ili dvorišta.

PRAKTIČNI PRIMJERI KORIŠTENJA SUNČEVE ENERGIJE

Toplinska primjena Sunčeve energije

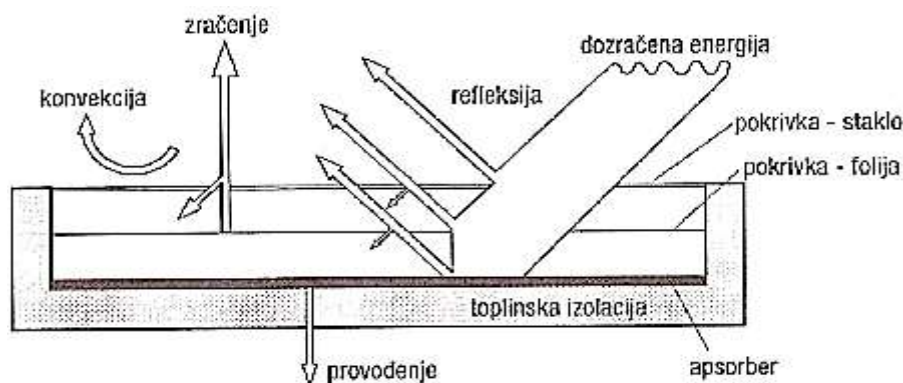
Toplinske primjene Sunčeve energije mogu se podijeliti na nekoliko osnovnih načina:

- prema načinu korištenja na: aktivne i pasivne
- prema području radnih temperatura na: visokotemperaturne i niskotemperaturne
- prema skali na kojoj se koriste na:
 - male (za obiteljske kuće i manje stambene zgrade)
 - srednje velike (za hotelske, proizvodne i uslužne objekte, veće stambene zgrade)
 - velike sustave područnog grijanja (s proizvodnom električne energije ili bez nje)

Apsorpcija je sposobnost tijela da upija dio doračene energije, a to svojstvo se opisuje apsorpcijskim koeficijentom $\alpha \leq 1$. **Emisija** je sposobnost emitiranja zračenja nekog tijela (grublje površine više emitiraju) a to se izražava emisijskim koef. ϵ . Za danas uobičajne apsorbere ovi koef. iznose $\alpha = 0,9-0,96$, a $\epsilon = 0,06-0,2$.

Dva su temeljna mehanizma koji utječu na bilancu pretvorbe Sunčeve u toplinsku energiju:

- apsorpcija primarne energije
- ponovni gubici konačne topline u okolicu



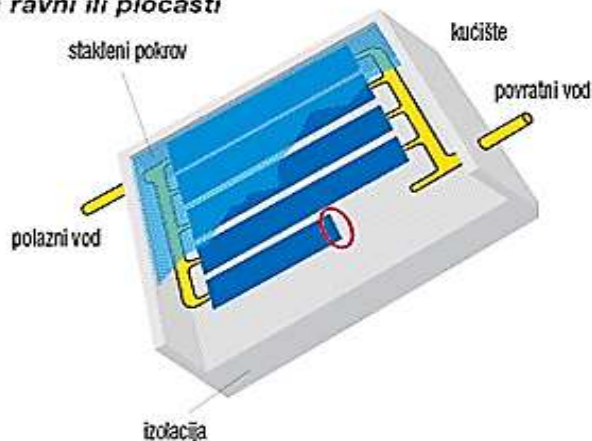
Solarni toplinski sustav STS služi za prikupljanje dozračene Sunčeve energije i njene pretvorbe u toplinsku energiju koja se može koristiti za PTV, potporu grijanju, proizvodnju procesne topline, bazene i sl. U osnovne dijelove STS ubrajamo slj.:

- Solarni kolektori
- Solarni spremnici tople vode
- Cijevni razvod
- Solarna cirkulacijska pumpa
- Sigurnosna i regulacijska oprema

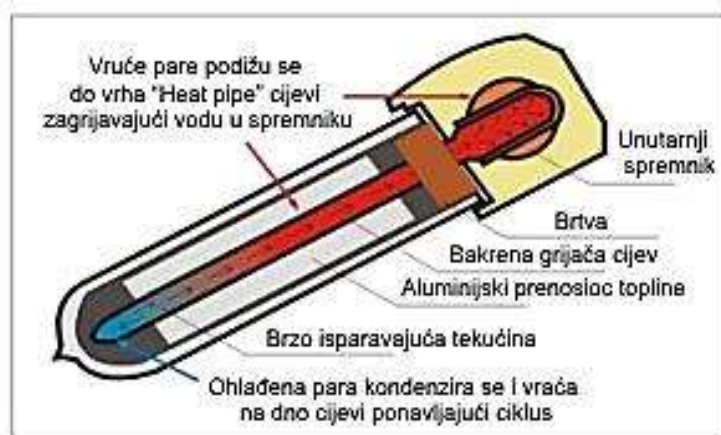
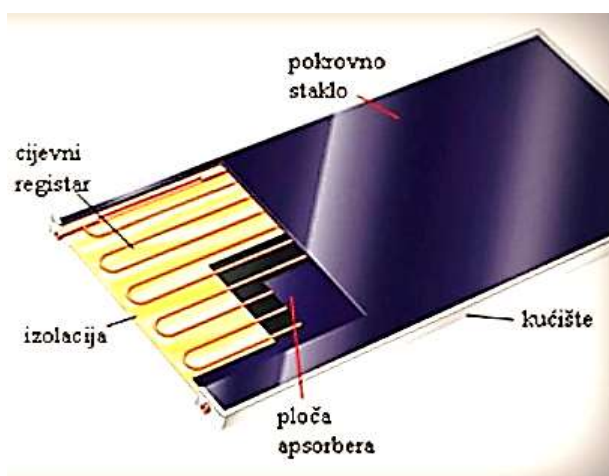
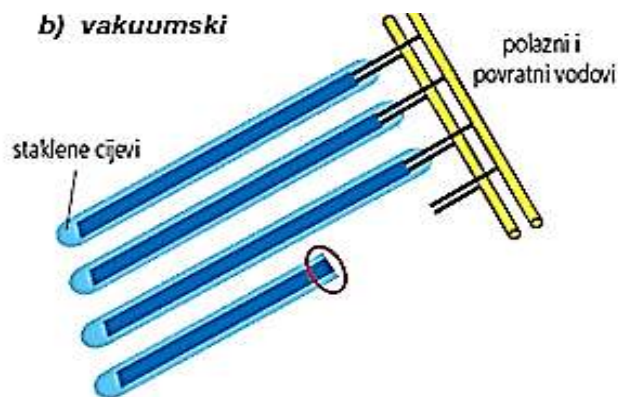
Solarni kolektor je osnovni dio STS i služi za prikupljanje dozračene Sunčeve energije i njenu pretvorbu u toplinsku. Osnovni dijelovi su mu : apsorber, kućište, pokrov i priključci (na cijevi)

Odabir kolektora ovisi o namjeni sustava i zatjevanoj temp. solarnog medija, a u primjeni su najčešće 2 vrste: **a) pločasti** i **b) vakumski kolektori**.

a) ravni ili pločasti



b) vakuumski



Postoje 2 vrste apsorpcijskih premaza: matirani crni solarni lakovi (za Mediteran) i selektivni premazi (danas češći, jer su manji solarni gubici). Od njih se u pravilu traži što veća apsorpcija, a što manja emitivnost.

Pločasti imaju najčešće cijevni registar kroz koji struji solarni medij.

S obzirom na upad Sunčevog zračenja ukupna površina kolektora može se podijeliti na:

- svjetlu površinu (između unutrašnjih stijenki kućišta)
- apsorberska površina tzv. Stvarna
- bruto površina između vanjskih stijenki kućišta

Vakumski su mogući u izvedbi „Heatpipe“ (s toplinskim cijevima) ili „Sydney“ (s U cijevima).

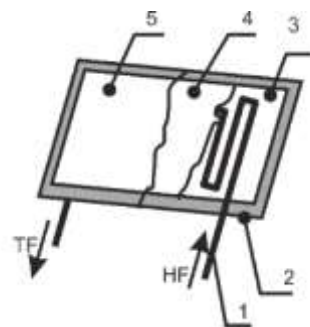
Vakumske U cijevi djeluju na principu termos boce, tj. sastoje se od 2 koncentrične staklene cijevi koje su s jedne strane u obliku polukugle, a između kojih je prostor evakuran i hermetički zatvoren. Takvi kolektori imaju veći stupanj djelovanja i pri nižem Sunčevu zračenju.

Postoje još i neostakljeni apsorber - tip kolektora sastoji od plastičnih ili gumenih cijevi otpornih na UV zračenje, povezanih najčešće u paralelnom spoju. S obzirom na velike toplinske gubitke uslijed nepostojanja pokrovnog stakla, takvi su kolektori prikladni samo za niskotemperaturne aplikacije (24-32°C), poput zagrijavanja bazena ili tople vode u ljetnim mjesecima. Cijenom su znatno povoljniji od ostalih tipova, a nedostatak im je niža efikasnost i degradacija materijala uslijed djelovanja UV zračenja.

Nekoncentrirajući pretvornici Sunčevog zračenja se najčešće pojavljuju u obliku ravnih kolektora. Koriste se u sustavima grijanja i pripreme potrošne tople vode.

Sastoje se od: - površinskog apsorbera
 - radnog medija
 - kućišta kolektora
 - pokrivke

Radni medij pretvornika može dostići temperaturu od oko 200°C.



Koncentrirajući kolektori

Koncentrirajući kolektori koriste se tamo gdje je potrebno postići temperature radnog medija više od 100°C radi prvenstveno proizvodnje električne energije ili mehaničkog rada. Dije se na tzv. parabolična korita i tanjuraste koncentratore. Parabolična korita sastoje se od paraboličnih zrcala (aluminij ili srebro nanoseno na staklo ili plastiku) koja se okreću oko uzdužne osi radi praćenja promjene upadnog kuta Sunca. Zračenje se koncentrira na apsorbersku cijev, omogućujući postizanje temperatura fluida (npr. ulja) u njoj do 500°C. Zagrijani fluid se odvodi dalje u postrojenje za proizvodnju vodene pare za turbinu i u konačnici električne energije, pri čemu se ukupna efikasnost kreće od (14-22)%.

Koncentrirajući pretvornici paraboličnog oblika (najčešći), a mogu biti:

- A.1) linijski (s linijskim fokusom)
- A.2) točkasti (s točkastim fokusom)

Radni medij pretvornika može dostići i vrlo visoke temperature, od 300 do 1200°C.

Koriste se u industriji (procesna toplina) ili u energetici (električna energija).

Još jedan od načina proizvodnje el. energije je tzv. sunčev toranj, a gdje se uz pomoć niza heliostatskih zrcala koji prate kretanje Sunca usmjerava Sunčevo zračenje na apsorber smješten na vrhu tornja gdje se proizvodi para pri temperaturi od ~500°C. Nedostatak ovakvih kolektora je visoka cijena zbog potrebe za preciznim smještanjem apsorbera u fokus. Također, reflektirajuća zrcala su podložna koroziji i oksidaciji uslijed izloženosti visokim temperaturama, a potrebno je i osigurati visoku čistoću reflektirajućih površina što dodatno povećava troškove održavanja.

Učinkovitost i toplinski gubici

(svedena na svijetlu površinu) jednaka je omjeru dobivenog toplinskog učina te umnošk globalnog S. zračenja i svijetle površine.

$$\eta_{kol} = \frac{Q_{kol}}{G_{sun} \cdot A_{kol}},$$

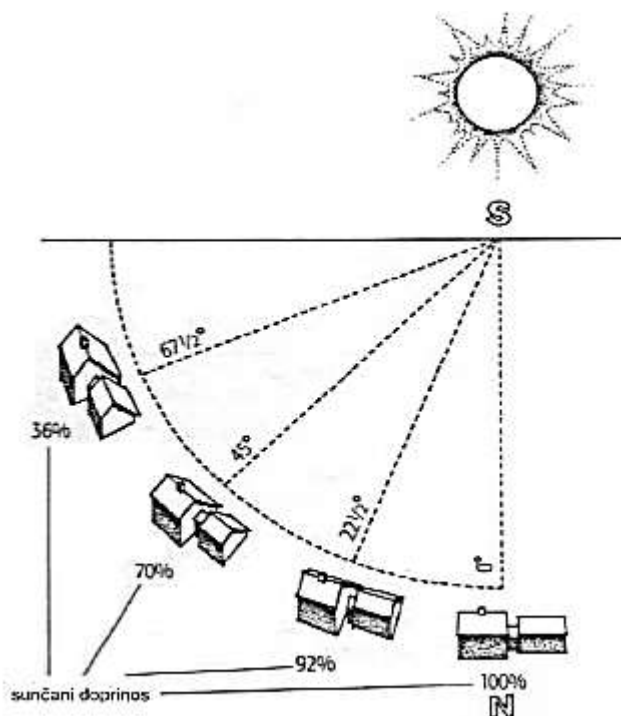
Efikasnost se najčešće određuje eksperimentalno mjerenjem topline koja je predana fluidu, tj. ulazne i izlazne temperature fluida te njegovog masenog protoka m

$$Q_{kol} = \dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{f,k} - T_{f,l}), [W]$$

Efikasnost kolektora pada s porastom temperature radnog fluida, a što je posljedica povećanja temperature apsorbera, odnosno povećanja toplinskih gubitaka apsorbera na okolinu. Prema tome, više temperature radnog fluida u odnosu na stvarno potrebne nisu poželjne sa stanovišta efikasnosti. Povećani gubici na okolinu mogu biti i posljedica snižavanja temperature okolišnog zraka.

Iskoristivost solarnog sustava

Važan je pravilan smještaj: kut i strana svijeta za što veći doprinos kolektora



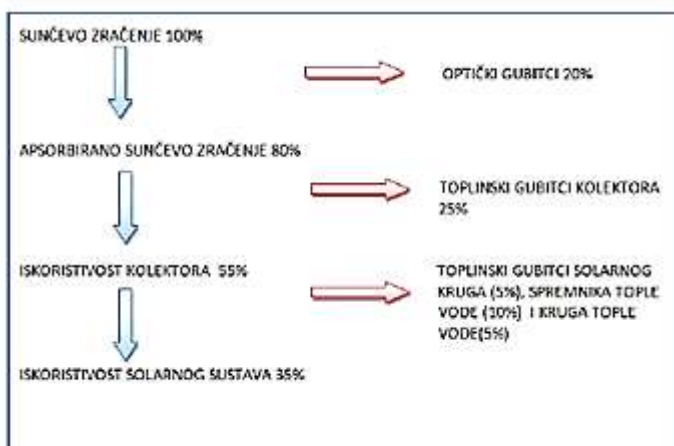
Gubitak sunčevog prinosa
odstupanjem od juga

Tijek iskorištenja Sunčeva zračenja solarnim sustavom

Kad se od ukupnog 100% Sunčeva zračenja odbiju optički gubici od 20%, dobije se apsorbirano Sunčevo zračenje u solarnom kolektoru od 80%.

Toplinski su gubici kolektora oko 25%, pa je iskoristivost oko 55%.

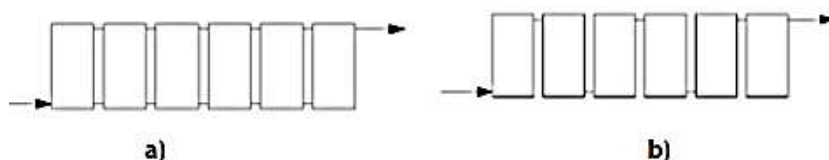
Međutim, zbog toplinskih gubitaka solarnog kruga od 5%, toplinskih gubitaka spremnika potrošene tople vode od 10% i toplinskih gubitaka kruga tople vode od 5 % konačna je iskoristivost solarnog sustava oko 35% što pokazuje da se sunčevo zračenje može dobro iskoristiti preko solarnih sustava



Dijagram toka iskorištenja Sunčeva
zračenja kod solarnog sustava

Temperatura mirovanja - stagnacije je najviša temperatura koju može postići radni medij unutar cijevi u slučaju prekida odvođenja apsorbirane energije (npr. kvar crpke ili začepljenje vodova) a da ne dođe do uništenja opreme, i ona iznosi za pločaste kolektore 140- 210 C,a za vakumske 150-280C

Kolektorsko polje je sustav koji čine 2 ili više kolektora povezanih u hidrauličku cjelinu. Mogu se spajati paralelno, serijski i kombinirano.



Slika 7.36 - a) paralelni i b) serijski spoj kolektora

Paralelni spoj je složeniji ali bolji s gledišta pada tlaka, jer zahtijeva veći broj i promjere razdjelnih cijevi uslijed većih protočnih količina radnog fluida.

Serijski spoj je najjednostavnije spajanje i omogućuje postizanje većeg prirasta temperature od ulaza do izlaza kolektora s obzirom da su protoci manji, no unatoč tome pad tlaka cijelog spoja je obično znatno veći. Također, uslijed viših temperatura u serijskom spoju prosječna je efikasnost niža nego kod paralelnog spoja.

Međutim, serijski spoj je ponekad nužan, jer u područjima s nižom godišnjom ozračenosti.

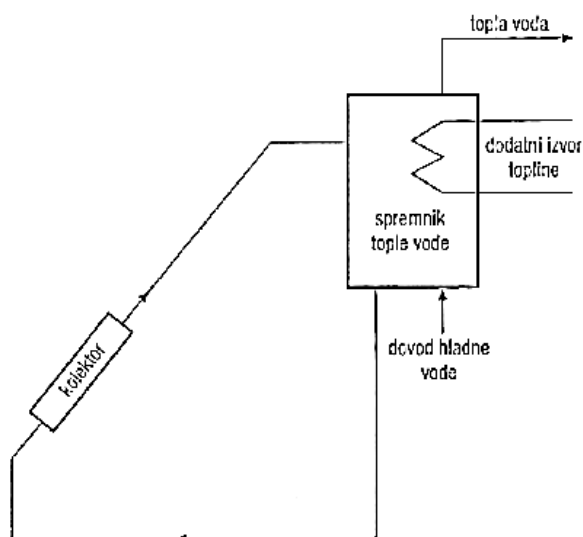
Prednost serijskog spoja je to što nema problema s nejednolikom distribucijom radnog fluida kroz pojedine kolektore u spoju kao kod većeg broja paralelno spojenih kolektora, gdje središnji kolektori imaju najmanji protok. Iz toga razloga nije preporučljivo imati više od 5-6 kolektora u paralelnom spoju, dok je kod serijskog spoja broj ograničen dopuštenim padom tlaka.

Solarna priprema potrošne tople vode PTV -a

Najbrže isplativa mogućnost primjene Sunčeve energije je sa solarnim rješenjima, gdje se transformira slobodna energija Sunčevih zraka u energiju za grijanje i pripremu tople vode. Time se doprinosi zaštiti okoliša i smanjenju računa za energiju. U prosjeku solarni sustav može uštedjeti i do 60% godišnje energije potrebne za pripremu tople vode i do 30% energije za grijanje. Iskoristiv vijek uporabe i trajanja toplinske instalacije može biti dulji od dvadeset godina uz pravilnu upotrebu.

Solarni kolektori funkcioniraju na način da sunčeve zrake zagrijevaju tekućinu u solarnom kolektoru.

Najčešće se izvodi kao termosifonski sustav ili sustav s prisilnom cirkulacijom radnog medija.



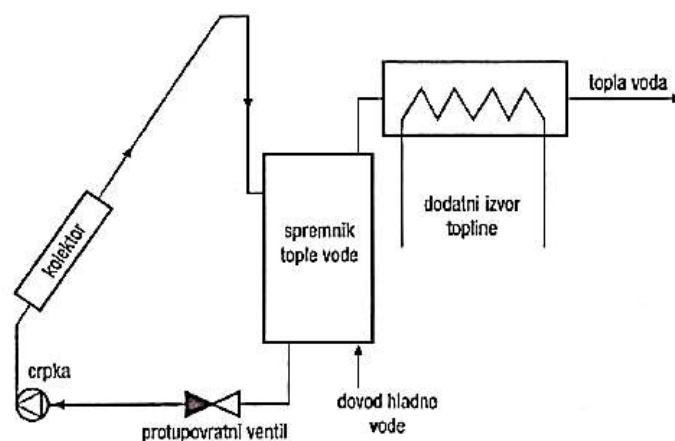
Termosifonski sustav;

Prednosti

- Jednostavni i pouzdani
- Nema potrošnje električne energije
- Ne zauzimaju prostor unutar kuće
- Mala investicijska ulaganja

Mane

- Značajan vizualni utjecaj na arhitekturu
- Primjena je ograničena na male sustave PTV
- Ograničenja pri nižim temperaturama



sustav s prisilnom cirkulacijom

Prednosti

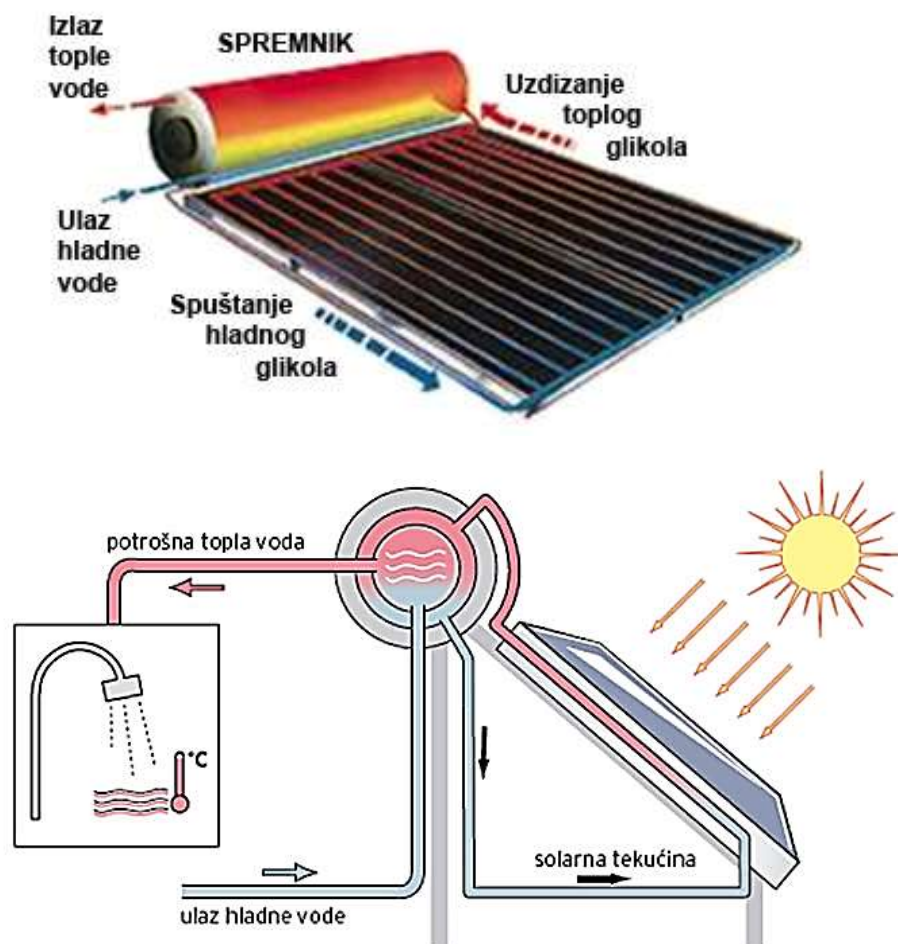
- Potpuna kontrola sustava
- Bolja učinkovitost
- Postizanje velikih snaga
- Prilagodljivost u primjeni
- Smanjen vizualni utjecaj na izgled objekta

Mane

- Veća investicija i veća složenost
- Potrebno osigurati prostor unutar kuće
- Zahtjeva električnu energiju

Za direktno iskorištavanje Sunčeve energije danas se najčešće koriste niskotemperaturni (40-60°C) toplovodni sunčevi sustavi i to za potrebe pripreme potrošne tople vode (PTV), grijanje prostora i

bazenske vode. Cirkulacija radnog fluida (vode ili mješavina voda/glikol) između kolektora i spremnika može biti prisilna uz pomoć pumpe ili prirodna uslijed razlika temperatura kolektora i spremnika. Tipičan termosifonski sustav koji radi s prirodnom cirkulacijom je prikazan na slici.



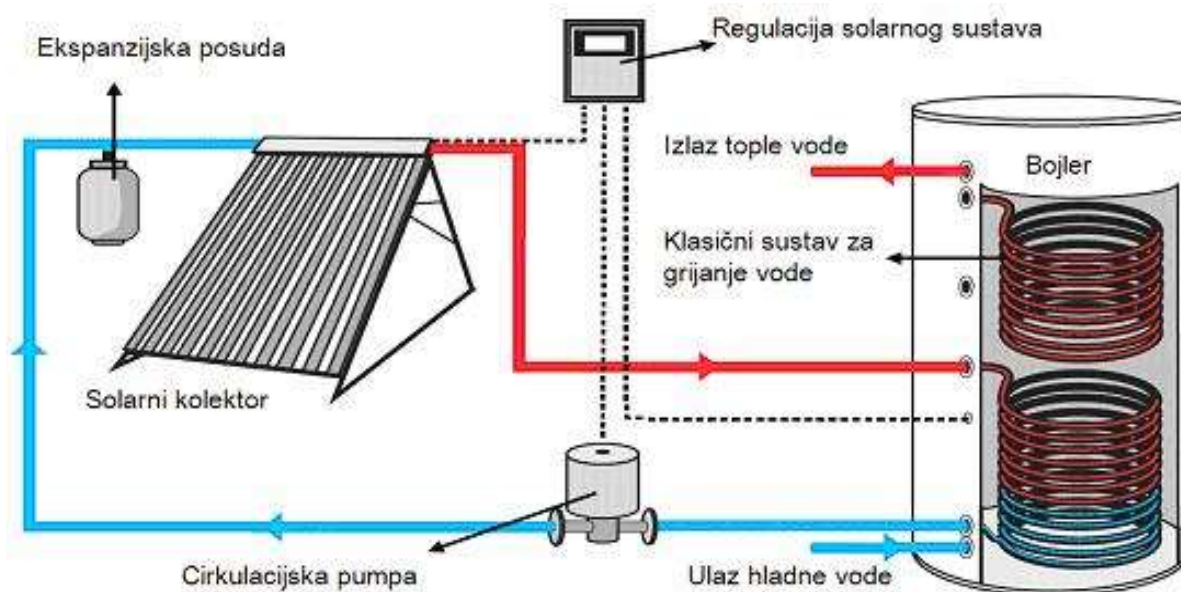
Kod takvih sustava spremnik mora biti obvezno smješten iznad kolektora da bi se uspostavila prirodna cirkulacija pod djelovanjem sila uzgona koje se dodatno pojačavaju kad se spremnik nalazi iznad gornjeg ruba kolektora (min 20 cm). To, dakako, čini instalaciju često nepraktičnom, imajući u vidu da se kolektori najčešće montiraju na krovove.

Drugo rješenje bilo bi smještanje kolektora na terasu ili na tlo. Pri svemu tome treba voditi računa da su spojni cjevovodi fluida kolektorskog kruga što kraći i većih promjera, uz izbjegavanje dodatnih otpora strujanja (koljena, ventili) kako bi se ukupni pad tlaka držao što nižim. S obzirom na relativno male uzgonske sile, tipični protoci su također niski: (30 ÷ 40) litara/(hm²).

Kako je već ranije diskutirano, mali protoci i brzine u kolektorima dovode do snižavanja efikasnosti. S druge strane, veći su temperaturni gradijenti u spremniku u odnosu na sustave s prisilnom cirkulacijom, što znači da će iz donjeg dijela spremnika izlaziti hladniji fluid prema kolektoru, podižući time njegovu efikasnost. Termosifonski sustavi su zbog iznesenih karakteristika prikladniji za korištenje u toplijim klimama s većom godišnjom ozračenosti npr. mediteranske zemlje, Australija, Izrael gdje su tradicionalno vrlo rašireni.

Cirkulacijska crpka provodi zagrijanu tekućinu do spremnika vode (na donjoj sl) Tako zagrijan tekućina prijenosi toplinu i uz pomoću izmjenjivača predaje toplinu vodi. U slučaju da nema dovoljno sunčeve energije voda se dogrijava uz pomoć grijača. Praksa je pokazala da solarni kolektor po 1 m² godišnje uštedi 750 kWh energije. Solarni sustav u ljetnom periodu zadovoljava potrebe

tople vode od 90 do 100%, u prelaznom periodu od 50 do 70%, a u zimskom periodu od 10 do 25 %. Cijena ovakvih sustava kod upotrebe pločastih kolektora kreće se između 16.000-30.000 kn (uključujući montažu).



Solarno grijanje; Hlađenje

Iako solarno grijanje postaje sve popularnije, da bi bilo ekonomski isplativo zahtjeva zadovoljavanje mnogobrojnih tehničkih preuvjeta.

Sve su brojniji projekti i za direktnu primjenu Solarne energije za hlađenje. Za kompletnu dostatnost se razmatraju kombinirana rješenja sa bojlerima na biomasu.

Važnost primjene Solarne energije za hlađenje je u sve većim potrebama za električnom energijom u ljetnim mjesecima i maksimalnom poklapanju sa njenom dostupnosti. Solarno hlađenje radi tako da zamjenjuje kompresor, pogonjen el. energijom, procesom koji koristi medij za preuzimanje topline s vrlo niskom točkom ključanja (ispod 0 °C). Može se koristiti amonijak pod tlakom tako da je tekuć na sobnoj temperaturi, a potrebni su još vodik i voda. Na tržištu su najviše prisutni apsorpcijski sustavi. Kapaciteti uređaja kreću se u širokom rasponu do najviše 350 kW. Energiju za pogon osiguravaju najčešće vakuumski kolektori, radi bolje efikasnosti u odnosu na pločaste. Kondenzator i apsorber najčešće se hlade vodom ili zrakom.

Solarna priprema procesne vrela vode i pare

Potrebna visoka temperatura (do 300°C) postiže se kombinacijom ravnih visokotemperaturnih kolektora i paraboličnih koncentratora. Korištenjem više paraboličnih koncentratora moguće je postići vrlo visoke temperature (i do 1500°C), čime cjelokupno postrojenje postaje solarna termoelektrana.

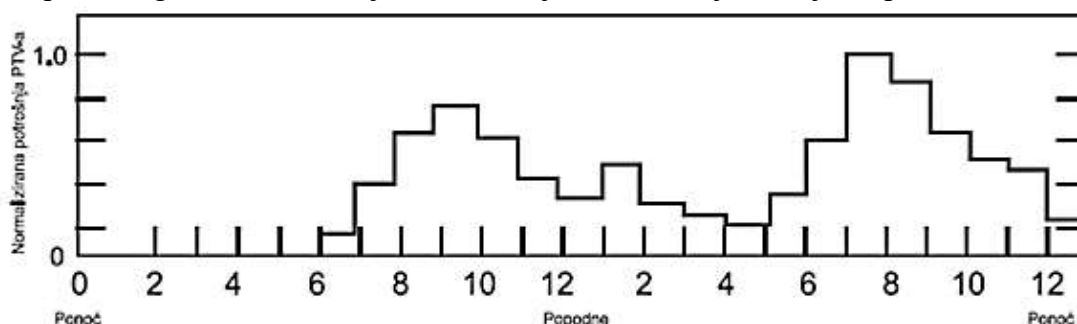
Dimenzioniranje solarnih sustava za PTV-u

Toplinska energija prikupljena sunčanim kolektorima varira u vremenu ovisno o meteorološkim uvjetima te neovisno o energetske potrebama objekta koji su također promjenjivi u vremenu. Odabir broja kolektora, njihovog nagiba te veličine spremnika solarnih sustava za pripremu PTV-e, ponajviše ovisi o dnevnoj potrošnji vode u pojedinom dijelu godine, klimatskom području, te orijentaciji kolektora u odnosu na strane svijeta. Tipične vrijednosti za obitelj s 4-5 članova su 4-6 m² kolektora u kontinentalnom dijelu i do 4 m² u primorskom dijelu uz spremnik zapremine 200-300 l. Tada je kroz cijelu godinu moguće prikupiti oko 600 kWh/m² toplinske energije u kontinentalnom dijelu i oko 1000 kWh/m² u primorskom dijelu naše zemlje.

S obzirom na vrlo niske vrijednosti insolacije tijekom hladnije polovice godine u našim krajevima, te posebice niske temperature u kontinentalnom dijelu koje dodatno snižuju efikasnost kolektora (oko 35% zimi dok u ljeti >55%), uporaba solarnih sustava za grijanje prostora zahtijeva stručni odabir i dimenzioniranje sustava uz dobru procjenu stvarnih potreba za energijom

Metode proračuna

U dobro dimenzioniranom sunčanom sustavu te se razlike između prikupljene Sunčeve energije i energetske potreba pokrivaju preko akumulacijskog spremnika i pomoćnog izvora topline. Da bi se kvalitetno dimenzionirao sunčani sustav, potrebno je provesti simulaciju njegova rada na satnoj razini, koja uključuje proračun trenutno dovedene i odvedene energije iz sustava tzv. Postoji i f -chart metoda koja daje informaciju samo o mjesečnim vrijednostima prikupljene Sunčeve energije za određenu kolektorsku površinu i volumen spremnika. Time se dobivaju podaci koji su potrebni za dimenzioniranje kolektorske površine. Ti se podaci potom analiziraju u odnosu na ukupne energetske uštede i cijenu investicije, odnosno njeno vrijeme povrata.

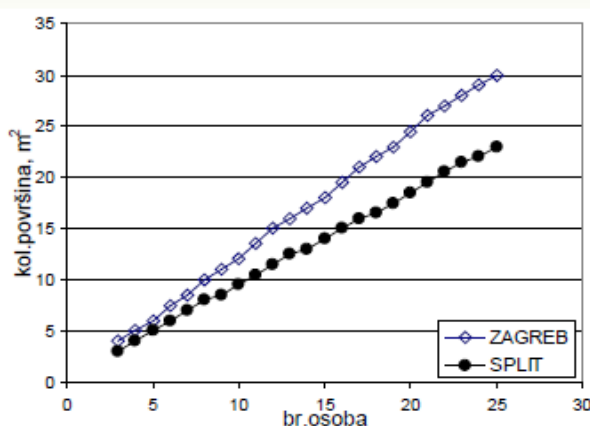


Primjer satne potrošnje PTV -a u kućanstvu kroz dan

Temperatura PTV-a u spremniku bi morala biti viša od 45°C radi sprječavanja razmnožavanja legionele, ali opet ne smije biti nepotrebno visoka (do 55°C) jer se time smanjuje efikasnost kolektora. Iznos dodatne energije pomoćnog grijača računa se prema

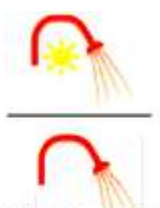
$$Q_{PTV} = m \cdot c_p (50^\circ\text{C} - T_{s2}) t, [\text{kWh}]$$

Provedena je simulacija rada kolektorskog sustava za obiteljsku kuću korisne površine $A_k = 100 \text{ m}^2$ s 4 ukućana, smještenu u dva različita klimatska područja - Zagrebu i Splitu,. Površina kolektora je dimenzionirana tako da se u potpunosti pokrije potreba za zagrijavanjem PTV-a u ljetnim mjesecima. Rezultati ukazuju na činjenicu da je u Splitu potrebna manja kolektorska površina. Srednja godišnja efikasnost kolektora je veća u Splitu ($h_{kol} = 0,60$) nego u Zagrebu ($h_{kol} = 0,49$). Tijekom zimskih mjeseci efikasnost kolektora u Splitu je ($h_{kol} = 0,58$), a ljeti je tek nešto veća ($h_{kol} = 0,62$). Tako male razlike su posljedica niže temperature u spremniku zimi (što podiže efikasnost), a s druge strane nižih vrijednosti temperature zraka i Sunčevog zračenja zimi (što pak snižuje efikasnost). U Zagrebu je efikasnost kolektora zimi ($h_{kol} = 0,4$) znatno niža nego ljeti ($h_{kol} = 0,56$), a što je posljedica većih razlika temperatura zraka i iznosa Sunčevog zračenja zimi i ljeti no što je to u Splitu.



Optimalna površina kolektora u ovisnosti o broju osoba

Koeficijent pokrivanja solarnog sustava

$$C = \frac{E_U}{E_N}$$


E_U = iskorištena solarna energija
 E_N = ukupno potrebna energija

Kako je ukupna toplinska energija potrebna za pripremu PTV-a konstanta, koeficijent pokrivanja veći je ako:

- Povećamo broj kolektora
- Ako se sustav upotrebljava uz klimatske uvjete sa većim zračenjem Sunca
- Kad se sustav koristi u ljeti

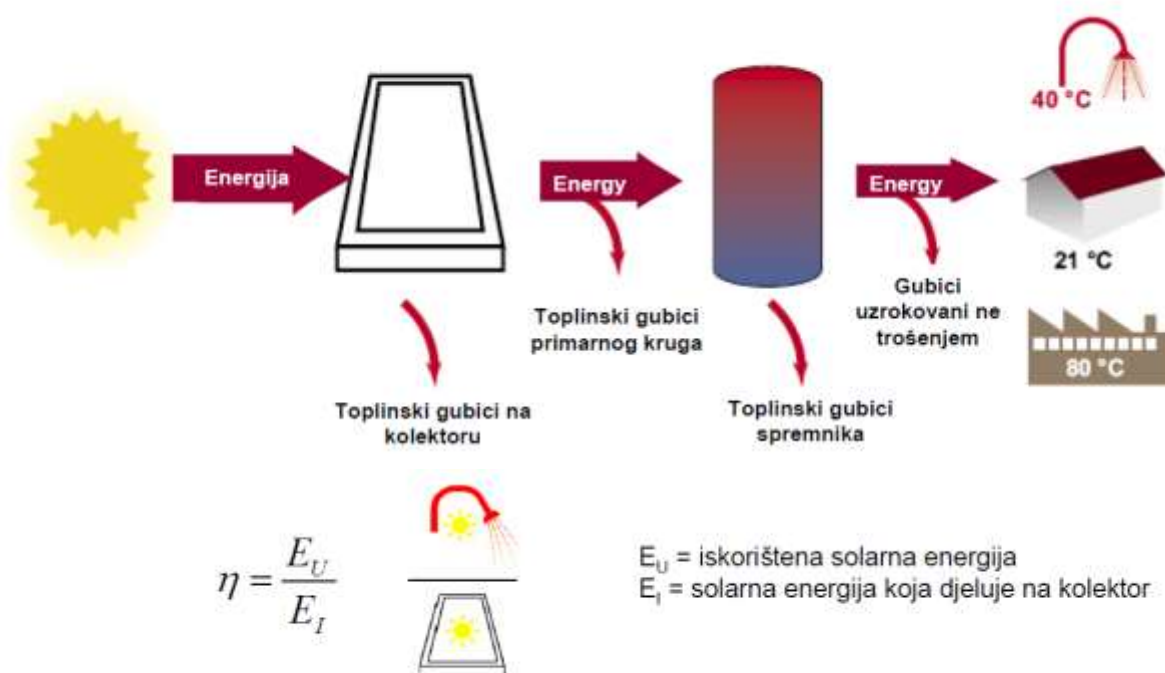
Tipične vrijednosti pokrivanja u % (za sanitarnu vodu u Splitu)

Siječanj	53 %	
Srpanj	100 %	GODIŠNJE: 84%

Tipične vrijednosti pokrivanja u % (za sanitarnu vodu u Zagrebu)

Siječanj	15 %	
Srpanj	100 %	GODIŠNJE: 65%

Učinkovitost solarnog toplinskog sustava



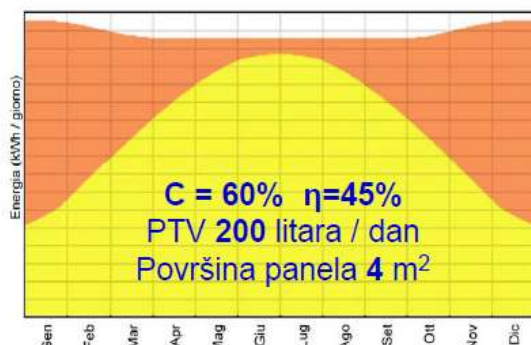
Učinkovitost sustava ovisi o:

- Učinkovitosti panela (kvaliteta kolektora, temperatura solarnog kruga, temperatura zraka...)
- Gubici topline tijekom distribucije i pohranjivanja (toplinska izolacija)
- Gubici zbog ne trošenja solarne energije (predimenzioniran sustav)

Potrošnja energije također ima utjecaja na učinkovitost (nula potrošnje → nula učinkovitosti)!!

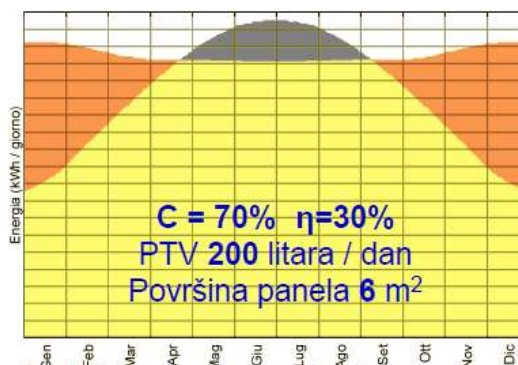
Tipične godišnje vrijednosti učinkovitosti (za PTV): Između 30 % i 50 %

Ukoliko povećamo broj panela, povećava se i stupanj pokrivanja, ali se smanjuje učinkovitost. Pravilo dobrog projektiranja: Ne pretjerivati!!! Solarni sustav može pokriti do 100% potrebe u ljetnim mjesecima. Ostatak godine treba koristiti razinu koju ste postigli.



Dobro dimenzioniran sustav:

- Visoka godišnja učinkovitost(45)
- Ekonomičan sustav



Predimenzioniran sustav

- Mala godišnja učinkovitost(30)
- Skuplji sustav(više solarnih kolektora)
- U ljetnim mjesecima višak solarne energije(sivo) se gubi i dolazi do pregrijavanja panela

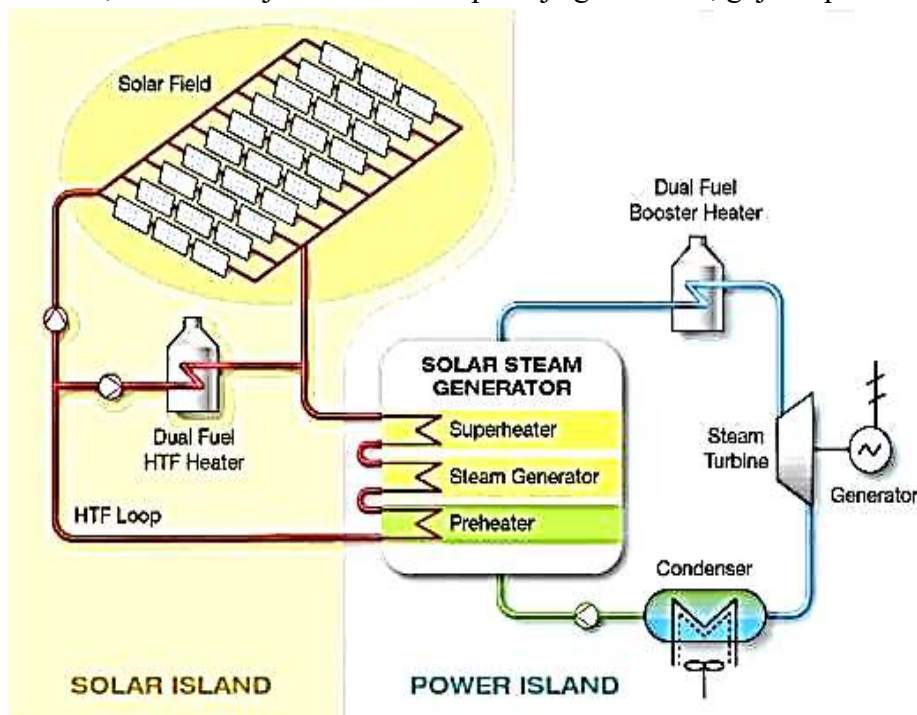
Proizvodnje električne energije iz Sunčevog zračenja

Solarne termoelektre - STE na Sunčevu energiju se ne razlikuju u osnovi od ostalih TE u dijelu koji pretvara toplinsku energiju u električnu. Tri su različita rješenja solarnih termoelektrana relevantna prema iskustvu i potencijalu za ekonomičnu primjenu:

- Parabolična protočna solarna TE
- Solarni toranj
- Parabolični tanjur

Solarne elektrane

Solarne elektrane su postrojenja u kojima se solarna energija pretvara u toplinsku, zatim u električnu. Solarna se energija fokusirajućim kolektorima pretvara u toplinsku energiju koja grije radni fluid. Radni fluid pokreće turbinu, turbina svoj mehanički rad predaje generatoru, gdje se pretvara u



električnu energiju.

Kako je količina energija koja pada na površinu izuzetno velika, izgradnjom STE na sunčanim područjima (npr. Sahara) mogao bi se energijom opskrbljivati veliki dio potrošača. Ipak, čak i kao

manji energetska sustav mogu postati vrlo bitan faktor, primjerice, na otocima.

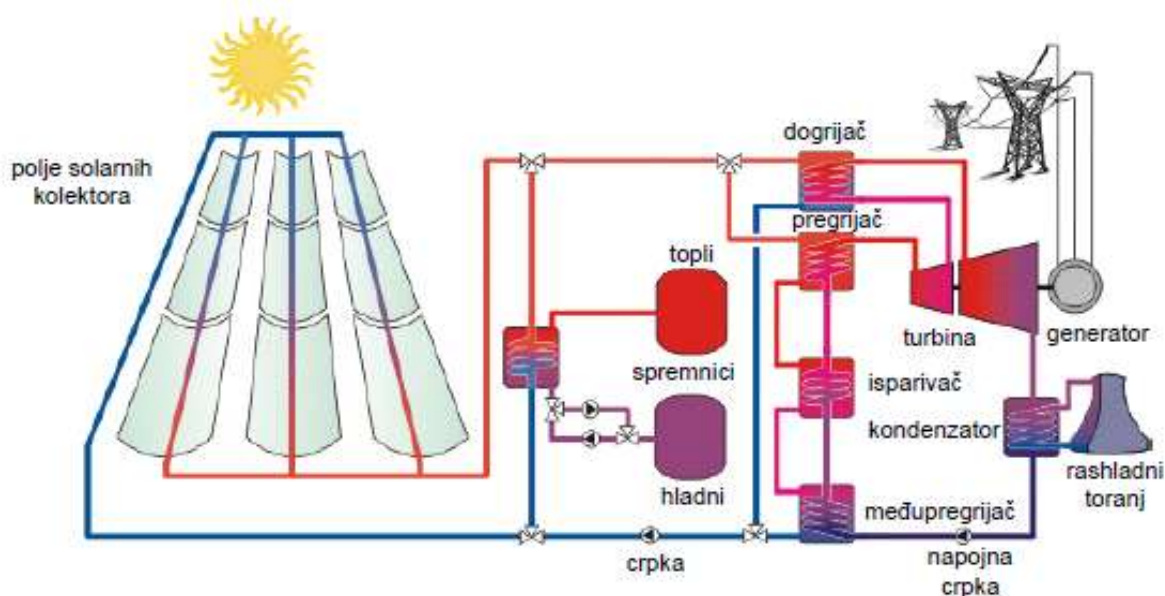
Zbog potrebe za visokim temperaturama, gotovo svi oblici solarnih termalnih elektrana moraju koristiti nekakav oblik koncentriranja Sunčevih zraka s velikog prostora na malu površinu. Kako se tijekom dana položaj Sunca na nebu mijenja, tako se stalno mijenja i najpovoljniji kut pod kojim padaju Sunčeve zrake na zrcala, stoga je potrebno ugraditi sustave koji će stalno prilagođavati njihov položaj. Ti sustavi su neophodni kako bi se dobila što veća efikasnost, ali ujedno i najveći čimbenik u vrlo visokim cijenama solarnih termalnih elektrana.

Prve elektrane imaju veliki broj zrcala postavljenih oko središnjeg mjesta gdje se nalazi toranj. Zrcala su upravljana računalima te pomoću njih pronalaze najbolji kut za reflektiranje prema solarnom tornju. Ovisno o radnoj tvari moguće je postići vrlo visoke temperature. Osim rastopljenih soli i sintetičkih ulja, mogu se koristiti i plinovi kako bi postigli temperature iznad 800 °C. Trenutno najisplativije je koristiti rastopljenu sol pri 565 °C, iako se smatra da će se kroz par godina prijeći na plinove pri visokim temperaturama. Trenutno je u izgradnji najveća elektrana Ivanpah (California) koja će za generiranje 370 MW koristiti vodenu paru pri 565 °C uz učinkovitost od 29 %.

Parabolična protočna solarna termoelektrana

Rješenje solarne termoelektrane (STE) s poljem cijevi u fokusu polja linearnih paraboličnih koncentratora ima najveći potencijal za korištenje. Veliko iskustvo sa ovim rješenjem dolazi od 354 MWe instalacija u Mojave pustinji u Kaliforniji još prije 20 godina čini parabolične protočne STE najrazvijenijom tehnologijom. Relativni zastoj u aktivnostima se mijenja u zadnje vrijeme izgradnjom postrojenja u Španjolskoj, Izraelu. Koncentracijom Sunčeva zračenja od 75x postižu se temperature radnog medija i do 400 °C. Ukupna efikasnost ovisi o specifičnoj izvedbi, ali se kreće oko 12%. Solarni koncentratori mogu pratiti Sunce samo u jednoj osi i to je obično istok-zapad. Usklađivanje dostupnosti energije Sunca i potrošnje se rješava toplinskim spremnicima velikog kapaciteta (otopljene soli). Optimalna snaga postrojenja se računa na oko 200 MWe (najviše zbog površine)

shema jednog rješenja cijele parabolične protočne STE

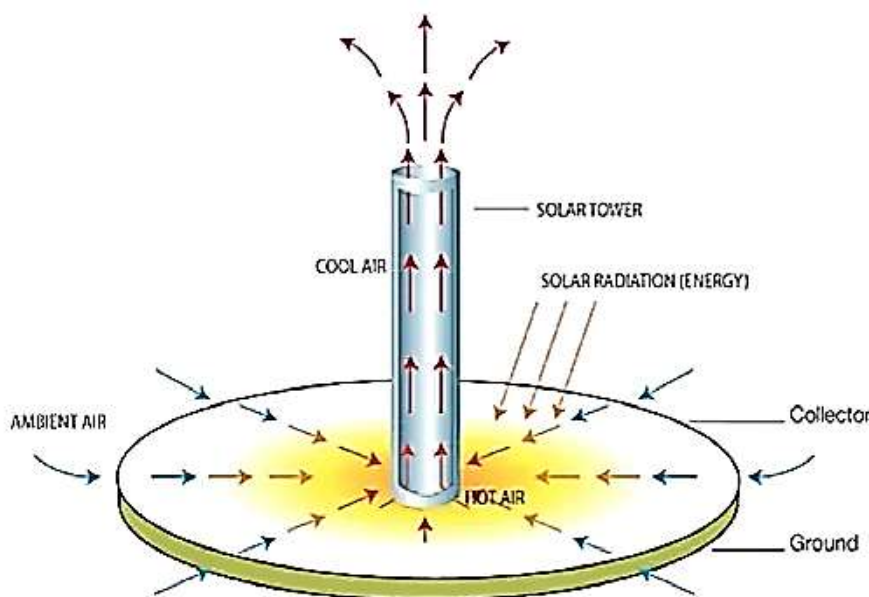


Rješenje STE sa centralnim tornjem prema kome su usmjerena reflektirajuća zrcala

Tehnologija sa centralnim tornjem je nešto slabije razvijena. Ovdje se postižu koncentracije Sunčevih zraka do 800x i temperature u tornju do 560 °C. Optimalna snaga se procjenjuje u rasponu od 100 do 100 MWe. Potrebno je oko 20 m² površine za 1 kWe

Solarni toranj

Elektrana se sastoji od 3 osnovna elementa, solarnih kolektora u kojima se zrak zagrijava, vjetroturbina koje pogoni zagrijani zrak, te dimnjaka kroz koji se diže vrući zrak. Solarni kolektori su u suštini građevine nalik na staklenik u kojima se zagrijava zrak odnosno voda toplinom sunčevog zračenja. Topli zrak se zbog efekta dimnjaka diže, prolazi preko turbina proizvodeći električnu energiju te odlazi u dimnjak. Glavni parametri koji određuju veličinu ove vrste elektrane su površina kolektora te visina dimnjaka. Veća površina kolektora omogućuje većoj količini zraka da se zagrije i struji preko turbina, dok viši dimnjak omogućuje veću razliku tlaka i efikasniji efekt dimnjaka. Kako bi elektrana mogla proizvoditi energiju i tijekom noćnih sati, moguće je u kolektore ugraditi cijevi u kojima se nalazi već ranije spomenuta voda. Kako voda ima vrlo visoki toplinski kapacitet idealna je za pohranu toplinske energije koju oslobađa u noćnim satima te tako omogućava rad elektrane i u noćnim satima (iako sa smanjenim kapacitetom). Ova vrsta postrojenja ima izuzetno malu učinkovitost.



Solarna TE s paraboličnim tanjurom

Najmanje razvijena od tri opisane STE je izvedba sa paraboličnim tanjurima. Zbog paraboličnog izgleda podsjećaju na satelitske tanjure, ali su otprilike 10 puta veći. Zrake svjetlosti, odbijajući se od zrcala, padaju u jednu točku (kolektor) koji se nalazi iznad njih. Kompletan toplinski stroj i generator se nalaze smješteni u fokusu tanjura promjera oko 10 m. Tu se razvijaju temperature oko 900 °C, a za dobivanje električne energije se koristi Stirlingov ili parni motor. Radna tvar je helij ili vodik, a s njima se po jednom tanjuru koji generira snagu između 5–50 kW se postiže efikasnost od 30%. Zbog pomičnih mehanizama potrebna su česta servisiranja, a cijeli sustav zahtijeva rotaciju oko dvije osi i skupa parabolična zrcala, što se na kraju odražava na ukupnoj isplativosti ovakvog sustava. STE sa paraboličnim tanjurom karakterizira velika gustoća snage (oko 55 kW/l). Medij u toplinskom stroju postiže temperature od preko 750 °C

Najveće solarne elektrane u pogonu

- *SEGS –9 solarnih elektrana, USA, Kalifornija (pustinja Mojave), kapacitet 354 MW, parabolični*
- *SGS -USA, Arizona, kapacitet 280 MW, parabolični kolektori*
- *SGS -Španjolska, Logrosan, kapacitet 200 MW, parabolični kolektori*
- *ASPS –Španjolska, Guadix, kapacitet 150 MW, parabolični kolektori*

- *Puerto Errado -Španjolska, Murcia, 31.4 MW, Fresnel reflektori*
- *PS20 solar power tower –Španjolska, Sevilla, 20 MW, solarni toranj*
- *Jinshawan – Kina, 200 kW, solarna uzgonska elektrana*

Solarne elektrane u Hrvatskoj

U Hrvatskoj je prosječno zračenje sunca na kvadratni metar 1425 kWh/godinu što je usporedivo s kalorijskom vrijednošću 150 L nafte. U Hrvatskoj je 2012. otvorena najveća solarna elektrana u Sv. Klari. Projekt najveće hrvatske solarne elektrane, koji obuhvaća 3.000 četvornih metara fotonaponskih ćelija na sedam krovova, s instaliranom snagom od 400 kW i godišnjom proizvodnjom električne energije od oko 400 tisuća kWh, moći će opskrbiti 130 kućanstava električnom energijom te godišnje smanjiti emisije CO₂ za 232 tone.

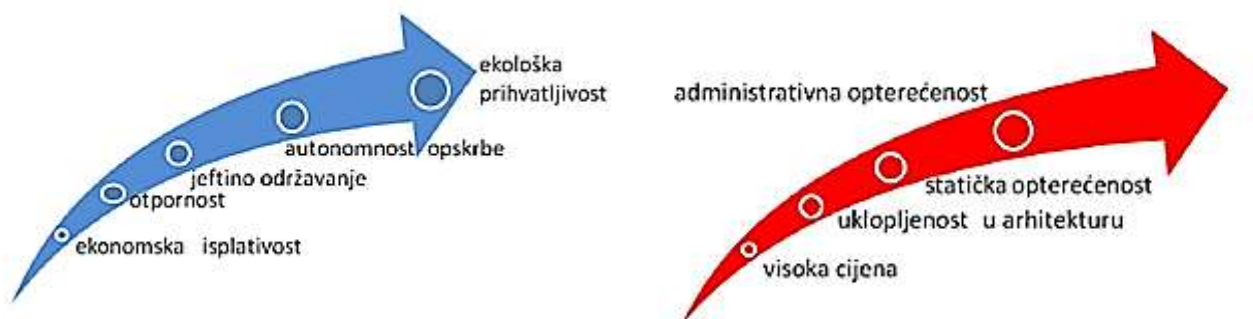
PREDNOSTI I NEDOSTATCI SOLARNIH SUSTAVA

Prednosti solarnih sustava:

- **ekonomska isplativost** - uložena sredstva se mogu vratiti u kratkom roku, a proizvedena struja se može prodavati (umreženi fotonaponski sustavi)
- **otpornost** - solarni sustav je vrlo otporan na različite oblike vremenskih nepogoda, npr. na tuču **jeftino održavanje** - nakon instaliranja sustava nije u njega potrebno mnogo ulagati
- **autonomnost opskrbe** - solarni sustavi nam djelomično omogućavaju energetska neovisnost, potpuna energetska neovisnost može se ostvariti samo kod autonomnih fotonaponskih sustava
- **ekološka prihvatljivost** - proizvodnjom električne energije putem solarnih ćelija smanjuje se onečišćenje zraka za oko 90% u odnosu na proizvodnju iste količine energije korištenjem fosilnih goriva, a solarna prijevozna sredstva ne zagađuju okoliš i pružaju jeftinu vožnju

Nedostatci solarnih sustava :

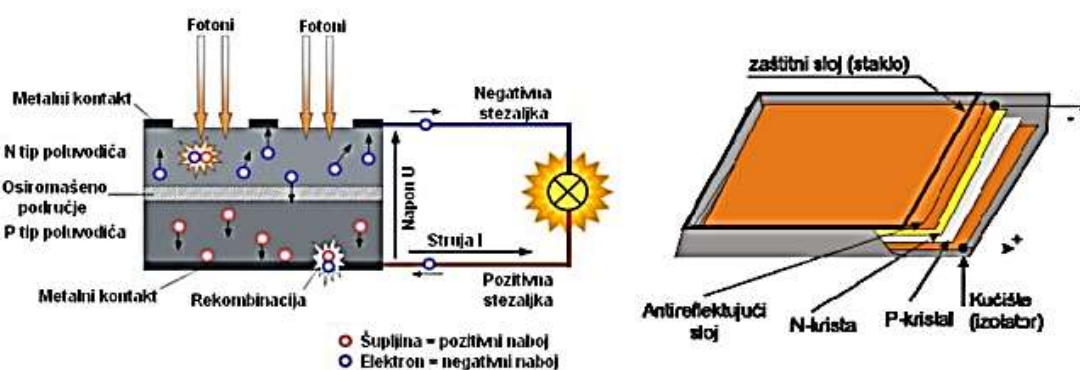
- **visoka cijena** - potreban je veliki početni kapital
- **uklopljenost u arhitekturu** - najčešće se solarni sustavi instaliraju naknadno, nakon izgradnje objekta, pa često izgledaju kao da nisu uklopljeni u objekt
- **statička opterećenost** - dijelovi solarnog sustava su teški nekoliko tona pa statički opterećuju objekte na kojima se nalaze
- **administrativna opterećenost** - puno je vremena i novca potrebno da bi se dobila dokumentacija potrebna za instaliranje sustava



dijagram prednosti i nedostataka solarnih sustava

FOTONAPONSKE ČELIJE I MODULI

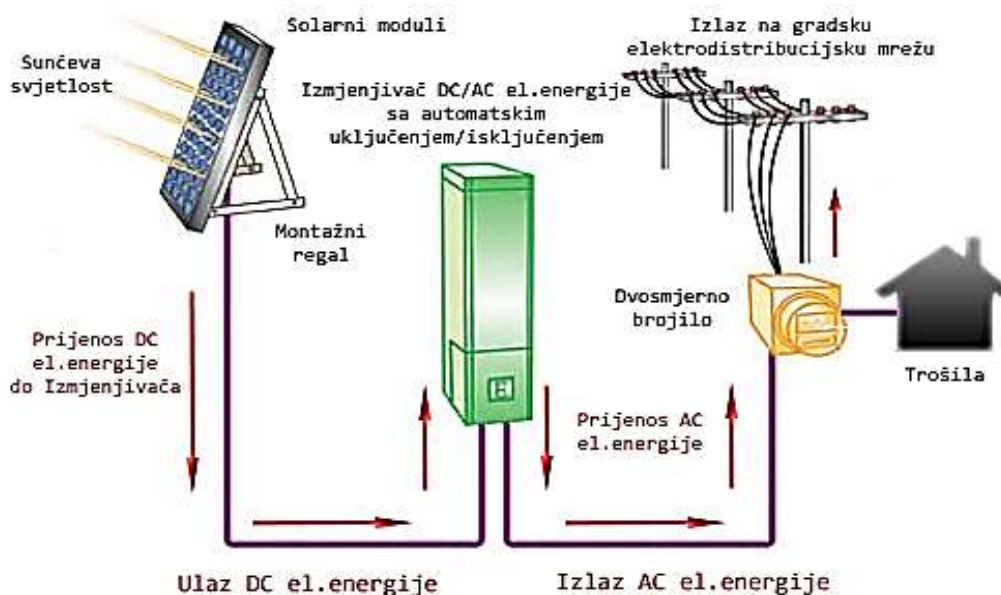
Fotonaponski efekt otkrio je francuski fizičar Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891) 1839 godine. Fotonaponske ćelije izgrađene su od dva sloja – pozitivnog i negativnog, a razlika potencijala između ta dva sloja ovisi o intenzitetu solarnog zračenja. Solarna energija stiže na Zemlju u obliku fotona. Prilikom pada na površinu solarne ćelije ti fotoni predaju svoju energiju panelu i na taj način izbijaju negativno nabijene elektrone iz atoma. Izbijeni elektroni kreću se prema drugoj (negativnoj) strani panela i na taj način dolazi do razlike potencijala, tj. generira se električna energija. Grade se od silicija, a silicij je jedan od najzastupljenijih elemenata na Zemlji.

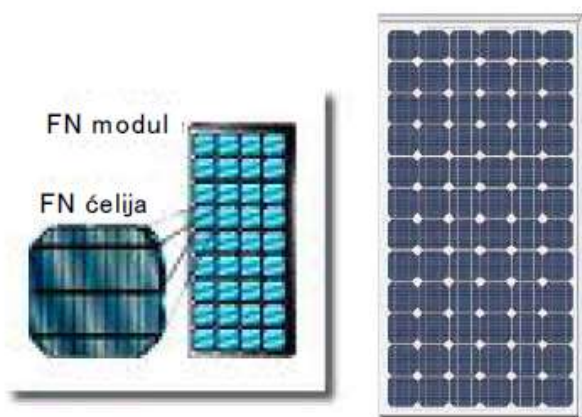


Fotonaponske ćelije - pretvornici Sunčeve u električnu energiju

Za izravnu pretvorbu Sunčeve svjetlosti u električnu energiju koriste se **solarni FN pretvornici**. Sustav radi na način da sunčeva svjetlost koja obasjava solarni modul pretvara svjetlo u fotonaponskoj ćeliji u istosmjernu električnu energiju.

Sl. Sustav za proizvodnju električne energije





fotonaponski modul u obliku panela



Primjer konstrukcije krovnog solarnog sustava

. Solarni fotonaponski pretvornici se izrade kao fotonaponske ćelije koje mogu biti od:

- monokristaličnog i polikristaličnog silicija
- amorfnog silicija
- kadmij-telurida ili bakar-indij-diselenida

Većina ćelija koje se danas pojavljuju na tržištu imaju stupanj djelovanja (učinkovitost) između 12 i 15% (za ćelije od amorfnog silicija – oko 5%).

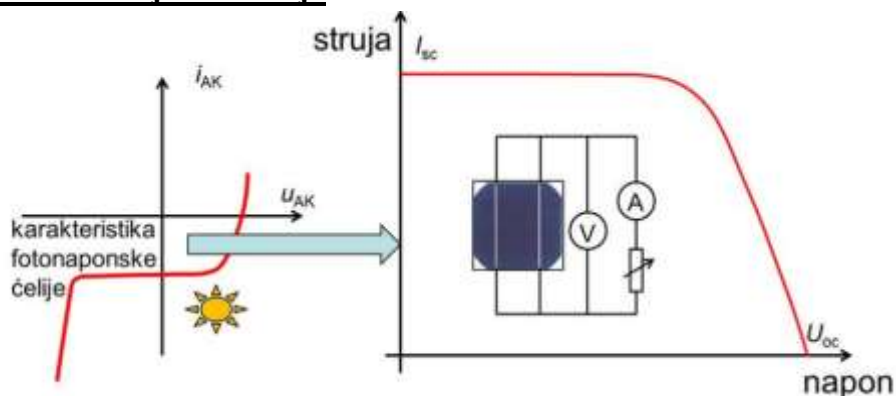
Pojedinačne fotonaponske ćelije se povezuju:

- serijski
- paralelno
- kombinacijom oba načina

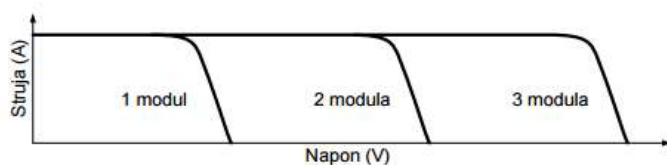
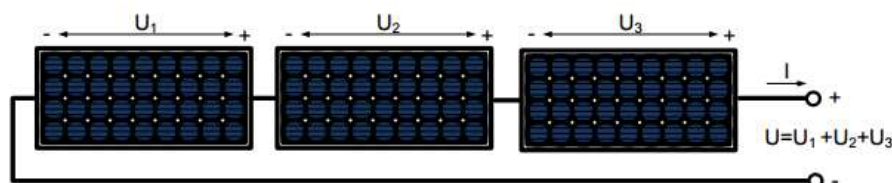
Time se može postići željena vršna snaga (75, 100, 120 W, ..) i radni napon modula (npr. 12 ili 24 V).

Veća postrojenja, kao što su fotonaponske elektrane od 1MW, imaju cijela polja paralelno spojenih nizova fotonaponskih modula u serijskom spoju (serijski spoj – potreban napon; paralelni spoj – potrebna snaga).

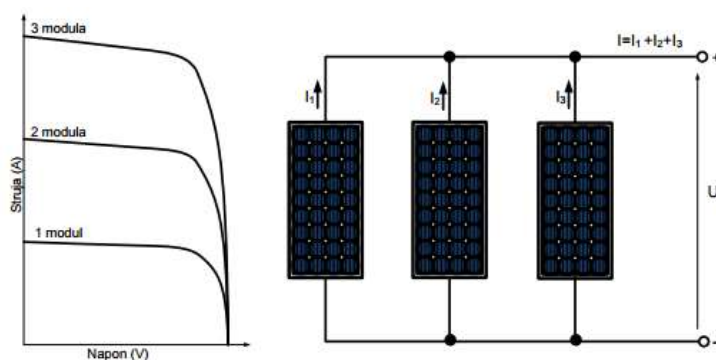
Osnovne značajke FN ćelija



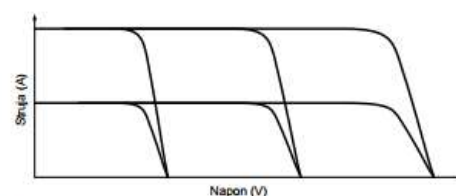
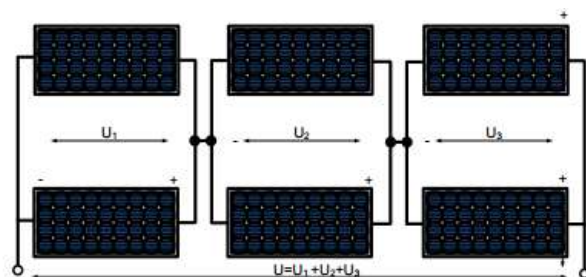
Slika Strujno naponska karakteristika fotonaponske ćelije.



I – U karakteristika serijski spojenih FN modula



I – U karakteristika paralelno spojenih FN modula



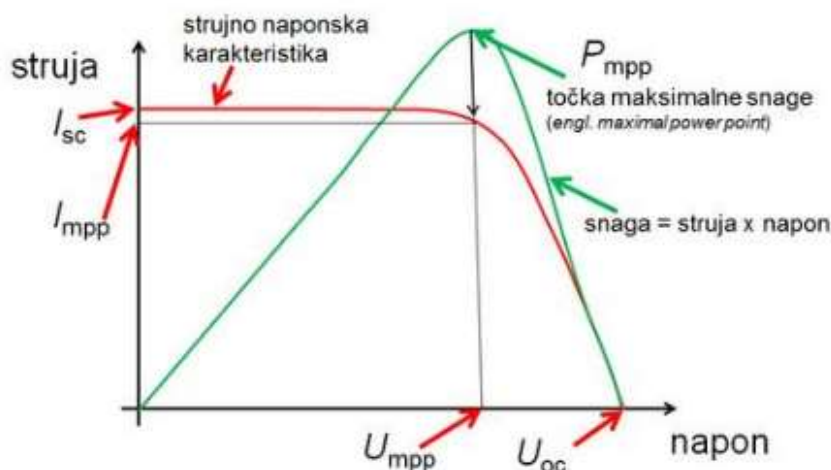
I – U karakteristika kombinirano spojenih FN modula

Serijsko, paralelno i kombinirano spajanje FC

Serijskim spajanjem ćelija rasti će napon niza ćelija uz zadržavanje struje ćelije.

Paralelnim spajanjem ćelija struja ćelija se zbraja uz zadržavanje istog napona ćelija (slika).

Niz fotonaponskih ćelija spaja se, najčešće serijski, u fotonaponski modul. Tako npr. 250W modul ima 60 fotonaponskih ćelija. Svaki fotonaponski modul karakteriziran je određenim parametrima koji su nam važni u primjeni. Strujno naponska karakteristika je uvijek dana za određeno osunčanje. Iz strujno naponske karakteristike se može dobiti i karakteristika snage jednostavnim množenjem vrijednosti napona i struje. Na karakteristici snage se može uočiti točka maksimalne snage, i baš za tu točku par vrijednosti napona i struje U_{mpp} i I_{mpp} . Maksimalna snaga fotonaponskog modula je ujedno i definicija nazivne snage modula i označava se u W_p (engl. *watt-peak*).



Najinteresantniji parametar fotoćelije, a time i fotonaponskog modula sastavljenog iz fotoćelija, bez

obzira na tehnologiju (monokristalni, polikristalni, amorfni, galij-arsenidni, kadmij-telurijevi itd..) je stupanj korisnog djelovanja. On nam kaže koliko će se zračenja pretvoriti u električnu snagu.

Tek za primjer polikristalni modul dimenzije $1,7 \times 1\text{ m}$, površine $1,7\text{ m}^2$, koji ima stupanj korisnog djelovanja $14,7\%$ će iz 1000 W/m^2 dati 250 Wp snage (Schrack Technik fotonaponski modul: PVM32500). Važno je i to da se pri zagrijavanju modula, napon modula smanjuje. Kada se nekoliko modula spaja u niz, pri čemu raste napon niza, potrebno je proračunom provjeriti napon pri najhladnijem stanju osunčanog modula. Svaki uređaj na koji su spojeni fotonaponski moduli mora imati veći ulazni napon od osunčanih modula u najhladnijem stanju kako ne bi došlo do oštećenja uređaja.

Što se događa kada je jedna fotonaponska ćelija u fotonaponskom modulu zasjenjena?

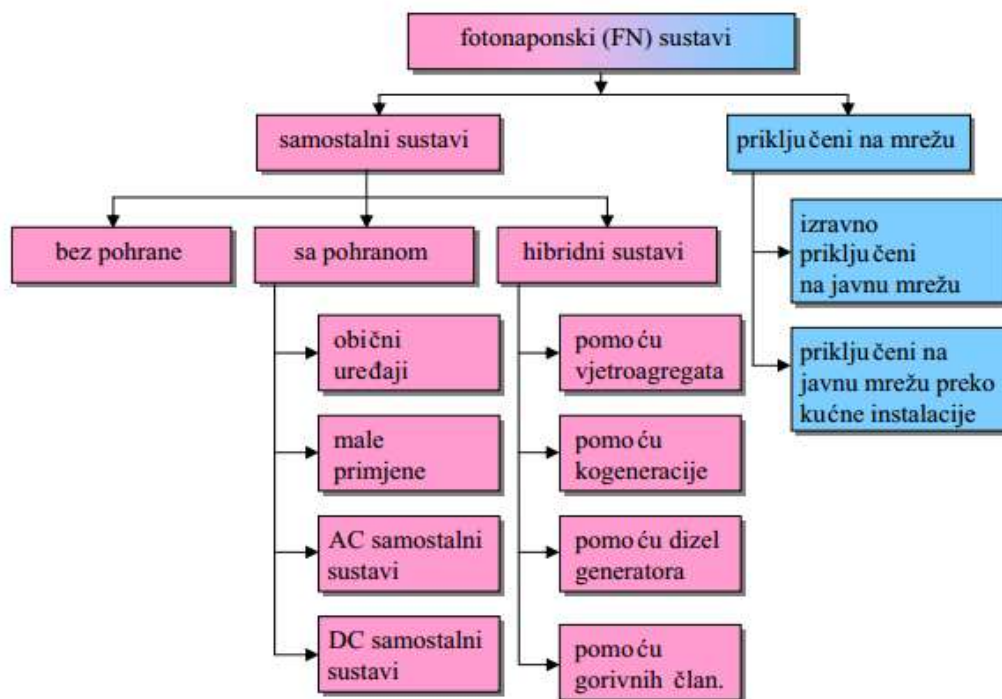
To je realna i česta situacija uzrokovana prisustvom snijega ili lišća na površini modula

Takvo lokalno zasjenjenje na jednoj fotonaponskoj ćeliji ograničiti će struju cijelog fotonaponskog modula. Ograničenje struje znači ograničenje snage, tj. ograničenje proizvedene energije. Znamo li da se u realnoj fotonaponskoj elektrani nekoliko modula (i do 20) spaja u niz, tada će već jedna zasjenjena ćelija prouzrokovati smanjenu struju cijelog niza fotonaponskih modula!

Vrste FN sustava

Fotonaponski sustavi se mogu se podijeliti u dvije osnovne grupe:

- amostalni ili otočni sustavi bez priključka na mrežu u kojima proizvedenu električnu energiju najčešće skladištimo u baterije ili akumulatore
- mrežni sustavi, danas sve rasprostranjeniji i suvremeniji, koji proizvedenu električnu energiju predaju u elektroenergetski sustav.



Osnovna podjela fotonaponskih sustava

Elementi fotonaponskog sunčevog sustava najvećim su dijelom određeni karakteristikama građevine (položaj, orijentacija, dimenzije) na kojoj će sustav biti ugrađen. Što se tiče položaja, prvo uzimamo u obzir ima li u blizini izgrađen elektroenergetski sustav. Ako ona nije izgrađena, ili je priključna točka uglavnom daleko, a time priključak skup, tada razmotramo izgradnju otočnog sustava, čije troškove možemo usporediti s troškovima priključka na električnu mrežu. Ako su ti troškovi slični, ili je otočni sustav čak malo skuplji od priključka na električnu mrežu, izgradnja se isplati jer će

proizvedena električna energija biti besplatna.

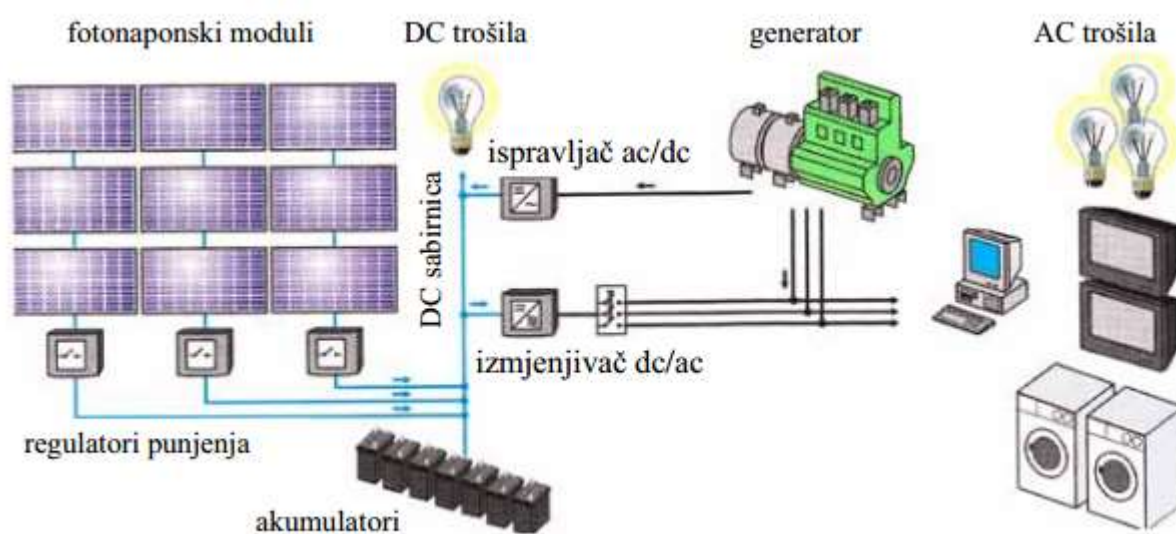
U naseljenim mjestima električna mreža je svugdje izgrađena. Na tim lokacijama moguće je izgraditi mrežni sustav, jer su stvoreni zakonski okviri za tu mogućnost. Tada još uvijek imamo mogućnost izbora otočnog sustava, ali u ovom slučaju su znatne ekonomske prednosti na strani mrežnih sustava.

Samostalni fotonaponski sustavi

moгу biti sa ili bez pohrane energije, i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivnim člancima ili dizelskim generatorom.

Temeljne komponente samostalnoga fotonaponskog sustava:

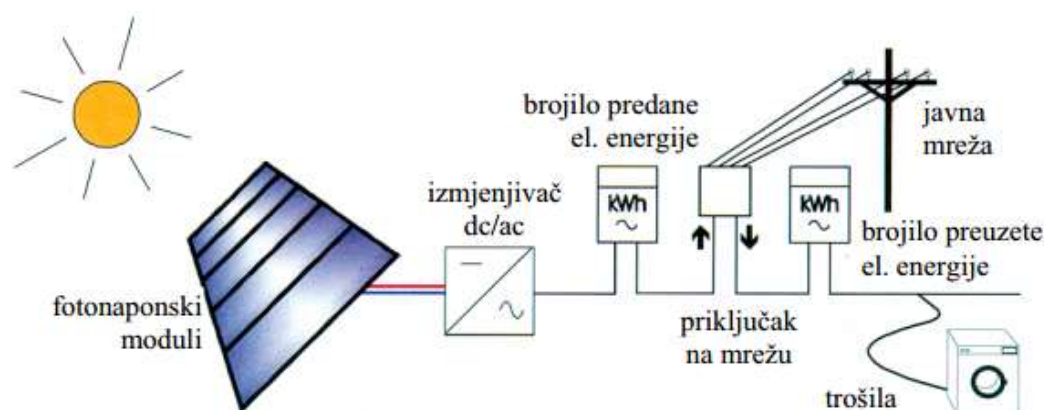
1. fotonaponski moduli (obično spojeni paralelno ili serijski-paralelno)
2. regulator punjenja
3. akumulator
4. trošila
5. izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju)



Shema samostalnoga hibridnog fotonaponskog sustava s generatorom

Na slici prikazana je shema samostalnog hibridnog fotonaponskog sustava s generatorom za napajanje trošila na istosmjernu (dc) ili izmjeničnu struju (ac). Kod tih sustava se električnom energijom proizvedenom solarnim modulima ili vjetroagregatom, prvotno napajaju trošila, a višak energije se pohranjuje u tzv. solarne akumulatore. U slučaju da ni akumulator više nema energije za napajanje trošila, uključuje se generator na dizel ili biodizel gorivo.

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije.



Temeljne komponente fotonaponskog sustava, priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su:

1. fotonaponski moduli
2. spojna kutija sa zaštitnom opremom
3. kablovi istosmjernog razvoda
4. glavna sklopka za odvajanje
5. izmjenjivač dc/ac
6. kablovi izmjeničnog razvoda
7. brojila predane i preuzete el. energije



Karakteristični mehanički parametri fotonaponskog modula

Među najvažnijim mehaničkim podacima fotonaponskog modula su svakako njegove dimenzije i masu. 250Wp modul ima 18,2 kg. Činjenica je da se fotonaponski moduli nabavljaju kao trajna i dugogodišnja investicija, stoga nije loše pri nabavci pogledati oznake sukladnosti kvalitete modula, odnosno tvornicu koja ih proizvodi, te koje su sve norme navedene u tehničkim podacima kao zadovoljene, kao npr garancija snagekroz godinena sl.



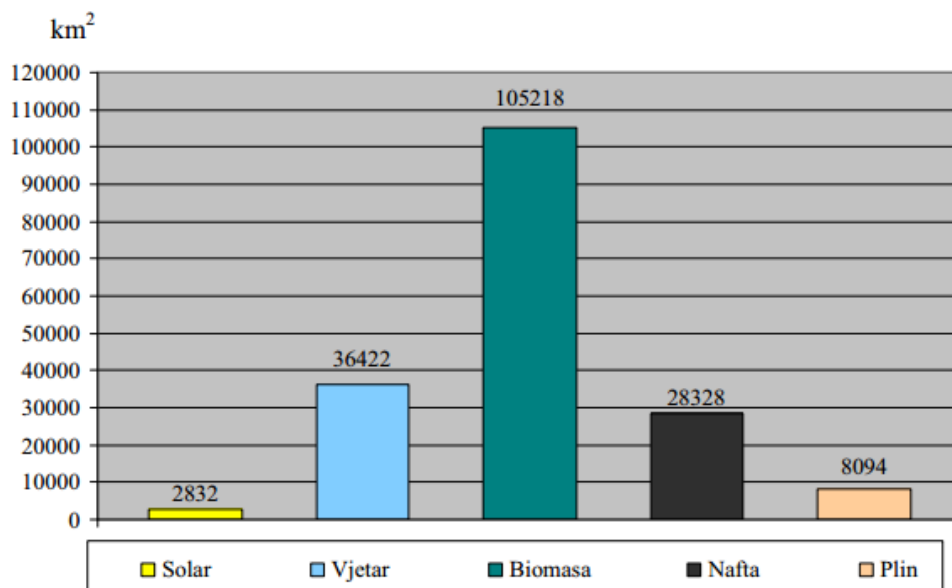
Fotonaponske ćelije nažalost gube efikasnost starenjem. . Na slici je vidljivo kako promatrani 250 Wp modul ima garantirano linearno opadanje snage. Kada već modul mora stariti, onda je dobro da to radi što sporije i da proizvođač daje garanciju! Čak i nazivna snaga u tehničkim podacima je garantirana kao 250Wp -0% + 3%, što znači da modul ima sigurnih 250Wp, a možda i do 3% više u trenutku proizvodnje.

Potrebna površina za proizvodnju energije iz fotonaponskih sustava

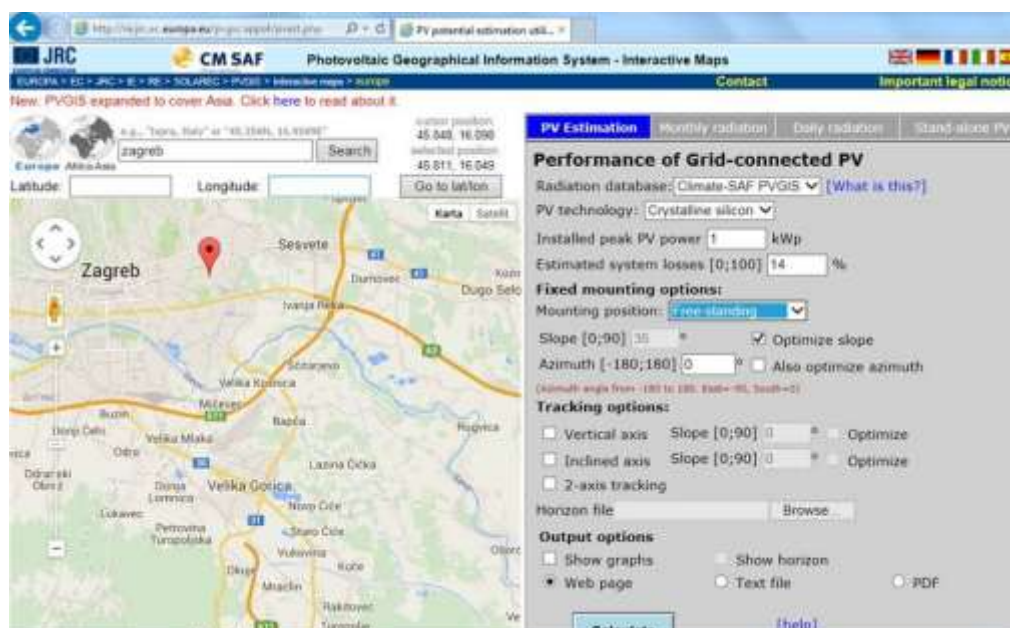
Ovisno o tome kakvi su fotonaponski moduli, odnosno jesu li izrađeni od monokristalnih ili polikristalnih ćelija ili su moduli od tankog filma (CIS), (CIGSS) ili amorfno silicija, biti potrebna i različita površina za određenu snagu modula

monokristalne ćelije	7 m ² – 9 m ²	
ćelije visokog stupnja djelovanja	6 m ² – 7 m ²	
polikristalne ćelije	7,5 m ² – 10 m ²	
bakar-indij-diselenid (CIS)	9 m ² – 11 m ²	
kadmijev telurid (CdTe)	12 m ² – 17 m ²	
amorfni silicij	14 m ² – 20 m ²	

Na slici dana je usporedba potrebne površine za proizvodnju TWh iz različitih izvora energije. Uočljivo najmanju površinu zauzima korištenje sunčeve energije, bilo u solarnim termoelektranama ili fotonaponskim modulima.



Koliko energije proizvodi fotonaponski modul?



JRC CM SAF Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps

Search:

Latitude: Longitude:

PV Estimation | Monthly radiation | Daily radiation | Stand alone PV

Performance of Grid-connected PV

Radiation database: **Climate-SAF PVGIS** (What is this?)

PV technology: **Crystalline silicon**

Installed peak PV power: kWp

Estimated system losses [0;100]: %

Fixed mounting options:

Mounting position: **free-standing**

Slope [0;90]: ° ☒ Optimize slope

Azimuth [-180;180]: ° ☐ Also optimize azimuth

(Azimuth angle from -180 to 180, 0=0°, 90=90°, 180=180°)

Tracking options:

☐ Vertical axis Slope [0;90]: ° ☐ Optimize

☐ Inclined axis Slope [0;90]: ° ☐ Optimize

☐ 2-axis tracking

Horizon file:

Output options

☐ Show graphs ☐ Show horizon

☒ Web page ☐ Text file ☐ PDF

[\[help\]](#)

Odgovor na ovo pitanje dat će besplatni javni servis dostupan na:

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

Ukucajte mjesto i nekoliko osnovnih podataka o sustavu (snagu, orijentaciju, nagib i slično), sve kao na slici. i pritisnite „calculate“. Proučite rezultate i brojne grafičke prikaze koje aplikacija nudi.

No za brzu procjenu proizvodnje idealno na jug postavljenih i kroz cijelu godinu jednako nagnutih modula (postavljenih na izračunom dobiven optimalni nagib), možemo uzeti da ljeti modul proizvede energije u iznosu: $4 \text{ h} \times \text{nazivna snaga modula}$, (u primjeru to je $250 \text{ W} \times 4 \text{ h} = 1000 \text{ Wh}$ energije). Isto tako procijenjeno zimi će se proizvodnja energije prepoloviti (dakle oko 500 Wh na dan za 250 Wp modul).

Ekonomске značajke

Ekonomičnost svih tehnologija (općenito) određuju:

- troškovi ulaganja
- pogonski troškovi
- troškovi servisa i održavanja
- troškovi raspremanja na kraju radnog vijeka
- neizravni (preventivni i sanacijski) troškovi očuvanja okolice

Ulaganja u solarna postrojenja mnogostruko su veća od onih u konvencionalna (od 2 do 5 puta u odnosu na sustave koji koriste loživo ulje ili plin). Ulaganja u fotonaponske sustave su još uvijek i do 10 puta veća od onih u konvencionalne termoelektreane. Troškovi pogona konvencionalnog postrojenja (više od 09% odnosi se na gorivo) veći su i do 5 puta od troškova solarnog postrojenja. Troškovi održavanja konvencionalnih postrojenja veći su i do 4 puta od troškova solarnog postrojenja. Troškovi raspremanja postrojenja u oba slučaju su istog reda veličine, dok su troškovi očuvanja okolice mnogostruko veći u slučaju konvencionalnih postrojenja.

Dugoročno se predviđa da će ukupna cijena fotonaponskog sustava (moduli i ostala oprema sustava) iznositi oko $0,5 \text{ €/Wp}$, što će dati daleko najpovoljniju proizvodnu cijenu električne energije u odnosu na bilo koji izvor energije, bio on obnovljiv ili neobnovljiv.

Isplativost investicije ponajviše ovisi o poziciji krova u odnosu na strane svijeta. Važno je znati da za električnu energiju koja se prodaje distributeru proizvođač dobiva trostruko veću cijenu od cijene el. energije iz gradske mreže. Najveći potencijal za gradnju i isplativost solarnih elektrana imaju mjesta u priobalju, znači u Istri, Dalmaciji i otocima gdje je najveći broj sunčanih dana godišnje. Međutim, još uvijek najviše solarnih elektrana je moguće vidjeti u kontinentalnom dijelu zemlje. Optimalna solarna elektrana za obiteljsku kuću koja daje najveće dobitke je snage oko 10 kW . Cijena takve elektrane je otprilike 200.000 kn , a vrijeme povrata investicije je 6 godina. Međutim informacije o isplativosti sustava su oprečne, tj. pojedine analize bliže su 10, pa čak i više godina.

U posljednje vrijeme svjedočimo i ponudama raznih tvrtki građanima u kojima se nudi otkup krovova na obiteljskim kućama, uz određenu naknadu na određeni vremenski period u svrhu izgradnje solarnih elektrana.

Izračun povrata investicije u fotonaponski sustav

Pored navedenih simulacijskih programa postoje i jednostavniji načini pomoću kojih se dovoljno precizno, a brzo, može izračunati godišnja proizvedena električna energija iz instaliranoga fotonaponskog sustava. Bitan je pokazatelj fotonaponskog sustava, pored stupnja djelovanja modula je omjer učinkovitosti fotonaponskog sustava. Omjer učinkovitosti PR (engl. Performance Ratio) definira se kao omjer između stvarno dobivene električne energije fotonaponskog sustava i električne energije na ulazu u sustav. Taj se omjer kreće između 70 % i 85 % i veći je za bolje fotonaponske

sustave.

Omjer učinkovitosti PR: $PR = E_{st}/E_{FN}$ gdje je:

E_{st} – stvarno dobivena energija iz fotonaponskog sustava, kWh

E_{FN} – dobivena energija iz fotonaponskih modula, kWh

Dobivena energija iz fotonaponskih modula:

$$E_{FN} = E_Z \cdot \eta_m \cdot A_m \text{ kWh} \quad \text{gdje je:}$$

E_Z – upadna energija sunčeva zračenja na module, kWh/m²

η_m – stupanj djelovanja modula

A_m – površina modula, m²

Primjer:

Fotonaponski moduli površine 80 m² postavljeni su na krov građevine pod kutom 30° i azimutom 0°. Stupanj je djelovanja modula $\eta_m = 0,13$. Omjer učinkovitosti PR iznosi 80 %. Koliko će godišnje električne energije dati fotonaponski sustav nazivne snage 10 kWp ako je instaliran u Zagrebu i Splitu, te koliko iznosi specifična godišnja proizvedena električna energija za navedene gradove?

Rješenje:

Za navedene gradove uzet ćemo srednju dnevnu ozračenost prema jugu nagnute plohe pod kutom od 30° i azimutom 0°

Dobivena električna energija iz fotonaponskog sustava nazivne snage 10 kW_p

grad	upadna energija sunčeva zračenja na nagnute module, E_Z , kWh/m ²	dobivena energija iz fotonaponskih modula, E_{FN} , kWh	dobivena el. energija iz fotonaponskog sustava, E_{st} , kWh	specifična godišnja proizvedena el. energija kWh/kW _p
Zagreb	1 370	14 248	11 398	1 140
Split	1 720	17 888	14 310	1 431

Povrat investicije u fotonaponski sustav instaliran u Zagrebu

Godišnja naknada za isporučenu električnu energiju u elektroenergetsku mrežu:

$$11\,398 \text{ kWh} \times 3,7718 \text{ kn/kWh} = 42\,990,98 \text{ kuna}$$

Procjena ukupne investicije: 262 500,00 kuna (3 500,00 €/kW)

Vrijeme otplate fotonaponskog a: $262\,500,00 / 42\,990,98 = 6,1$ godina

*cijena električne energije iz sunčane elektrane (FN sustava instalirane snage do 10 kW u 2010. godini) Ugovor o otkupu električne energije sklapa se na razdoblje od 12 godi

Povrat investicije u fotonaponski sustav instaliran u Splitu

Godišnja naknada za isporučenu električnu energiju u elektroenergetsku mrežu:

$$14\,310 \text{ kWh} \times 3,7718 \text{ kn/kWh} = 53\,974,46 \text{ kuna}$$

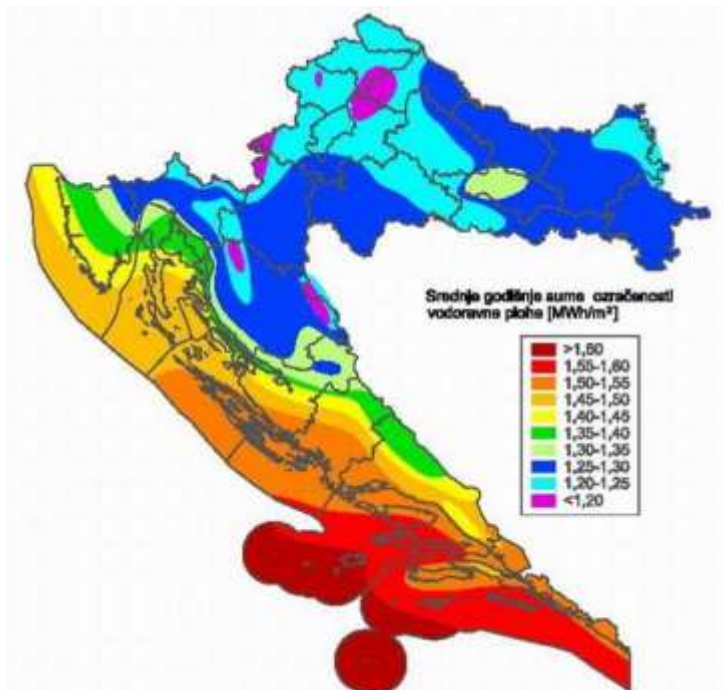
Procjena ukupne investicije: 262 500,00 kuna (3 500,00 €/kW)

Vrijeme otplate fotonaponskog sustava: $262\,500,00 / 53\,974,46 = 4,8$ godina

*cijena električne energije iz sunčane elektrane (fotonaponskoga sustava) instalirane uključivo 10 kW u 2010. godini

Potencijali Hrvatske

Zahvaljujući zemljopisnom položaju i klimatskim uvjetima Hrvatska ima brojne i posve neiskorištene potencijale za primjenu primarne Sunčeve energije.



Mapa ozračenosti Hrvatske

Sunce svaki dan na površinu Hrvatske dozračuje energiju oko 200 TWh, što je točno dvostruko više od sveukupne potrošnje primarne energije .

Teoretski: Samo 1,37 % ukupne površine Hrvatske je dovoljno za pokrivanje njezine sadašnje cjelokupne godišnje potrošnje energije (ukupna površina Hrvatske je 56.538 km²).

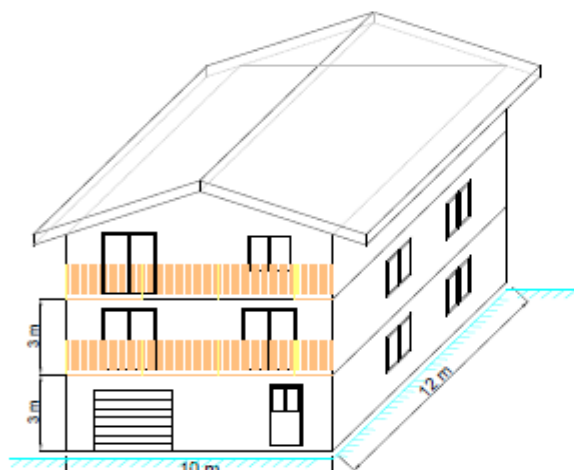
Praktično: Samo 1,37 % ukupne površine Hrvatske je dovoljno za pokrivanje njezine sadašnje cjelokupne godišnje potrošnje energije (pod pretpostavkom da je učinkovitost solarnih sustava samo 10 %; fotonaponi-12,5%; toplinski-50%). Oko 1/3 svih kućanstava Hrvatske nalazi se u priobalju, zaobalju i na otocima gdje je već danas ekonomski isplativa i opravdana zamjena fosilnih goriva Sunčevom energijom, posebice za sve niskotemperaturne primjene:

- pripremu potrošne tople vode
- grijanje prostora
- grijanje bazena
- grijanje staklenika
- sušare
- desalinizacija
- hlađenje prostora

Perspektiva za primjenu Sunčeve energije u Hrvatskoj su hibridne solarne toplane (na sunčevu energiju i plin) – područno grijanje i hlađenje. Fotonaponski sustavi mogu osigurati potrebne količine električne energije, pogotovo za ruralna područja i udaljenih objekata .

Primjer 1 – Proračun energetske uštede kod ugradnje sunčanog sustava prema HRN EN 15316-4-3

Primjer rada optimiziranog sunčanog sustava za pripremu PTV-a i grijanje prostora instaliranog u niskoenergetskoj kući. Kriterij optimizacije je minimalno vrijeme povrata investicije. Proračun je napravljen prema metodi koja se temelji na tzv. *f*-chart metodi. Također, napravljena je usporedba potrošnje energije u identičnom objektu u koji nije ugrađen sunčani sustav..



Podaci o objektu:

- broj etaža 3
- visina etaže 3 m
- korisna površina 270 m²
- oplošje 640 m²
- obujam grijanog dijela zgrade 870 m³
- udio prozora 0,2
- centralna kotlovnica u prizemlju
- broj osoba 10

Ulazni podaci za proračun sunčanog sustava

Lokacija	Zagreb	
Tip objekta	Obiteljska kuća	
A_k	270	m ²
$Q_{H,nd}$	27	kWh/m ² a
Tip grijanja	Podno+zračno	
Temp.sustava grijanja	40	°C
Potrošnja vode za 10 osoba temp. 60°C (45°C)	347 (495)	Lit/d
Volumen spremnika	750	Lit
Vol.dogrij.dijela	200	Lit
Spremnik u grijanom dijelu kuće	DA	
Cijevi izolirane	DA	
Neiskorišteni topl. gubici distribucije	15,5	%
Tip kotla:	Niskotemp. 15 kW	
Neiskorišteni topl. gubici kotla	277	W
Tip kolektora	Pločasti	
Površina kolektora	13,3	m ²
Nagib kolektora	40	°

REZULTATI

Potreba za toplinskom energijom analizirane kuće s i bez instaliranog sunčanog sustava

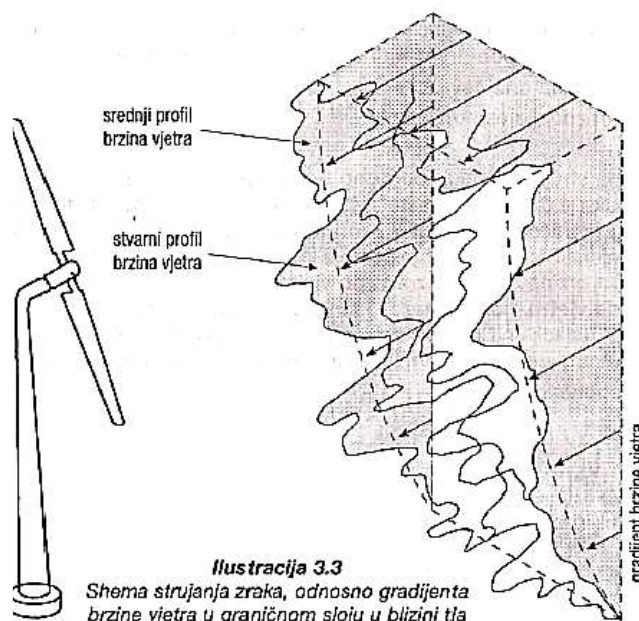
		bez sun.sustava	
$Q_{H,nd} + Q_W$ (toplinska potreba)	14717	14717	kWh/a
Rasvjeta	5213	5213	kWh/a
Iskorištena Sunčeva energija	6488		kWh/a
Ušteda na topl. gubicima kotla	974		kWh/a
Ušteda na en. za pogon pumpe	26		kWh/a
Ukupna isporučena energija (grijanje, PTV, hlađenje, rasvjeta)	21810	29298	kWh/a
Ukupna primarna energija (grijanje, PTV, hlađenje, rasvjeta)	44613	52900	kWh/a
Udio obnovljive en. u ($Q_{H,nd} + Q_W$)	44		%
* e_p (grij.&PTV)	1,63	2,19	

Potreba za toplinskom energijom analizirane kuće s i bez instaliranog sunčanog sustava

			bez sun.sustava	
$Q_{H,nd}+Q_W$ (toplinska potreba)		14717	14717	kWh/a
Rasvjeta		5213	5213	kWh/a
Iskorištena Sunčeva energija		6488		kWh/a
Ušteda na topl. gubicima kotla		974		kWh/a
Ušteda na en. za pogon pumpe		26		kWh/a
Ukupna isporučena energija (grijanje, PTV, hlađenje, rasvjeta)		21810	29298	kWh/a
Ukupna primarna energija (grijanje, PTV, hlađenje, rasvjeta)		44613	52900	kWh/a
Udio obnovljive en. u ($Q_{H,nd}+Q_W$)		44		%
* e_p (grij.&PTV)		1,63	2,19	

VJETROTURBINE

Vjetroturbina služi za transformaciju energije vjetra u mehaničku energiju. Prije instaliranja svake vjetroturbine, potrebno je provesti mjerenja brzine vjetra tijekom najmanje jedne a često i više godina, i to na raznim visinama od tla, s obzirom na to da se brzina vjetra povećava s udaljenošću od tla. Brzina strujanja zraka, odnosno brzina vjetra uz samu površinu tla jednaka je nuli i ubrzano raste s visinom.



Ilustracija 3.3
Shema strujanja zraka, odnosno gradijenta brzine vjetra u graničnom sloju u blizini tla

Danas se za pretvorbu energije vjetra u električnu najčešće koriste vjetroturbine s horizontalnom osi nominalne snage u prosjeku do 1 MW i promjera rotora do 60 m, s jednom, dvije ili tri lopatice. Takve se vjetroturbine obično uključuju u rad pri brzinama vjetra od 5 m/s te postižu svoju maksimalnu snagu kod brzina 12-14 m/s koja se potom regulacijom održava konstantnom sve do brzina 30 m/s kada dolazi do zaustavljanja rotora radi sprječavanja oštećenja. Iz tih se razloga ne može iskoristiti sav energetske potencijal vjetra, pa tako niti onda kad primjerice bura puše brzinom većom od 30 m/s (108 km/h).

Turbine s osi okomitom na smjer vjetra, a čiji rad ne ovisi o smjeru vjetra, nisu još zaživjele u praksi zbog tehničkih problema (rezonancije konstrukcije, montaže velikih lopatica i dr.). Efikasnosti vjetroturbina s horizontalnom osi kreću se oko 30%, a cijena instalacije oko 700-1100 EUR/kW za vjetroturbine srednje snage (30- 1500 kW). Novije vjetroturbine imaju raspon snage od 600 kW pa sve do 5 MW. U područjima gdje su vjetrovi snažniji i učestaliji, poput primjerice priobalja i mjesta velike nadmorske visine, preporučljiva su za izgradnju vjetroparkova. Budući da brzina vjetra nije konstantna, proizvedena energija vjetroparka, tijekom godine nije nikad u veličinama kao zbroj nazivnih vrijednosti generatora pomnoženih sa brojem radnih sati. Smatra se da je dugoročni tehnički

potencijal energije vjetra zapravo pet puta veći od konačne svjetske proizvodnje energije, tj. da je 40 puta veći od trenutne potražnje za energijom .

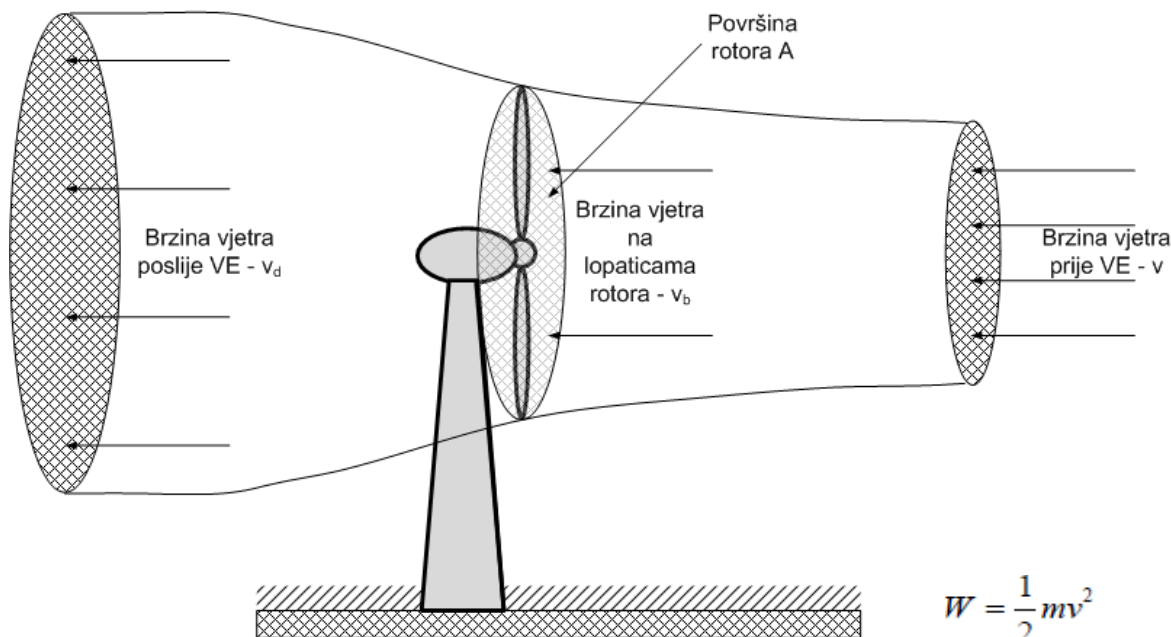
Nasuprot srednjim i velikim vjetroturbinama (>1500 kW) pogodnim za priključak na električnu mrežu, za inidividulane objekte i područja bez električne mreže prikladnije su male vjetroturbine snage do 30 kW čija je specifična cijena proizvedene električne energije veća nego kod srednjih i velikih vjetroturbina, no daleko su jednostavnije i jeftinije za ugradnju. Najveći broj instaliranih malih vjetroturbina snage je do 100 W i koriste se uglavnom u vikendicama, farmama, udaljenim naseljima, svjetionicima, brodovima. Njima se generira istosmjerna struja te je, slično kao i kod fotonaponskih sustava, potrebno imati bateriju s regulatorom punjenja i po potrebi pretvarač u izmjeničnu struju . Često se male vjetroturbine nadopunjuju u radu s fotonaponskim ćelijama.

2008. godine u EU su najviše instaliranih kapaciteta vjetroelektrana imale Njemačka (23,9 GW), Španjolska (16,7 GW), Italija (3,7 GW), Francuska (3,4 GW), V.Britanija (3,24 GW) i Danska (3,18 GW) . Danska tako danas pokriva 21% svih potreba za el. energijom iz svojih vjetroelektrana, Poslije hidroenergije, energija vjetra predstavlja najznačajniji obnovljivi izvor za proizvodnju el. energije, tako da se u EU iz vjetroelektrana ukupne snage 65 GW trenutno pokriva 4,2% ukupnih potreba za el. energijom a do 2020. g., planira se sa 180 GW pokriti oko 12% predviđenih potreba za el. energijom. U R. Hrvatskoj iskorištavanje energije vjetra je na vrlo niskoj razini, a određeni pomaci učinjeni su instaliranjem vjetroelektrana na Pagu (6 MW, proizvede 15 000 MWh godišnje), na brdima Trtar-Krtolin (11,2 MW, proizvede 32 000 MWh godišnje - dovoljno za opskrbu 10 000 domaćinstava) i Orlice (9,6 MW) iznad Šibenika te Vrataruše iznad Senja (42 MW), pri čemu postoje planovi za instalaciju više od 200 MW novih kapaciteta uskoro.

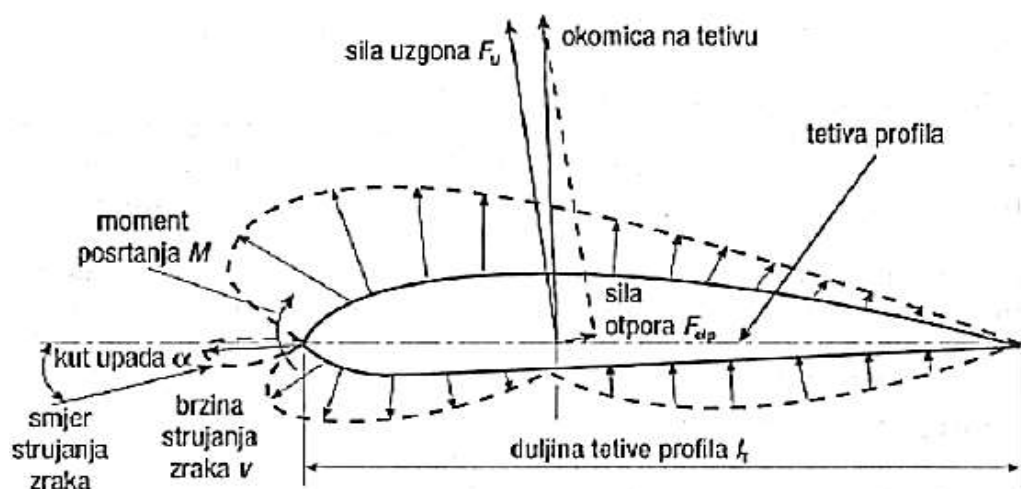
Vjetroatregati

Vjetroatregati se koriste za dobivanje električne energije iz snage vjetra. Oni pretvaraju kinetičku energiju vjetra u mehaničku energiju, a zatim preko električnih generatora u električnu energiju. Dije se na horizontalne i vertikalne, prema osi vrtnje. Mali vjetroatregati mogu se ugraditi na krov svake kuće i proizvoditi električnu energiju, a posebice su zanimljivi za uporabu na otocima i mjestima gdje nema postavljene energetske mreže. Jedna od osnovnih značajki sustava je ta da se mogu kombinirati i sa drugim izvorima obnovljivih energija.

Snaga i energija vjetra i vjetroelektrane



Do okretanja rotora vjetroturbine dolazi usred djelovanja aerodinamičkih sila na lopatice rotora. Lopatice rotora su u današnje vrijeme oblikovane poput avionskog krila. Pri tome se sila uzgona i otpor na lopaticama rotora pretvaraju u tangencijalnu silu koja stvara okretni moment vratila i aksijalnu silu u ležajevima. Okretni moment služi za obavljanje korisnog rada, dok aksijalna sila teži prevrtanju cijelog sustava (zahtjeva dobro temeljenje vjetrogeneratora).



Broj okretaja rotora se regulira aerodinamičkim kočenjem. Takvo kočenje se ostvaruje odabirom odgovarajućeg kuta lopatice s obzirom na vjetar. Postoji i radna disk kočnica koja laganim kočenjem regulira broj okretaja rotora kao ispomoc aerodinamičkom kočenju.

Izračun energije

Za procjenu proizvodnje energije vjetroelektrane potrebno je procijeniti dugoročno ponašanje vjetra i njegove brzine na lokaciji i na visini na kojoj se nalaze vjetroagregati. Potrebno je procijeniti i gubitke zbog zavjetrine.... Energija vjetra je kinetička energija ovisna o kvadratu brzine vjetra: Vjetroturbina dobiva ulaznu snagu pretvaranjem sile vjetra u okretnu silu koja djeluje na elise rotora. Količina energije koju vjetar prenosi na rotor ovisi o površini kruga koji čini rotor u vrtnji, brzini vjetra, gustoći zraka i aerodinamici lopatica.

Maksimalna teorijska energija vjetra računa se nadalje kao

$$W = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\rho Vv^2 = \frac{1}{2}\rho Av^3 = 0,625Av^3$$

- ρ – gustoća zraka (približno 1,25 kg/m³)
- A – površina rotora vjetroeletre (volumen $V = A \cdot v$)
- v – brzina vjetra

Dakle, maksimalna teorijska energija vjetra ovisi o brzini vjetra na treću potenciju.

Ukupna kinetička energija zraka ne može se sva iskoristiti, jer zrak mora dalje strujati da bi načinio mjesta onome koji dolazi, pa je moguće iskoristiti samo dio energije.

Maksimalnu snagu koja se može dobiti pogonom pomoću vjetroturbine iz konstrukcijskih razloga iznosi 16/27 od teoretske maksimalne moguće snage vjetra. Uzmemo li u obzir i maksimalni stupanj djelovanja zračne turbine je 0.65, te stupanj djelovanja generatora 0.8, za maksimalnu energiju vjetroeletre vrijedi:

$$W = 16/27 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,625 \cdot A \cdot v^3$$

$$W = 0,193 \cdot A \cdot v^3$$

Teorijski dakle, iskoristi se samo 31% (0,193/0,625) kinetičke energije vjetra za proizvodnju električne energije u vjetroeletranama. Često se za proračun energije umjesto površine uvrštava

promjer (D) turbine: $W = 0,152 \cdot D^2 \cdot v^3 \cdot 10^{-3}$

Nažalost, dio ukupne kinetičke energije vjetra je neiskoristiv jer vjetar mora nastaviti strujanje kako bi omogućio dolazak vjetru iza sebe. To je tzv. **Betzov zakon**, a matematički se prikazuje stupnjem aerodinamičke pretvorbe koji je jednak omjeru snage na vratilu vjetroatregata i raspoložive snage u slobodnoj struji vjetra:

$$c_p = \frac{P_t}{P_v} = \frac{P_t}{\frac{1}{2} \rho v^3}$$

$$P_{t,max} = 0,593 \cdot \frac{\rho v^3}{2}$$

gdje je c_p **stupanj aerodinamičke pretvorbe** ($\approx 0,45$ za moderne vjetroturbine, a na nekim turbinama ide sve do 0,50), a P_t je transformirana snaga.

Poznavanje brzine vjetra ima osnovnu važnost za ocjenu mogućnosti iskorištavanja vjetra u energetske svrhe. Brzina vjetra je jako promjenjiva, pa je stoga potrebno mjeriti brzinu vjetra kako bi se mogle odrediti krivulje frekvencija (statistika vjetra). Budući da je snaga vjetra, pa tako i snaga vjetroeletre, ovisna o trećoj potenciji brzine vjetra stoga čak i mala promjena brzine vjetra može biti značajna. Također s porastom visine raste i brzina vjetra. Zbog toga se vjetroturbine postavljaju na visoke stupove. Izraz koji se često koristi za opisivanje promjene brzine vjetra s promjenom visine

$$v = v_0 \left(\frac{H}{H_0} \right)^\alpha$$

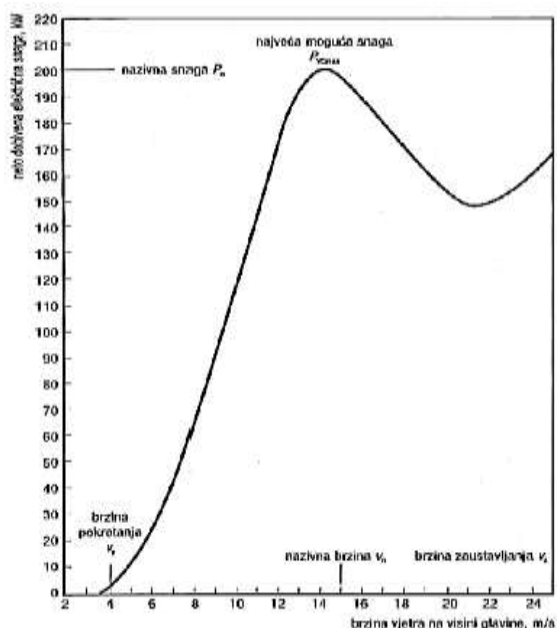
v – brzina vjetra [m/s] na visini H [m]

v_0 – referentna brzina vjetra [m/s] na visini H_0 (najčešće je to visina od 10 m)

α – koeficijent trenja koji ovisi o površini terena na kojoj se mjeri brzina vjetra.

Vrijednosti koeficijenta trenja za pojedine vrste terena

Karakteristika terena	Koeficijent trenja α
Glatki ravni teren, mirna voda	0,10
Tereni visokom travom na ravnoj površini	0,15
Tereni s visokim usjevima, živicama i grmljem	0,20
Pošumljeni krajolici s gustim drvećem	0,25
Mali gradovi s drvećem i grmljem	0,30
Veliki gradovi s visokim zgradama	0,40



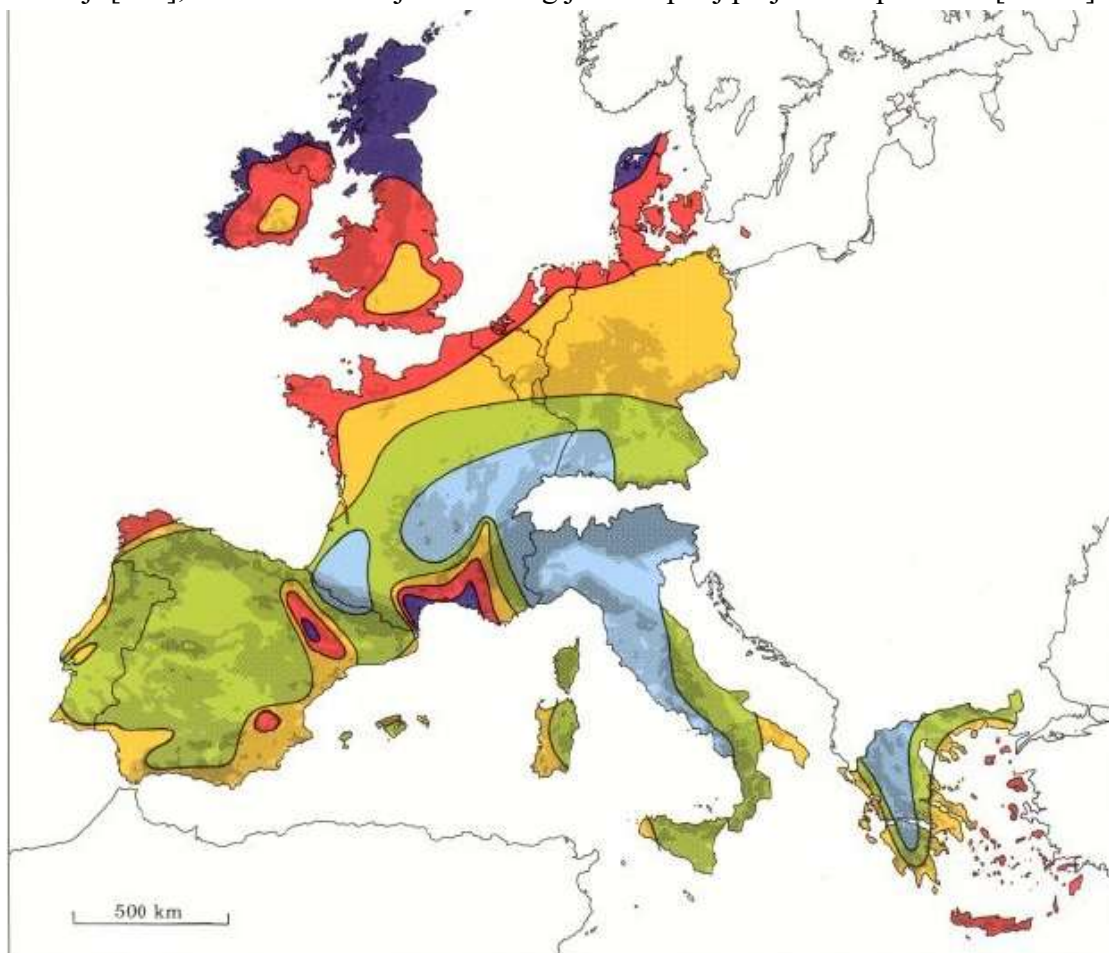
Krivulja snage pokazuje ovisnost neto dobivene električne snage iz vjetroturbine o brzini vjetra na visini glavine (osi rotora).

Stupanj djelovanja vjetroturbine je omjer izlazne (dobivene) električne snage i kinetičke energije vjetra koji struji kroz površinu koju opisuju lopatice rotora.

$$\eta_{vt} = P_{el} / P_{vj} \cdot A$$

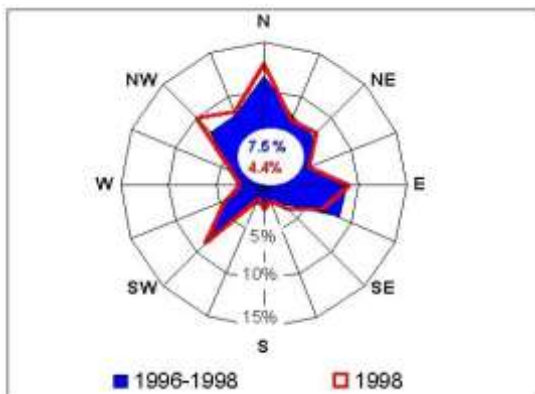
Statistika vjetra

Atlas vjetra daje podatke o prosječnim (očekivanim, srednjim) brzinama vjetra na promatranoj lokaciji [m/s], kao i očekivanoj snazi energije dostupnoj po jedinici površine [W/m²].



Wind resources¹ at 50 metres above ground level for five different topographic conditions

	Sheltered terrain ²		Open plain ³		At a sea coast ⁴		Open sea ⁵		Hills and ridges ⁶	
	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²	m s ⁻¹	Wm ⁻²
	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400



Ruža vjetrova– razdioba vjerojatnosti pojave (kontingencije) vjetra određen brzine u određenom smjeru nastala mjerenjima i/ili korelacijom na određenoj mikrolokaciji)

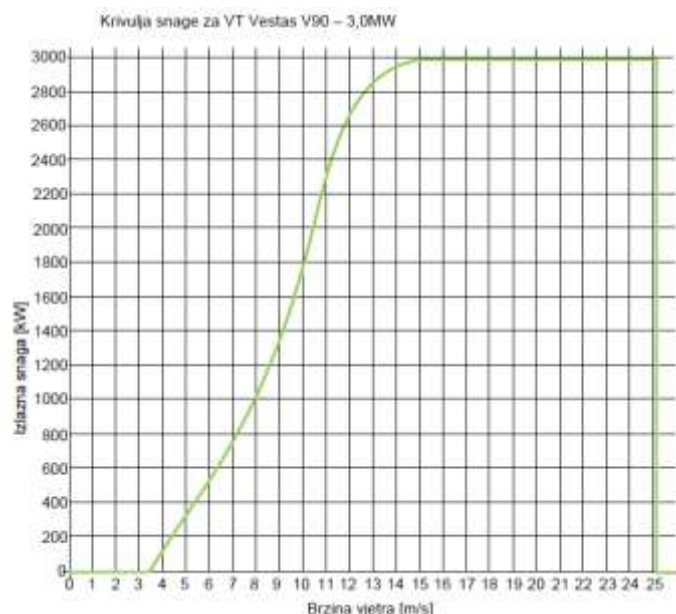
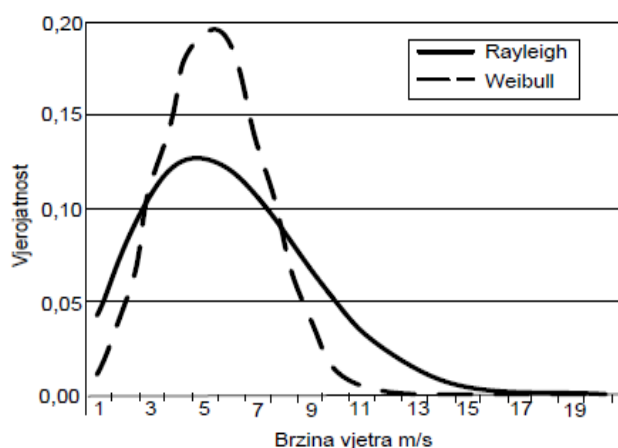
Primjer za Splitsku zračnu luku

Razdiobe brzine vjetra

Za opisivanje brzine vjetra isprobane su brojne razdiobe, no samo su dvije u uporabi za opis brzine vjetra. To su Weibullova i Rayleighova razdioba. Ove razdiobe daju slabiju procjenu na snage za manje srednje brzine vjetra.

Rayleighova razdioba je jednostavnija jer ovisi samo o jednom parametru tj. o srednjoj brzini.

Weibullovom funkcijom daje se vjerojatnost pojave pojedinih brzina vjetra tijekom nekog perioda.



S promjenom brzine vjetra mijenja se i obujam energije vjetra. Graf koji nam pokazuje koliku će snagu i kako razviti turbina na različitim brzinama vjetra je krivulja snage.

Koliko se energije vjetra pretvori u električnu energiju govori nam koeficijent snage. Efikasnost turbina je malo veća od 20%, ali ipak se ona mijenja s promjenom brzine vjetra.

Projektiranje vjetroelektrana

Razvoj svake vjetroelektrane počinje odabirom lokacije za izgradnju - izvidom na terenu. Nakon toga se na osnovu tehničkih, ekonomskih i ekoloških ograničenja odabire najpovoljnija lokacija. Početna tehnička analiza uključuje procjenu vjetropotencijala na određenoj lokaciji. Također se provjerava da li je tehnički i ekonomski moguć priključak s određene lokacije na prienosnu ili razdjelnu mrežu. Proučavaju se i pristupni putevi, vlasnička prava i utjecaj na okolinu (posebna mjesta kao što su nacionalni parkovi ili vizualni utjecaj, blizina naselja, flora i fauna na lokaciji, arheološko ili povijesno nasljeđe, rekreacijska zbivanja u području, blizina zračnih luka itd.).

U drugoj fazi detaljnije se proučavaju tehnički zahtjevi, posebno se točnije mjeri vjetar na samoj lokaciji, da bi se odredila moguća količina proizvodnje energije i ekonomska isplativost. Provjerava se potreba za gradnjom dodatnih pristupnih cesta, kao i sve prepreke na koje se može naići pri

gradnji. Treća faza nastupa samo ako su prva i druga pokazale da je predložena elektrana ekonomski isplativa i ekološki i tehnički izvodiva. Definira se željeni izgled i smještaj vjetroagregata na lokaciji. Nakon toga je četvrta faza - pristupa se izgradnji. Ove smjernice se odnose na obalne (kopnene), tako i na priobalne vjetroelektrane

Utjecaj terena na izbor lokacije

Na većini mjesta na svijetu danju je vjetrovitije nego noću. Vjetar je mnogo turbulentniji danju i češće mijenja smjer. Veća proizvodnja danju je prednost jer je i potrošnja danju veća. Snažne oluje često su popraćene čestim udarima vjetra koji naglo mijenjaju smjer i brzinu vjetra.

Kopno -U nižim slojevima atmosfere trenje o površinu zemlje jako utječe na brzinu vjetra.

Primjerice šume i veliki gradovi, logično će više usporiti vjetar, dok će velike betonske površine tek neznatno utjecati na brzinu vjetra. Vodene površine su još više ugađenije od betonskih imaju još manji utjecaj, dok visoka trava i grmlje imaju znatan utjecaj na brzinu vjetra.

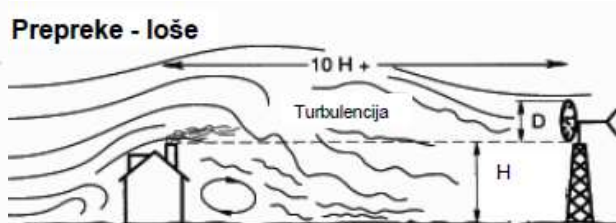
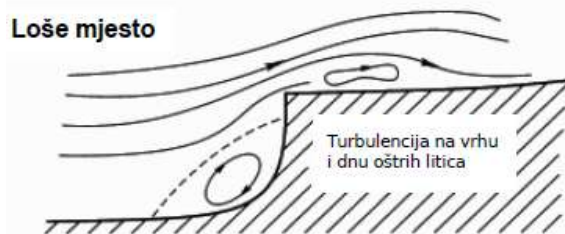
Utjecaj terena na izbor lokacije- Na vjetrovitoj strani zgrada ili planina, zrak se komprimira i njegova se brzina između prepreka znatno povećava. Ta je pojava znana kao „**efekt tunela**“. Tunnel bi trebao biti što pravilniji.

Vjetro turbine su udaljene između 5 do 9 dužina promjera rotora u smjeru dolaska vjetra. Gubitak energije zbog zavjetrine koje stvaraju jedna drugoj iznosi negdje oko 5 %, no iskoristivost zemljišta i cijena spajanja turbina na električnu mrežu, traže da ih smjestimo što bliže.



Mjesto postavljanja vjetro turbine promjera (D) mora biti daleko od prepreka najmanje 10x visina prepreke (H) ili je potrebno postavljanje visokih stupova.

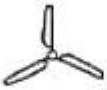
Dobra lokacija za zračne turbine je duž obale.

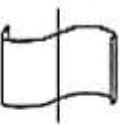


Kategorija vjetro turbine	Nazivna snaga
Mikro	do 1 kW
Mini	1 - 10 kW
Male	10 - 100 kW
Srednje	100 - 1000 kW
Velike	1 - 10 MW

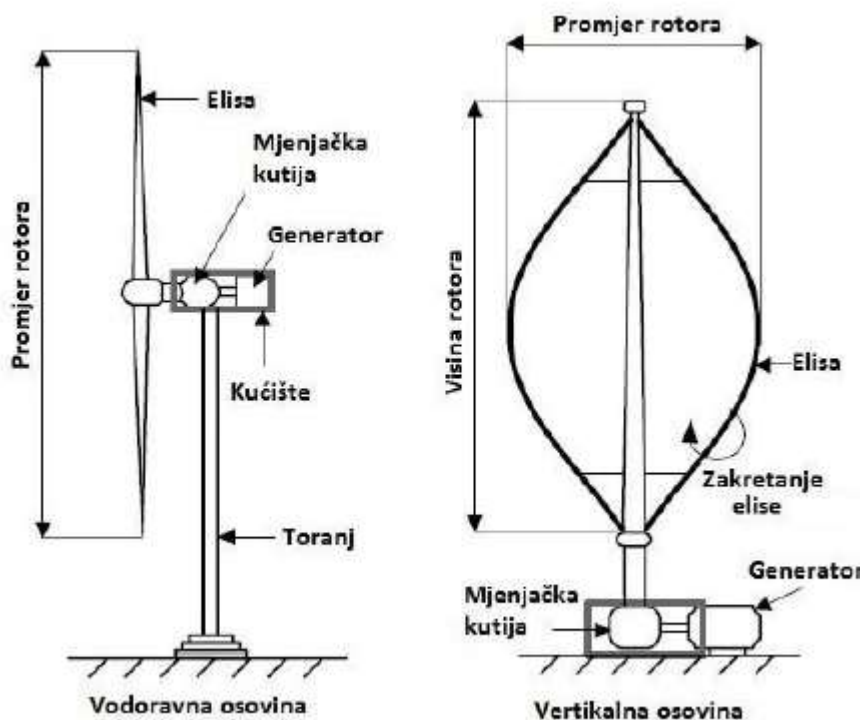
Podjela vjetroelektrana i dijelovi vjetroelektrana

Općenito postoje dva tipa vjetroelektrana, odnosno može ih se podijeliti prema položaju osi vrtnje, a to su vjetroelektrane s okomitim i vodoravnim smjerom vrtnje.

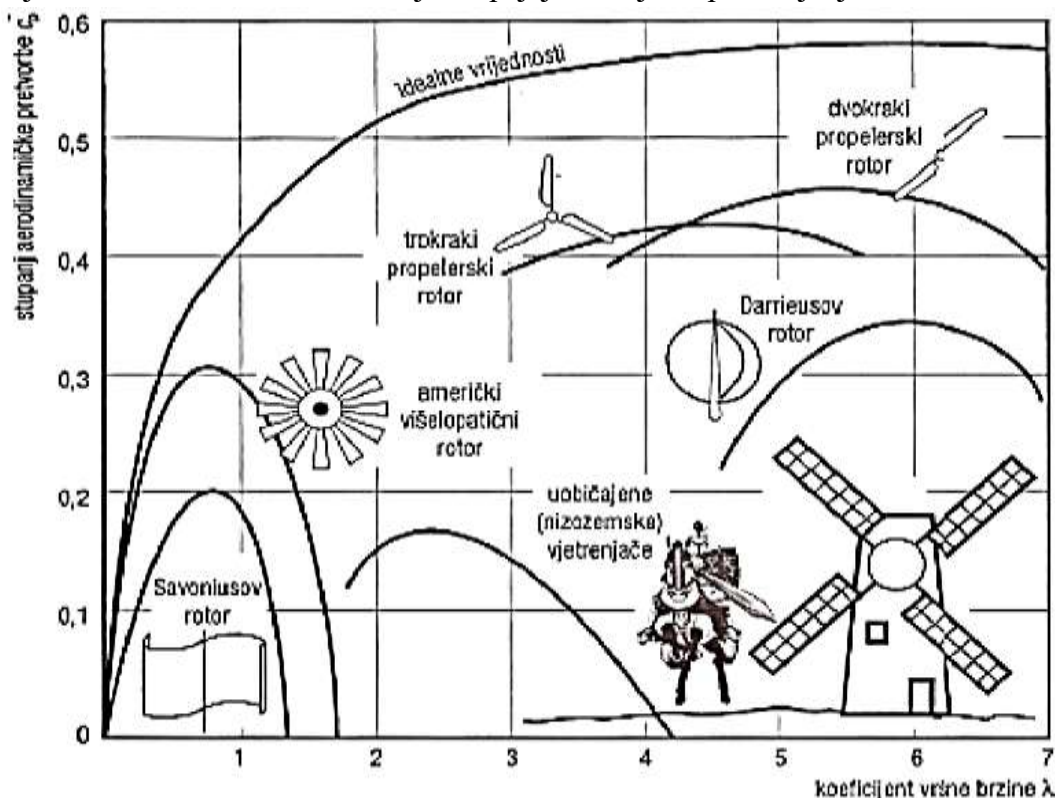
vrsta rotora	izgled	aerodinamičko djelovanje	os vrtnje vrtila	brzina vrtnje rotora	okretni moment	stupanj aerodinamičke pretvorbe C_p	načeošća primjena
propelerski	dvokraki 	uzgonsko	vodoravna	velika	mali	0,42	VE
	trokraki 						
Darrieusov		uzgonsko	okomita	velika	mali	0,40	VE
višeložastični		uzgonsko	vodoravna	umjerena	umjeren	0,35	VE i crpke

s jedrima		uzgonsko	vodoravna	umjerena	umjeren	0,35	VE i crpke
ventilatorski		otporno	vodoravna	mala	velik	0,3	VE i crpke
Savoniusov		otporno	okomita	mala	velik	0,15	crpke
rizazemski		otporno	vodoravna	mala	velik	0,17	crpka i mlinski

Obično vjetroelektrane imaju vodoravno postavljenu os vrtnje i zbog toga se nazivaju vjetroelektrana s vodoravnim osi ili VSHO (eng. HAWT). Vjetroelektrane s okomitom rotorom manje su poznate i rjeđe se koriste i nazivaju se vjetroelektrane s okomitom osi vrtnje ili VSVO (eng. VAWT). Na slici 13. prikazane su vjetroelektrana s okomitom i vjetroelektrana s vodoravnom osi.



Vjetroelektrane s okomitim rotorom se rjeđe koriste. Većina vjetroturbin sa vodoravnom osovinom koriste mehanizam koji pomoću elektromotora i prijenosa drži turbinu zakrenutu prema smjeru dolaska vjetra. Velike zračne turbine se izgrade sa okruglim čeličnim tornjevima, koji se proizvode u dijelovima od 20 – 30 metara koji se spajaju na mjestu postavljanja turbine.



Sobzirom na mjesto postavljanja vjetroelektrane se dijele na one na kopnu i one na morskoj pučini. S obzirom na nazivnu električnu energiju tj. snagu uobičajena je podjela na mikrovjetroelektrane (do 3 kW) na male (3 do 30 kW), srednje i velike (30 do 600 kW), velike (>600 kW)

Male se koriste obično na dalekim izoliranim mjestima Vjetroelektrane srednje i velike snage obično rade na mreži, kao samostalne ili u grupi (vjetroparkovi). One instalirane snage veće od 650 kW

danas su su komercijalne i proizvode se u velikim serijama. Vjetroelektrane na pučini mogu imati instaliranu snagu i do nekoliko stotina MW, trenutno su u razvoju, a glavna zapreka je velika cijena postolja.

Osnovni dijelovi vjetroelektrana

U osnovne dijelove vjetroturbine ubrajaju se:

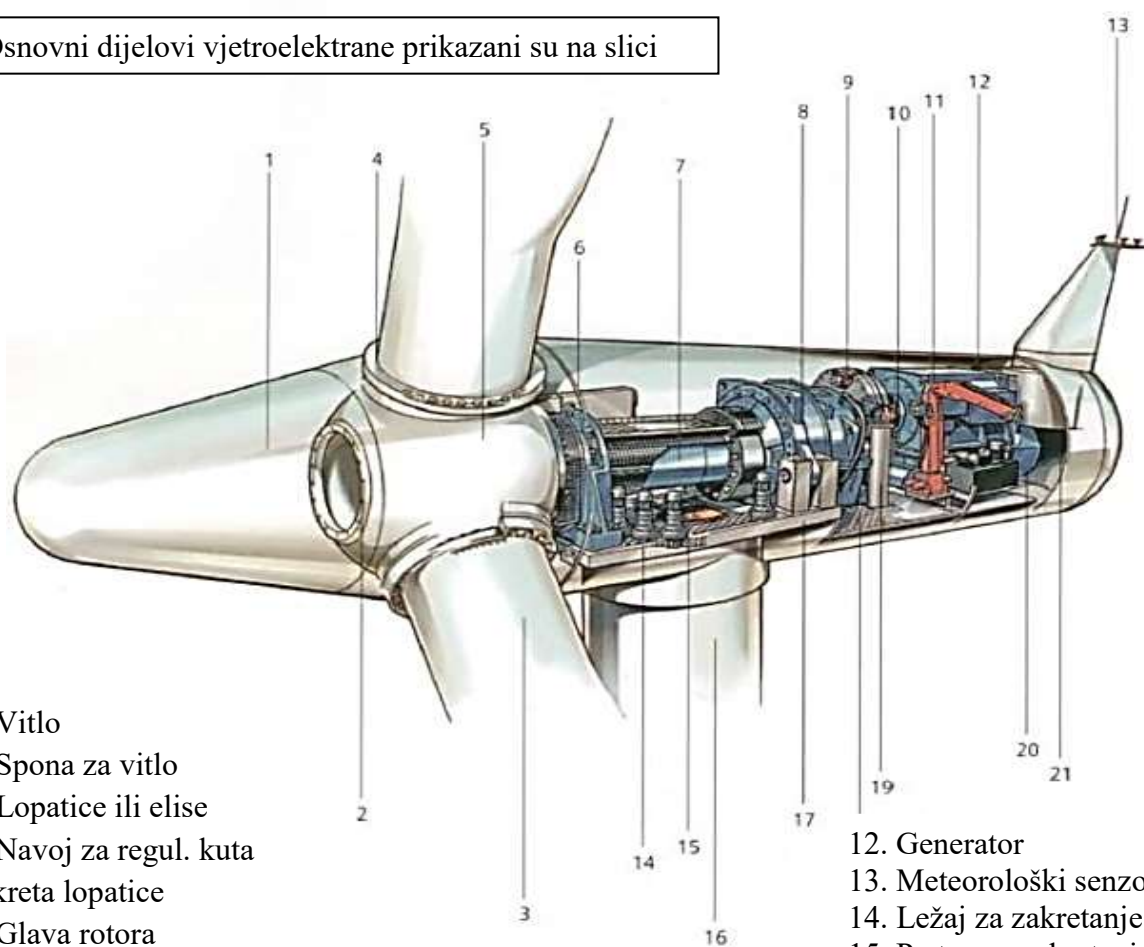
- rotor vjetroturbine (lopaticice i vratilo; do 100 min⁻¹)
- vrtila s prijenosnikom (1:30 do 1:50; preko 1500 min⁻¹)
- električni generator i ostali dijelovi električnog sustava do spoja na mrežu
- regulacijski sustavi (aerodinamičko i zračno kočenje, zakretanje kućišta, nadzor, komunikacija)
- stup i temelj

Rotor može biti s promjenjivom i s konstantnom bzinom vrtnje (prikladniji u vjetroelektranama).

Postoje 2 vrste regulacije snage na rotoru:

- sa zakretanjem lopatica (tj. njihovih vrhova kako bi se smanjio kut upada i sila uzgona) i
- bez zakretanja lopatica (ugrađen kočnički sustav).

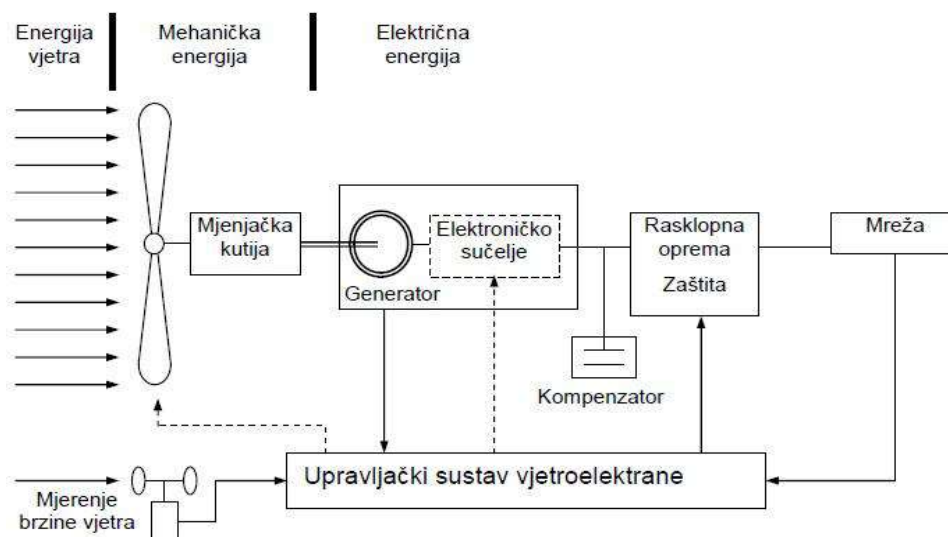
Osnovni dijelovi vjetroelektrane prikazani su na slici



1. Vitlo
2. Spona za vitlo
3. Lopaticice ili elise
4. Navoj za regul. kuta zakreta lopaticice
5. Glava rotora
6. Glavni navoj
7. Glavna osovina
8. Mjenjačka kutija
9. Diskovi kočnice
10. Spojke
11. Servisna dizalica

12. Generator
13. Meteorološki senzori
14. Ležaj za zakretanje turbine
15. Prsten za zakretanje turbine
16. Toranj
17. Nosiva platforma kućišta
18. Krovna platforma
19. Uljni filter
20. Ventilator generatora
21. Hladnjak ulja

Generatori u vjetroelektranama - shema djelovanja vjetroelektrane prikazana na slici



Ako se u obzir uzmu razina buke i vizualni efekt, izvedba s tri elise predstavlja najčešće rješenje. Pored toga, dinamikom rotora s tri kraka je najlakše upravljati. Inercijski moment trokrakog rotora prema tornju ne mijenja se tijekom okretanja. To rezultira manjim problemima uslijed oscilacija nego kod jednokrakih i dvokrakih rotora. Uz to je i optički mirniji zbog okretanja na manjoj brzini. Oko 90% vjetroturbina koje se trenutno koriste u svijetu imaju trokraki rotor. Spoj između vjetroturbine i električnog generatora ostvaren je pomoću mehaničke spojke koja uobičajeno u sebi uključuje mjenjačku kutiju s prijenosnikom pomoću kojeg se niža brzina vrtnje rotora vjetroturbine prilagođava višoj brzini vrtnje rotora generatora. Da bi se kinetička energija rotora uz pomoć generatora pretvorila u električnu, bila bi potrebna brzina rotora od 1 500 okretaja u minuti (rpm). Budući da se rotor okreće brzinom od 30-50 rpm, potrebna je upotreba prijenosnika. Smprijenosnikom se pretvara spora rotirajuća sila (visokog okretnog momenta) u brzu rotaciju (niskog okretnog momenta) koja je potrebna za rad generatora. Postotak iskoristivosti energije je 98%, a gubitak energije koji nastaje uslijed trenja zupčanika prijenosnika manifestira se u obliku topline i buke.

Kriteriji priključenja vjetroelektrane na mrežu

Priključenje vjetroelektrana na elektroenergetsku mrežu je značajan problem obzirom na to da vjetroelektrane mogu bitno utjecati na stabilnost sustava i kvalitetu električne energije u mreži. Kriteriji priključenja se definiraju u obliku mrežnih pravila za vjetroelektrane (*eng. wind grid codes*). Iako se Mrežna pravila ne izrađuju na način da isključuje ili diskriminiraju određenu vrstu generatora, njihove su odredbe obično definirane imajući u vidu konvencionalne termoelektrane i hidroelektrane. Postoji mnogo tehničkih kriterija priključenja vjetroelektrana na mrežu koji se uzimaju u obzir zbog što kvalitetnije integracije vjetroelektrana u elektroenergetski sustav.

Poželjna svojstva

Obnovljivost vjetra: potpuna; Potencijal vjetra: velik je.

Teoretski iskoristiv svjetski potencijal vjetra cijeni se 1/3 sadašnje svjetske potrošnje primarne energije. Veći je od ukupnog svjetskog tehnički iskoristivog hidropotencijala koji se cijeni 1/4 sadašnje svjetske potrošnje primarne energije. Izravni pretvorba prirodnog oblika energije u električni oblik energije, stupanj djelovanja pri pretvorbi energije vjetra turboagregatima u električnu energiju: solidan (oko 34%) – manji nego kod TE I HE, ali znatno veći nego kod fotoelektrične transformacije.

Mogućnost raspršenog instaliranja: to je značajno svojstvo jer ako su instalirane na lokacijama

neposredno uz potražnju, smanjuju gubitke. Trošak pridobivanja iz izvora i trošak transporta: ne postoje, a kod elektrana na fosilno gorivo taj je trošak značajan – rudnici, eksploatacijska polja nafte i plina, prijevoz i priprema goriva. Sva ta poželjna svojstva vode tome da u Europi i svijetu naglo raste instalirana snaga vjetroelektrana.

Nepovoljna svojstva, ali svladiva...

Površinska distribucija: neravnomjerna je. Na sjeveru Europe vjetra ima više nego na jugu (omjer prosječnih brzina je oko 2:1), a lokalnu neravnomjernost uvjetuje terenska konfiguracija (blizina mora, planine, ravnica, velika šumska prostranstva).

Površinska gustoća energije: mala je. Vjetrogenerator, lociran na mjestu gdje je brzina vjetra za nazivnu snagu 20 m/s, uz godišnje trajanje od 2000 sati, ostvarivao bi godišnju proizvodnju od 3440 kilovatsati po svakom četvornom metru površine koju u vrtnji opisuje elisa.

Mogućnost izvornog transporta: ne postoji, te je nužan prijenos električne energije s mjesta moguće vjetroprirodnosti na mjesta potražnje.

Mogućnost izvornog uskladištenja: ne postoji, vjetar se mora koristiti ritmom svoga ćudljivog dotoka. Mogućnost kogeneracije (istodobne proizvodnje elektrike i topline): nemoguća je tj. moguća je u konvencionalnim termoelektranama, geotermalnim i elektranama na biomasu.

Ima li se na umu energija potrebna za proizvodnju opreme i materijala koje treba ugraditi u postrojenja onda izlazi da pojedini izvor mora neprekidno raditi neko vrijeme, da bi tek od tada postao neto-proizvođač energije. Jer treba proizvesti cement, čelik, plastiku, aluminij i razne druge materijale i pri toj proizvodnji utrošiti energiju, za betonske temelje, čelične stupove i pristupne puteve vjetroelektrana. Trajanje energetske amortizacije je za plinsko-parne elektrane oko mjesec dana (dakle za mjesec dana pogona „vrati“ energiju uloženu u njezino opremanje i gradnju), za elektrane na ugljen oko 4 mjeseca, za veliku hidroelektranu oko 14 mjeseci, za vjetroelektrane 7-16 mjeseci a za FN-elektanu 2,6-7,1 godinu.

Opterećenje okoline na mjestu transformacije vjetra u električnu energiju u vizualnom pogledu i u pogledu zauzetog tlocrta značajno je. Primjerice agregat snage 500 kW na tornjevima visine 65 metara uz promjer elise 40 metara. To je visina tornja crkve ili barem 20-katnog nebodera. Plinsko-turbinska elektrana ima snagu kao sto takvih vjetroelektranskih tornjeva: 50 MW, uz svakako manji tlocrt nego li bi ga zauzelo sto vjetroatregata, uključujući dakako i pristupne puteve tim vjetroatregatima (i trajno degradiranje zatečenog prirodnog ambijenta). Opterećenje okoline emisijom buke postoji, tako da je vjetroene farne moguće graditi samo u pustim predjelima s dovoljno vjetra ili uz puste obale, te u moru.

CO₂-neutralnost: vjetroelektrane se uzimaju kvazi-neutralnim jer iz čitavog procesnog lanca (dakle, uzevši u obzir emisiju prilikom proizvodnje opreme i materijala i potpuni izostanak emisije prilikom korištenja) emitiraju 13-22 grama ekvivalenta CO₂ po proizvedenom kilovatsatu tijekom svoga vijeka, kod FNelektrana ta je emisija oko 200 g/kWh, a termoelektrana na kameni ugljen ta je emisija oko 900 grama po svakom kilovatsatu (plinske elektrane po prilici polovina).

Utjecaj na zapošljavanje: moguć; pretpostavljajući dugoročno građenje vjetroelektranskih parkova s velikim brojem agregata – zapošljavanje većeg broja vlastitih radnika.

Podizanje pouzdanosti napajanja: praktički neostvariva, jer ovisi o vjerojatnosti da će biti vjetra i da će dotok vjetra odgovarati trenutnoj potražnji električne energije – morali bismo takvom sustavu dodati i uređaj za akumuliranje električne energije što bi ga dopunski poskupjelo.

Oscilacija prirodnog dotoka: najveća moguća – između 0% i 100%; pri premalom vjetru ili pri prevelikom vjetru, vjetroelektrana se mora obustaviti. Vjetar pripada tzv. nestalnim oblicima prirodne energije (za razliku od npr. biomase ili geotermalne energije, što su stalni oblici obnovljive energije).

Aerodinamička snaga vjetra ovisi o trećoj potenciji brzine vjetra

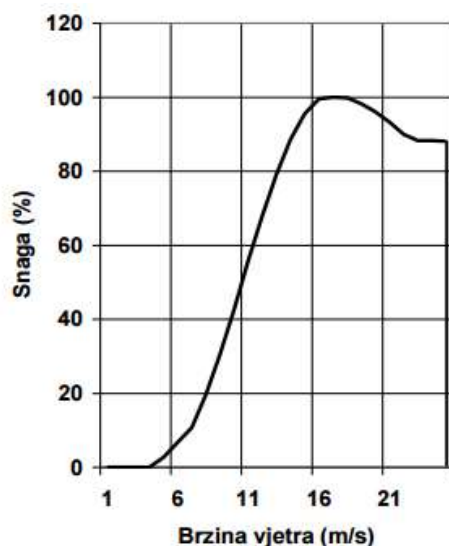
Tipično, snaga se vjetroagregata s brzinom vjetra mijenja ovako

-0 do 3 m/s, generator isključen s mreže

-veća od 3 do 13-15 m/s, snaga srazmjerna brzini vjetra na treću potenciju, promjeni li se brzina od 10 na 5 m/s, snaga padne na osminu

-veća od 15-17 do ~25 m/s, snaga je jednaka nazivnoj od 90%

-veća od ~25 m/s (90 km/h), generator isključen s mreže.



Tablica Trajanje iskorištenja raspoložive/instalirane snage sveukupno u UCTE 2008 (h/god)

Nuklearne elektrane	6910
Termoelektrane	4002
Hidroelektrane	2245
Vjetroelektrane/*	1903
Elektrane na ostale OI	3947
Sveukupno elektrane	3935

Trajanje iskorištenja instalirane snage (omjer godišnje proizvodnje i instalirane snage) doista je skromno. U svim vjetroelektranama to je trajanje bilo 1903 sati godišnje. Slikovitije: kada bi svaki peti dan vjetroelektrane radile punom snagom, četiri dana bi posve mirovale. Dakako, u stvarnim prilikama ima razdoblja u kojima one rade punom snagom, pak razdoblja kada rade smanjenom snagom i razdoblja kada doista uopće ne rade.

Dolazimo do najteže prihvatljivog svojstva – nužnost rezerve u konvencionalnom elektroenergetskom sustavu: na 1 megavat instalirane snage u vjetroelektranama treba u njemačkim prilikama držati 0,85-0,95 megavata rezerve u drugim (konvencionalnim) elektranama, dakle vjetroelektrana štedi gorivo ali traži za sebe praktički još jednu takvu elektranu u sustavu, pri čemu će stupanj iskorištenja konvencionalnih elektrana biti umanjen (dakle poskupjet će njihova proizvodnja), jer će stajati u razdobljima kada ima vjetra.

Zemlje s visokim udjelom proizvodnje u hidroelektranama i/ili vjetroelektranama imaju u pravilu vrlo visoku rezervu u raspoloživoj snazi u odnosu na vršno opterećenje. Za sve zemlje, kod kojih je udio nestalnih izvora u proizvodnji električne energije prosječno 15,7% ta je rezerva 74,2% vršnog opterećenja. U zemalja u kojima je udio nestalnih izvora znatan, ta je rezerva negdje čak veća od 100% (Austrija, Bosna i Hercegovina, Španjolska i Danska)! Mi smo imali 2008. godine znatno manju rezervu (37,2%) uz udio nestalnih izvora (hidroelektrane) od oko 30%. Zemlje s visokom izgrađenošću vjetroelektrana su Njemačka, Španjolska, Danska, Portugal.

ISPLATIVOST IZGRADNJE VJETROELEKTRANA

Troškovi i cijene

Glavni parametri u ekonomskoj procjeni energije vjetra su:

- Cijena investicije, uključujući pomoćne troškove za osnivanje, priključak na mrežu, itd.
- Troškovi rada i održavanja.
- Proizvodnja električne energije/prosječna brzina vjetra
- Životni vijek vjetroagregata (oko 120000 radnih sati, dok je stupa i temelja oko 50 g)
- Diskontna stopa (postupak izračunavanja sadašnje vrijednosti budućih novčanih iznosa)

Najbitniji parametri od svih nabrojanih su proizvodnja električne energije i cijena investicije. U zadnjih par godina u razvoju vjetroagregata su se dogodile tri važne stvari: postali su veći i viši i stoga se prosječna veličina vjetroagregata znatno povećala, efikasnost proizvodnje se stalno povećava (veći vjetroagregati na višim visinama gdje je jači vjetar), i općenito se investicijska cijena po instaliranom kW smanjila. Cijena po kW tipično se kreće između 900 €/kW do 1150 €/kW ovisno o državi i lokaciji

Rad i održavanje vjetroelektrane imaju značajan udio u ukupnim godišnjim troškovima vjetroagregata. Za nove vjetroagregate prosječni postotak je 20-25% ukupnih troškova po proizvedenom kW. Najbitniji ekonomski faktor u svakoj elektrani je koštanje energije po proizvedenom kWh i dolazi se do cijene proizvodnje od 6- 8 c€/kW za lokacije s manjom prosječnom brzinom vjetra, pa sve do 4-5 c€/kW za dobre pozicije na obalama s jačim vjetrom. U konvencionalnim elektranama s druge strane cijene proizvodnje se kreću isto oko 4-5 c€/kWh pa i više, ovisno o tome da li je riječ o ugljenu ili plinu, i ovisno o zemlji u kojoj se proizvodi.

Troškovi gradnje i cijena električne energije VE

Troškovi gradnje: veći su nego li za konvencionalne termoelektrane (uzeto po jedinici snage), no to se stalo smanjuje – utječu na to sve veće serije jednakih vjetroagregata.

Troškovi izgradnje uključuju:

- izrada potrebne investicijsko –tehničke dokumentacije
- dobivanje potrebnih dozvola (lokacijske, građevinske, uporabne i sl)
- nabava opreme i dijelova (oko 70% svih troškova gradnje)
- građevinski i zemljani radovi (priprema terena, pristupni putevi ...)
- prijevoz i postavljanje opreme
- priključenje na mrežu
- obuka osoblja za pogon i održavanje postrojenja

Današnja investicijska cijena za vjetroelektrane na kopnu je oko 800-1200 eura/kW, znatnije veća od investicijske cijene plinsko-parne termoelektrane (550-850 eura/kW). Cijena proizvedene električne energije još uvijek je nekonkurentna cijeni proizvodnje u konvencionalnim elektranama.

Za namicanje sredstava za otkup nekonvencionalne proizvodnje u Hrvatskoj svi kupci električne energije plaćaju 0,5 lipa/kWh u 2010. godini.

Na dulji rok, svakako treba računati s tim da će konvencionalna energija biti sve skuplja, zbog iscrpljivanja zaliha i sve strožih zahtjeva spram emisija u okoliš, a da će oprema za proizvodnju električne energije iz nekonvencionalnih izvora postupno postajati sve jeftinija zbog tehnoloških poboljšanja te sve masovnije i proizvodnje.

Povećani su i pogonski troškovi u sustavu (regulacijske elektrane, pomoćne usluge) Dakle za godišnju vjetroprodukciju od 1 TWh ti bi troškovi bili 1-4 milijuna eura. Troškovi dogradnje mreže zbog dogradnje vjetroelektrana ovise o udaljenosti lokacija pogodnih za vjetroprodukciju i izgrađenosti zatečene prijenosne mreže do glavnih čvorišta potrošnje, te ih je teško iskazati.

POTRIBNO JE ZA ANALIZU ISPLATIVOSTI GRADNJE VJETROELEKTRANE NAČINITI:

- Analizu i izračun investicijskih troškova **Ci**
- Vrijeme povrata uloženog novca **JPP**
- Troškove proizvodnje električne energije **Ee**

Varirat će ovisno o veličini tj. instaliranoj snazi VE i mjestu promatrane ugradnje

Određivanje ukupne cijene investicije ovisi:

- Trošku nabave opreme VE (od proizvođača)
- Trošku dopreme, carine i poreza
- Trošku osiguranja
- Trošku izgradnje prilaznog puta i izvedbe postolja
- Trošku montaže postrojenja i opreme
- Trošku spoja na distribucijsku mrežu

Kad se svi ti troškovi uzmu u obzir iznose oko 80% od ukupnih troškova nabave VE

PRIMJER

*Promatramo isplativost izgradnje VE (npr. snage 500 kW) na Jadranu i to u okolici **Splita** i na **Palagruži** Od DHZ trebaju nam podaci o brzinama vjetra i njihovom ukupnom broju sati /god*

ZA VE U SPLITU OD 500 kW ULAZNI PODACI SU

Ukupni investicijski troškovi **Ci- 5.000.000 kn**

Ukupno proizvedena el. energija **Ee= 1.500.00**

Troškovi proizvodnje električne energije **Cep**

$$Cep = (Ci * Pa) / (Ee * Pe)$$

Pa =FAKTOR AMORTIZACIJE (ODREĐEN NA OSNOVU INVESTICIJE I GOD.KAMATA

Pe = FAKTOR PORASTA CIJENE EL. ENERGIJE NA OSNOVU GOD. STOPE PORASTA CIJENE% I VREMENA AMORTIZACIJE GODINA

P = 1,....%- TROŠAK ODRŽAVANJA VE

Izračun troškova proizv.el.energije u Splitu **JPP= Ci/ Cep*Ee**

Cep.....= 0,20 kn/kWh

$$JPP = 5000000 / 300000 = 16,67 \text{ god}$$

IPAK TROŠKOVI SU VEĆI AKO SE UZME U RAZMATRANJE NIZ DRUGIH FAKTORA

- Troškovi konvencionalne rezerve (u TE ili HE)
- Pogonski troškovi rada VE (regulacija, usluge..)
- Troškovi dogradnje mreže (kod udaljenih lokacija) dosta teško utvrditi npr. kod nas iznose oko 100Eur/kW dograđene VE (u Njemačkoj 200 Eur)

Zašto, uopće, gradimo vjetroelektrane?

Koriste obnovljivi (nestalni) izvor energije solidnog potencijala, omogućuju raspršeno instaliranje, prirodni oblik energije gotovo se izravno pretvara u najplementiji oblik (električni) energije, prigušuju rast uvoza energije, ostvaruju uštedu goriva za konvencionalne elektrane i – s tim u vezi – smanjuju opterećenje okoliša stakleničkim plinovima.

Ipak, dio konvencionalnih elektrana koje trebaju biti spremne da prezumu iznenada izostalu proizvodnju vjetroelektrana, imat će manje godišnje iskorištenje i djelomice će raditi pod nepovoljnijim stupnjem djelovanja od optimalnog, te će se u njima za takav pogon utrošiti više goriva po jedinici proizvedene električne energije.

Zaključak: treba biti bogato društvo da se okrene VE (zbog nužnosti rezerve)

U HR predviđeno 1200 MW do 2020 god- trenutno smo na oko 360MW (zbog storniranja poticaja za nove VE – na snazi od početka 2014 god)

Neće li tada biti nedovoljna instalirana snaga konvencionalne rezerve, odnosno elektrana na stalne izvore energije?. Strategija je predviđjela ukupnu izgradnju elektrana od zaokruženo 4400 MW do 2020. godine (nove elektrane i zamjena onih kojima je istekao vijek trajanja), dakle puštanje u pogon 400 novih megavata svake godine! U 2020. godini predviđa se ukupna instalacija od 6200 MW, vršno opterećenje od 4767 MW, te bi rezerva bila 1433 MW (30%). Dakle, vjetroelektrane bi „pojele“ 83,7% te rezerve.....da li je to razumno!?

Vjetroelektrana 10 MW uz investicijske troškove od danas orijentacijski oko 1200 eura/kW koštala bi 12 milijuna eura ili 87,7 milijuna kuna. Uz trajanje instalirane snage od 2000 h/god, proizvela bi u 12 godina 240 milijuna kilovatsati i za toliku proizvodnju dobila bi ukupno 171 milijun kuna (po neto otkupnim cijenama iz 2010. godine – 0,711 kn/kWh. Dakle, gotovo dvostruko više nego li je uloženo;da li je to prihvatljivo!?

POJMOVNIK

Apsorberska ploča – dio sunčevog kolektora koji služi za apsorpciju sunčevog zračenja, a o njoj najviše ovisi toplinski učinak kolektora

Biomasa – obnovljivi izvor energije koji uključuje brojne proizvode biljnog podrijetla (ogrjevno drvo, grane i drveni otpad iz šumarstva, piljevina, kora i drugi ostatak iz drvne industrije, slamu, kukuruzovinu, stabljike suncokreta, ostatke pri rezidbi vinove loze i maslina, koštice višanja i kore od jabuka iz poljoprivrede), kao i proizvode životinjskog podrijetla (izmet i ostatke iz stočarstva, komunalni i industrijski otpad)

CFC – Klorofluorouglijci; To je skupina kemikalija koje sadrže klor, fluor i ugljik, a koriste se kao radne tvari u rashladnoj tehnici (npr. R11, R12), potisni plinovi za aerosole, otapala za čišćenje, te u proizvodnji pjena. Jedan su od glavnih uzroka oštećenja ozonskog omotača, a u Hrvatskoj je ugradnja u nove rashladne uređaje zabranjena od 1999, dok je uvoz zabranjen od početka 2006. godine

Dizalice topline – kompresijski uređaji koji iskorištavaju toplinu iz okoliša i pretvaraju je u korisnu toplinu za grijanje prostorija i zagrijavanje sanitarne vode uz pomoć električne energije

Efikasnost kolektora – predstavlja omjer korisne topline prikupljene kolektorom i intenziteta upadnog sunčevog zračenja na plohu kolektora

Fotonaponske ćelije – poluvodički elementi koji direktno pretvaraju energiju Sunčeva zračenja u električnu energiju, a mogu se koristiti kao samostalni ili kao dodatni izvor energije

Hidroelektrana – električne centrala koja pomoću vodenih turbina pretvaraju potencijalnu energiju vode u kinetičku i mehaničku koja se dalje koristi za pokretanje električnog generatora

Insolacija – količina energije što je prima Zemlja sa sunčevim zrakama

Kogeneracija (CHP) - proces korištenja primarne energije goriva za proizvodnju dvije vrste korisne energije od kojih je jedna toplinska a druga električna

Obnovljivi izvori energije - izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično; energija vodotoka, vjetra, Sunčeva energija, biogoriva, biomasa, bioplin, geotermalna energija, energija morskih mijena i morskih valova

Solarni kolektor – uređaj koji prikuplja sunčevu energiju za pripremu PTV-a i/ili grijanje

Vjetrogenerator – autonomna jedinica za proizvodnju električne energije iz energije vjetra koja se sastoji od vjetroturbine i generatora

Vjetroturbina – uređaj za proizvodnju električne energije iz kinetičke energije vjetra

Trigeneracija (ili poligeneracija) – istovremena proizvodnja električne, toplinske i rashladne energije