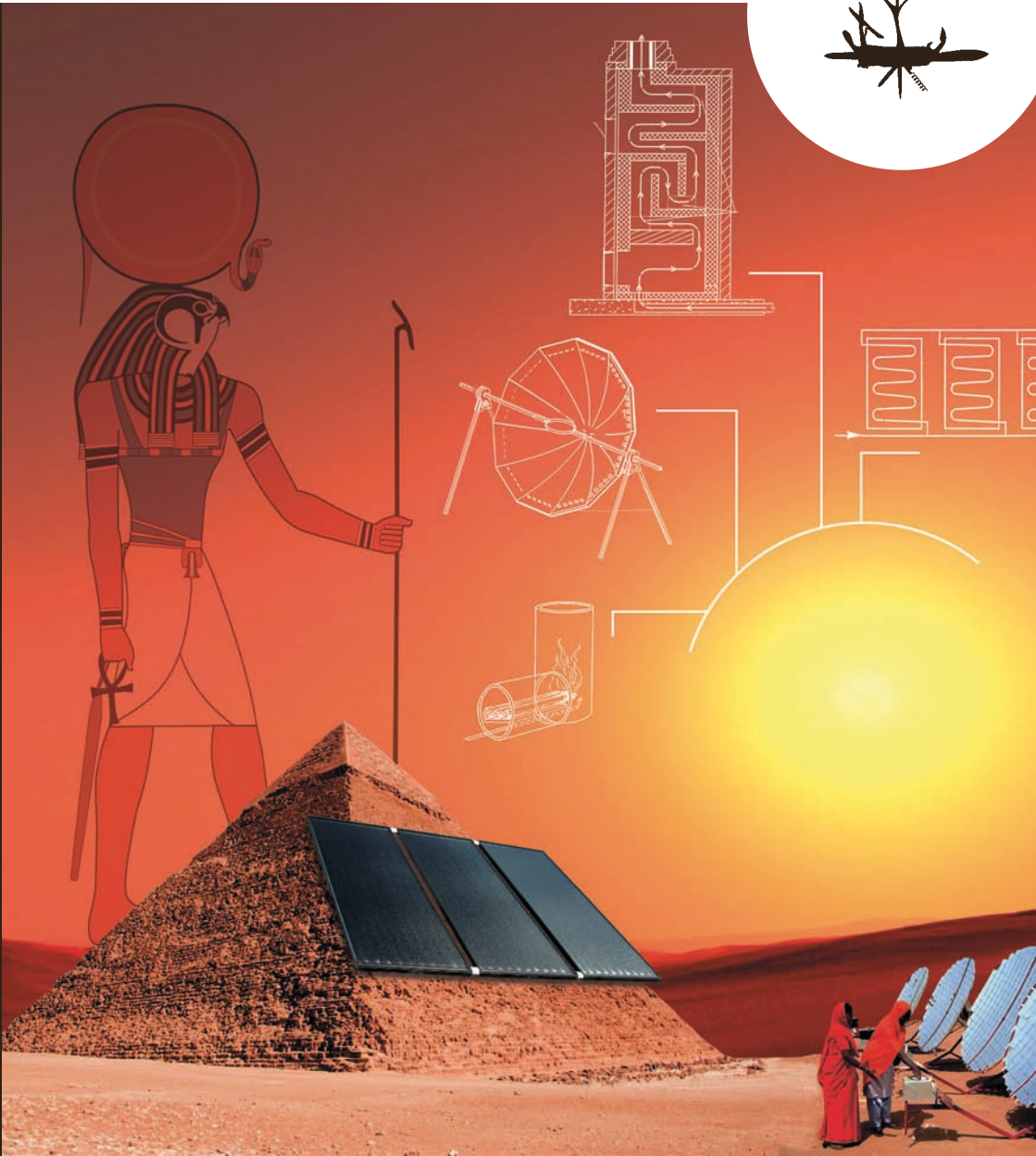


Zeleni alati



Grijemo se i kuhamo Suncem

ZELENI ALATI
Grijemo se i kuhamo Suncem





ZELENI ALATI su edicija praktičnih permakulturnih priručnika. ZELENIM ALATIMA obrađujemo različita područja održivih životnih stilova i ekoloških tehnologija jer smatramo da je najvažniji oblik socijalnog aktivizma onaj koji će ljude podučiti konkretnim znanjima, vještinama i strategijama za stvaranje boljeg svijeta.



ZELENA MREŽA AKTIVISTIČKIH GRUPA.



reciklirano imanje



**ROSA
LUXEMBURG
STIFTUNG
SOUTHEAST
EUROPE**

“Supported by
Rosa Luxemburg
Stiftung Southeast
Europe with funds
of the German
Federal Ministry
for Economic
Cooperation and
Development”.
“Free copy not for
commercial use”

ZELENI ALATI

Grijemo se i kuhamo Suncem

IZDAVAČ

Zelena mreža aktivističkih grupa (ZMAG)

ZA IZDAVAČA

Matko Šišak

AUTORI

Ivan Zoković, Bruno Motik,
Daniel Rodik, Katarina Luketina

UREDNIK

Matko Šišak

LEKTURA

Blanka Motik

RECENZIJA

Zoran Kordić, Tanja Herr, Luka Korlaet

GRAFIČKO OBLIKOVANJE

Jele Dominis i Ivan Zoković

NASLOVNICA

Bruno Motik

TISAK

Tiskara Zelina

NAKLADA

1000 kom

ISBN 978-953-98985-5-5

CIP zapis dostupan u računalnome katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 881561.

IVAN ZOKOVIĆ, BRUNO MOTIK,
DANIEL RODIK, KATARINA LUKETINA

ZELENI ALATI

Grijemo se i kuhamo Suncem

VUKOMERIĆ, LIPANJ, 2014.

Sadržaj

1. Uvod.....	7
2. Prikladne tehnologije za iskorištavanje toplinske Sunčeve energije.....	17
2.1. Općenito o Sunčevoj energiji	17
Važni pojmovi za razumijevanje parametara Sunčevog zračenja.....	18
Sunčevo zračenje u Hrvatskoj.....	21
Glavni načini primjene Sunčeve energije.....	23
2.2. Što su to pasivni i aktivni solarni sustavi te u čemu je razlika?.....	26
2.3. Korištenje Sunčeve energije za pripremanje hrane	28
Solarno kuhalo	30
Samogradnja solarnog kuhala	33
Solarna pećnica.....	40
2.4. Sunčevi toplinski sustavi za zagrijavanje potrošne tople vode	45
Tipovi solarnih kolektora	47
Samogradnja solarnih kolektora	50
Izrada kolektora u 5 koraka.....	52
Moguća poboljšanja	60
Samogradnja solarnog spremnika.....	61
Montiranje solarnih kolektora	69
Spajanje solarnog sustava	70
Dimenzioniranje solarnog sustava	75
Aktivno solarno grijanje stambenih objekata.....	76
2.5. Pasivna solarna arhitektura.....	79
Energija u graditeljstvu.....	81
Kratka povijest pasivnog solarnog dizajna.....	86

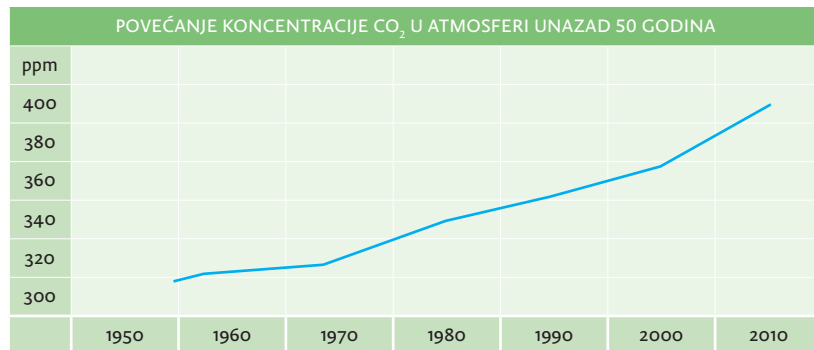
Osnovni principi pasivnog solarnog dizajna.....	89
Elementi pasivnog solarnog dizajna.....	97
Ostali elementi pasivnog solarnog dizajna.....	104
Hlađenje.....	106
Za kraj o pasivnoj solarnoj arhitekturi	110
3. Prikladne tehnologije za iskorištavanje toplinske energije biomase.....	113
3.1. Definicija biomase.....	114
3.2. Kako se iz biomase može dobiti energija?	115
3.3. Vrste biomase	117
Šumska biomasa	117
Biomasa iz drvne industrije	118
Poljoprivredna biomasa.....	118
Energetski nasadi	119
Biomasa iz otpada	120
Biogoriva.....	123
3.4. Utjecaj na okoliš.....	127
3.5. Drvo kao gorivo.....	131
Ogrijevna vrijednost drva	133
Sagorjevanje drveta.....	136
3.6. Peći - lokalni izvori topline.....	138
Kamini	139
Metalne peći	140
Kaljeve peći	141
Raketne peći	143
Raketne masivne peći	147
Finske masivne peći	156
Grijanje kompostom.....	178
4. Zaključak.....	189
5. Literatura	191

1. Uvod

Energija je sposobnost tijela da obavlja rad. Ova rečenica definicija je energije koju smo naučili u školi. Međutim, ako pogledamo iz bliže perspektive, one svakodnevne, energija je ono što nam omogućuje da obavljamo poslove, pogonimo strojeve, krećemo se, zabavljamo, komuniciramo, ona je zapravo pogon za *komoditet* – udobnost života kakvog danas imamo. Zamislite život bez energije na trenutak, samo bez njenog jednog oblika – električne energije. Ne bismo mogli pisati ovaj uvod na računalu, nego bi smo morali potražiti pisaci stroj. Odjeću bismo prali na rijekama i potocima jer perilice i pumpe za vodu ne bi radile. Internet? Zaboravite. Smartphone? Zaboravite. Rasvjeta, televizija,...ništa. Čak ni običan telefon ne može raditi bez el. energije. Sve odjednom izgleda kao 19. stoljeće. To nam dokazuje da je razvoj stvorio i ovisnost o korištenju tehnologija koje trebaju energiju, a ta ovisnost se stalno povećava. Ljudsko društvo je povezanije i mobilnije, život je vjerojatno udobniji, ali cijena koju za to plaćamo nije mala. Osim ovisnosti, korištenje ili bolje rečeno iskorištavanje svih mogućih resursa na zemlji, da bismo si osigurali udobnost, dovelo nas je na rub dviju katastrofa.

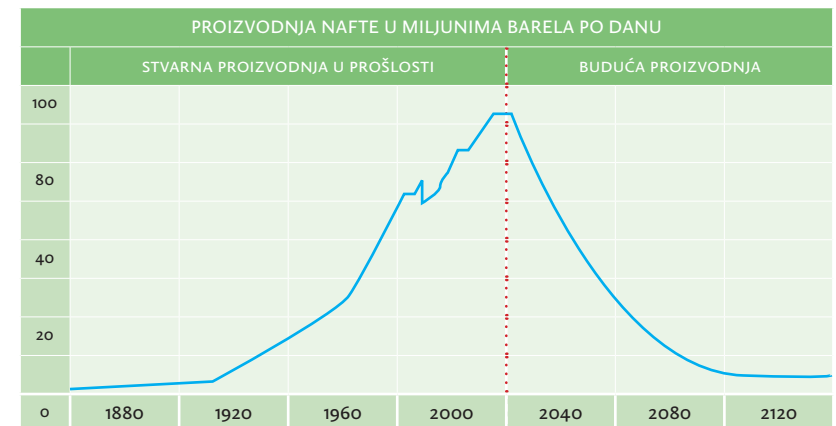
1 IPCC's Fifth Assessment Report (AR5), Summary for policy makers, 2012.

Prva su klimatske promjene. Zapravo je vrlo jednostavno, da bismo dobili energiju za svoje potrebe ljudi spaljuju nešto, uglavnom plin ili ugljen te naftu i njene prerađevine. Spaljivanje kao što znamo stvara neke plinove, kada ih vidimo zovemo ih dimovi, ali jedan posebno značajan plin je nevidljivi ugljični dioksid - CO₂. Taj plin je sastojak atmosfere, te čini 0,039% volumena zraka. Spaljivanje navedenih fosilnih goriva povećava njegov udio u atmosferi, a kako taj plin ima sposobnost upijanja topline, više CO₂ - više topline ostaje u atmosferi. Tako je i nastao pojam "efekt staklenika". Nakon 130 godišnjeg procesa spaljivanja i zagrijavanja srednja prosječna temperatura na Zemlji se povećala za 0,85°C¹. Iako se to čini malo u lokalnim razmjerima, tih 0,85°C na Zemlji znači da imamo više toplijih i manje hladnijih dana, češće toplinske udare, povećanje količine i učestalosti padalina i poplave, ali i povećanje intenziteta suša, te veću vjerojatnost za tropske ciklone i povećanje razine mora. To su klimatske promjene, a njihova učestalost i intenzitet se povećava. Promjena klime je globalna i utječe na sve ljudske djelatnosti, a najveća opasnost prijeti poljoprivredi – što znači moguće nestašice hrane, drugim riječima glad, bolesti i nemire. Dovoljno je reći da, ako se srednja prosječna temperatura poveća za 2°C, moguće je očekivati ekstremne promjene klime i sve njene posljedice.



Druga opasnost dolazi iz jednostavne činjenice da potrošnja spomenutih resursa, prije svega nafte, dovodi do njihovog iscrpljivanja. Iako se o tome manje govori i energetska industrija nas uvjerava da su to puste priče, cijene nafte i njenih derivata, ratovi i sukobi u naftno bogatim područjima, nestabilnost tržišta, pa i trenutna ekonomska kriza upućuju upravo na to. Nafta se kao resurs koji najbrže trošimo najčešće spominje u ovom kontekstu, jer najviše ovisimo o njoj. Svjetske zalihe nafte su otprilike jednake onoj količini koju smo već potrošili. Često se krivo razumije ta činjenica pa mediji izvještavaju da će nafte nestati, to nije točno, već je problem što nafta više nikad neće biti dostupna – jeftina – kao do sada. U zadnje vrijeme nove metode vađenja nafte, poput tzv. "fracking-a", ili iskorištavanje naftnog pijeska omogućuju da se povećava svjetska proizvodnja nafte, ali ovi načini su izuzetno ekološki neprihvatljivi zbog korištenja kemikalija i značajnih količina plina kao energenta što dovodi u pitanje cjelokupnu održivost.

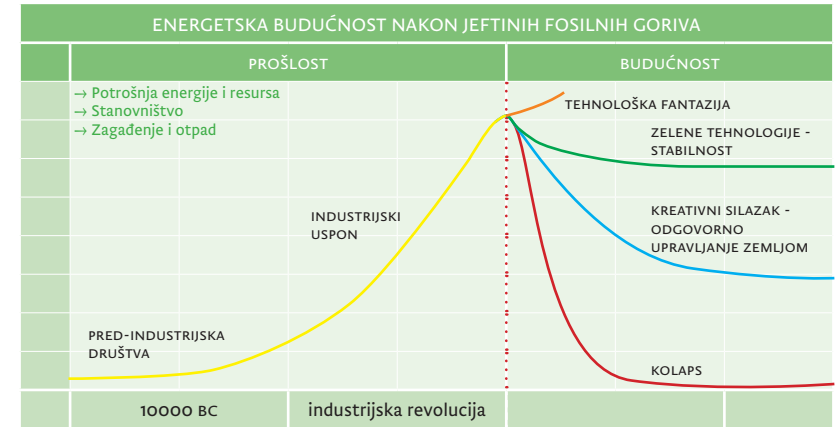
Energija se može dobiti i bez spaljivanja, ali to je danas još uvijek manji dio energije u svijetu. Hidroelektrane proizvode električnu energiju, kao i vjetroelektrane i solarne elektrane. Osim fosilnih goriva može se spaljivati i



2 *Transition network* – mreža lokalnih inicijativa koje zagovaraju tranziciju u niskoenergetsko društvo bazirano na lokalnoj proizvodnji hrane, dobara, usluga i energije te smanjenim potrebama transporta. Zajednice na taj način postaju otpornije na globalne ekonomske, klimatske i socijalne promjene. <http://www.transitionnetwork.org/>

biomasa, npr. drvena sječka – ostaci nakon čišćenja i sječe šuma, ili bioplina koji nastaje iz poljoprivrede. Svi ovi izvori nazivaju se obnovljivi, jer se za razliku od fosilnih goriva obnavljaju i njihovo korištenje ima vrlo malu ili nikakvu dodatnu emisiju CO₂ u atmosferu. Zamjena fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije čini se kao rješenje za energetske probleme, ali i oni imaju značajna ograničenja. Prije svega obnovljivi izvori energije ne znači da su sami po sebi i održivi, kao što su to velike hidroelektrane koje mijenjaju tokove rijeka i znatno utječu na ekosustave, ili vjetroelektrane postavljene na područjima migracije ptica ili šišmiša pri čemu dolazi do sudara i ugibanja životinja. Drugi problem s obnovljivim izvorima energije je da još uvijek ne mogu nadomjestiti naše energetske apetite za velikom potrošnjom. Svjetski “auto” jednostavno troši previše litara po kilometru i moramo pronaći načina da smanjimo njegovu potrošnju prije nego zamijenimo gorivo. Jedan od mogućih smjerova je da prvo počnemo smanjivati brzinu. To znači da preuzmemo kontrolu nad upravljačem i odlučimo da razvoj društva nije isključivo neprestani rast, što je ekonomska “mantra” kapitalizma i potrošačkog društva koje ga podržava.

Prema Davidu Holmgrenu, jednom od začetnika permakulture, postoje četiri scenarija koji opisuju što bi se moglo događati u budućnosti s društvom i tehnologijom. Prvi scenarij je da nastavimo s tehnološkim razvojem kao do sada i nastavimo trošiti sve više i više energije. Drugi scenarij koji bi mogao uslijediti tokom prvog je totalni kolaps sustava i društva. Treći pretpostavlja da će održivi razvoj ili zelene tehnologije pomiriti ekološka i ekonomska ograničenja Zemlje, te će se nastaviti trošiti stalna količina energije kao do sada. Četvrti scenarij je “kreativni silazak” ili “odgovorno upravljanje Zemljom”. Permakultura kao pokret, ali i sve više lokalnih zajednica u tranziciji prema “post-karbonskom” društvu², zagovaraju ovaj scenarij.



Permakultura, iako je započela kao pokret održive proizvodnje hrane i upravljanja okolišem, ubrzo se proširila i na ostale aspekte ljudskog djelovanja – proizvodnju energije i kretanje ljudi. Osnovni principi se odnose na dizajniranje energetskih sustava kojima smanjujemo ukupnu potrošnju energije, uključujući i utjelovljenu energiju, učinkovitije koristimo energiju i koristimo energiju iz obnovljivih izvora.

Osnovna jedinica za energiju je džul (J); 1 J = 1 Ws (vat sekunda) = 1 Nm (njutn metar)
U svakodnevnom životu češće se upotrebljava kilovat sat (kWh); 1 kWh = 3,6 MJ
10 ³ kilo k (kilo)
10 ⁶ mega M
10 ⁹ giga G

Dosadašnja iskustva razvoja tehnologija i njihove primjene pokazuju da nema jednodržnih rješenja za ove probleme. Tehnološki razvoj čak i ako je “zelen”, sam po sebi neće nas dovesti do rješenja jer je upravo u njemu dio problema. Moramo početi razmišljati na drugačiji način od onoga koji je doveo do današnjeg stanja. Slikovito

možemo to prikazati na primjeru tzv. “pametne kuće”. Taj termin koristi se za umreženi sustav u kućanstvu povezan s računalom koji prati i upravlja rasvjetom, grijanjem i hlađenjem, ventilacijom, otvaranjem i zaključavanjem vrata, alarmnim sustavima, TV i audio opremom, i ostalim uređajima. Tako je moguće daljinski, pomoću mobitela, upaliti grijanje u kući pa kad stignete kuća je već zagrijana, ili možete provjeriti putem kamera jeste li zaboravili nešto na polici. Ova kuća iz budućnosti, ili već sadašnjosti, komotna je u smislu da ne moramo misliti, kuća “misli” za nas. Ona će biti optimirana da troši manje energije u svom korištenju od klasične “nepametne” kuće, ali tu postoji kvaka. Sustave u takvoj kući nećete sami moći popraviti, ona i dalje ovisi o vanjskoj tehničkoj podršci, elektroničkim sklopovima koji se kvare i nisu baš jeftini za popravak. U nju su ugrađeni uređaji koji trebaju znatne količine energiju da bi bili proizvedeni. Pa kad se zbroji ukupni “trošak” energije od proizvodnje opreme, prijevoza, održavanja, popravaka i na kraju reciklaže moguće je da će prvobitno zamišljene uštede energije biti zanemarive. Takva kuća vjerojatno će nakon nekog vremena biti skuplja i potrošiti će se više energije za održavanje samog pametnog sustava. Odnos uložene i dobivene energije nekog energetskeg sustava naziva se EMERGY odnos (eng. kratica EMbedded ENERGY – utjelovljena energija).

EMERGY je energija jednog oblika (najčešće Sunčeva energija) koja je potrebna da bi se nešto proizvelo. Drugi oblici energije npr. kemijska energija goriva, potencijalna energija vode ili električna energija izražavaju se u ekvivalentu Sunčeve energije koja je potrebna da bi se oni proizveli tj. transformirali iz jednog oblika u drugi. Na primjer da bi mogli proizvoditi električnu energiju pomoću Sunca, trebamo fotonaponske panele, oni se sastoje od stakla, aluminijske, silicija, bakra i drugih materijala koje treba proizvesti i sastaviti u panel. Za to je potrebna električna i toplinska

energija strojeva i gorivo za transport materijala. Suma svih tih oblika energije je tzv. utjelovljena energija proizvoda. Obično se računa za proizvod koji izlazi iz tvorničkog pogona, ali za potpuni izračun potrebno je uzeti u obzir i energiju prijevoza do mjesta korištenja, skladištenje i energetske “troškove” razgradnje nakon korištenja. Fotonaponski panel će tokom svog životnog vijeka proizvoditi energiju, i ako taj energetskeg “prinos” nije veći od energetskeg “troška” onda je EMERGY odnos ili neto energija nepovoljna. Taj odnos je važan jer govori koliko stvarno koristimo energije, koja se krije u energetskeg “skupim” proizvodnim procesima, transportu, razgradnji materijala i cijelom tehnološkom ciklusu koji većina potrošača ne vidi.

Jedan od mogućih puteva je korištenje tehnologije, ali na način da je razumijemo, da je možemo održavati sami ili barem lokalno, da ne ovisimo u potpunosti o tehnološkim rješenjima i na kraju da nam je energija dostupna tj. jeftinija.

Tehnologije koje zagovaramo ovim priručnikom nazivaju se prikladne tehnologije. Njihove karakteristike su: “uradi sam” pristup ili barem lokalna proizvodnja što više dijelova, dijelovi od što manje procesuiranih komponenti (npr. jednostavni mehanički ili elektronički sklopovi), jednostavna ugradnja, jednostavno održavanje i popravak, mogućnost reciklaže što više dijelova. Često se spominje riječ jednostavno što u ovom kontekstu znači nešto što osoba s prosječnim tehničkim obrazovanjem može napraviti. “Uradi sam” kultura je u 70-tim i 80-tim godinama prošlog stoljeća kroz časopise pokrenula cijeli pokret koji je kod nas bio vrlo popularan, a uz pomoć interneta danas imamo ponovni globalni procvat pokreta.

Prikladna tehnologija je ideološki pokret koji je originalno osmislio pod pojmom **izravna tehnologija** ekonomist Dr. Ernst Fridrich Schumacher u svom najpoznatijem

djelu *Small is beautiful*. Glavna misao i primjena prepoznaje se u tehnologiji koja je ograničene veličine, decentralizirana, radno intenzivna, energetske učinkovita, ekološki prihvatljiva i lokalno kontrolirana. Ovakav pristup tehnologiji naziva se još i “ljudski orijentirana tehnologija”. Prikladna tehnologija razmatra se u okvirima ekonomskog razvoja i predstavlja alternativu transfera kapitalno intenzivne tehnologije iz industrijaliziranih zemalja u zemlje u razvoju.

Primjeri poznatih prikladnih tehnologija su: ručne pumpe za vodu, bicikli, pasivni solarni dizajn zgrada, kompostni zahodi, solarni toplinski kolektori itd. Danas se prikladna tehnologija razvija koristeći “open source”

SLIKA 1 Ručna pumpa za vodu česta je u našim krajevima



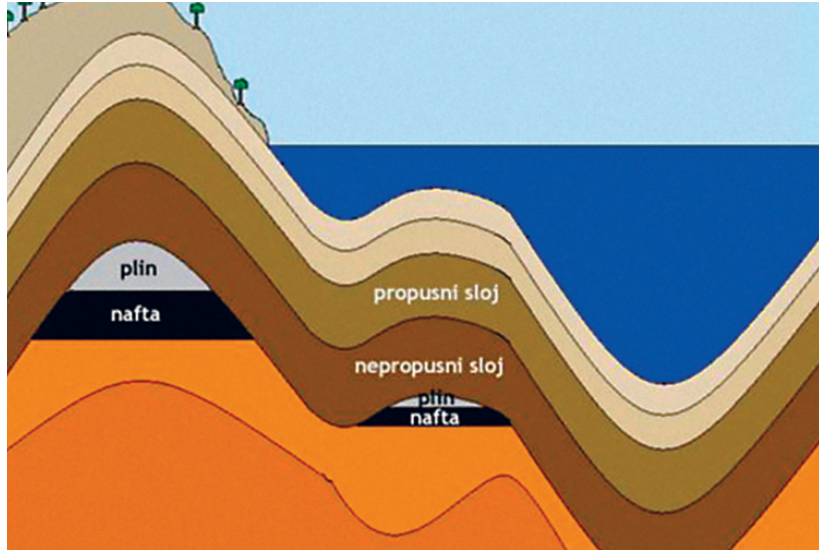
principe – pa je tako nastala “open source” prikladna tehnologija (skr. OSAT) što znači da se veliki dio planova, nacrti i uputa može besplatno naći na internetu.

U priručniku ćemo detaljno opisati nekoliko primjera prikladnih tehnologija prvenstveno namijenjenih proizvodnji toplinske energije u kućanstvu. Još jedna njihova karakteristika je da se energija troši na mjestu ili blizu njega gdje se i proizvodi zbog što manjih gubitaka prijenosa. Glavni izvori takve energije su Sunčeva energija i energija biomase ili drveta. Gotovo sva područja u Hrvatskoj i susjednim zemljama obiluju ovim vrstama energije, i one se zapravo i koriste, ali možda ne uvijek na učinkovite načine.

2. Prikladne tehnologije za iskorištavanje toplinske energije Sunca

2.1. Općenito o energiji Sunca

Bez Sunca ne bi bilo života na Zemlji. U unutrašnjosti ove zvijezde odvijaju se nuklearne reakcije prilikom kojih se oslobađaju velike količine energije te se dio te energije emitira u svemir kao Sunčevo zračenje kakvo poznajemo na planetu Zemlji. Izravno ili neizravno sva energija koju ljudi koriste dolazi od Sunca koje zrači 15.000 puta više energije nego što možemo iskoristiti. Drugim riječima količina energije Sunca koja dođe do Zemlje i više je nego dovoljna za sve sadašnje potrebe ljudi. Toplina od Sunčevog zračenja stvara klimatske uvjete za život na Zemlji, sve vremenske pojave energetski su pokretane toplinom koja dolazi od Sunca. Ono pokreće hidrološki ciklus tj. stvaranje oblaka i padalina koje se pretvaraju u rijeke i jezera dajući nam pitku vodu i uvjete za uzgoj hrane. Sunčevo zračenje izravno daje energiju biljkama za rast, procesom fotosinteze, te tako nastaje hrana za ljude i životinje. Fosilna goriva – nafta, zemni plin i ugljen, predstavljaju akumuliranu energiju Sunca. Oni su nastali od biljaka, životinja i minerala koji se raspadaju milijunima godina.



SLIKA 2 Uskladištena Sunčeva energija u obliku fosilnih goriva

Od ukupno emitiranog zračenja, tek manji dio doprije do vanjskih dijelova Zemljine atmosfere, a Sunčevo zračenje na gornjoj granici atmosfere naziva se ekstraterestričko zračenje. Ekstraterestričko zračenje okomito na površinu za srednju udaljenost Zemlje od Sunca naziva se Sunčeva konstanta i iznosi 1.367 W/m^2 .

Važni pojmovi za razumijevanje parametara Sunčevog zračenja

Ozračenje je srednja gustoća dozračene snage Sunčevog zračenja koja je jednaka omjeru snage Sunčevog zračenja i površine plohe okomite na smjer tog zračenja. Jedinica za ozračenje je vat po kvadratnom metru (W/m^2).

Ozračenost je količina energije Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu plohe u određenom vremenskom razdoblju. Jedinica za ozračenos

kvadratnom metru (Wh/m^2) ili džul po kvadratnom metru (J/m^2). Ovisno o promatranom vremenskom intervalu ozračenos se često naziva satna, dnevna, mjesečna ili godišnja suma zračenja.

Izravno (direktno) Sunčevo zračenje dolazi izravno iz prividnog smjera Sunca.

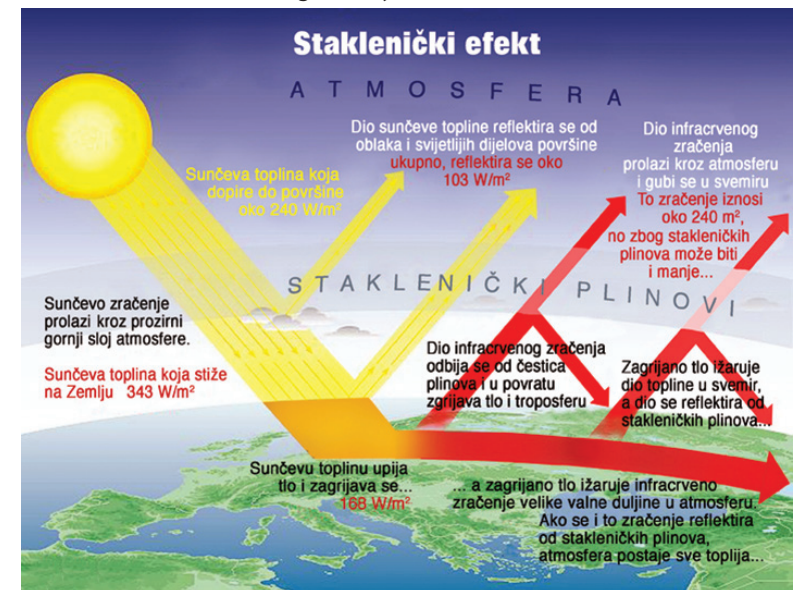
Raspršeno (difuzno) Sunčevo zračenje nastaje raspršivanjem zračenja u atmosferi i do tla dopire iz svih smjerova.

Ukupno (globalno) Sunčevo zračenje na vodoravnoj plohi sastoji se od izravnog i raspršenog zračenja. Nagnuta ploha osim izravnog i raspršenog zračenja prima i od tla odbijeno Sunčevo zračenje.

Odbijeno (reflektirano) Sunčevo zračenje je dio zračenja koje se odbije od tla ili vodenih površina.

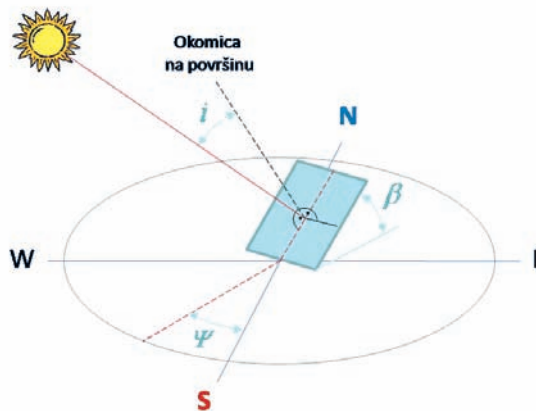
Ukupno Sunčevo zračenje na nagnutu plohu sastoji se od izravnog, raspršenog i od tla odbijenog zračenja.

SLIKA 3 Energetski proračun Zemlje - razdioba Sunčevog zračenja u atmosferi



Zemlja se u svojoj putanji okreće oko Sunca što nazivamo revolucija, te oko svoje osi - rotacija. Ovo kretanje uzrokuje pojavu godišnjih doba te dana i noći. Najveći dio Sunčevog zračenja je upravo ono izravno pa se optimalno ozračenje postiže postavljanjem plohe okomito na smjer zračenja. Ako se u svakom trenutku prati kretanje Sunca na nebu moguće je postići maksimalno ozračenje plohe. Takvi sustavi zovu se "tracking" solarni sustavi. Ozračenje tada ovisi samo o optičkoj masi zraka koja se povećava s približavanjem Sunca obzoru. Na slici 4 je prikazana fiksno postavljena ploha s kutom u odnosu na vodoravnu površinu (nagib plohe - β), i orijentacija plohe u odnosu na jug (azimut plohe - Ψ). Optimalni kut nagnute plohe osigurat će da se dobije najveća moguća godišnja ozračenost. Najveća dozračena energija dopijeva na plohu osunčanja kada Sunčeve zrake upadaju pod pravim kutom. Optimalni kut nagiba ovisi o geografskoj širini lokacije (udaljenost

Nagib površine β (°)
Azimut površine Ψ (°)
Upadni kut i (°)



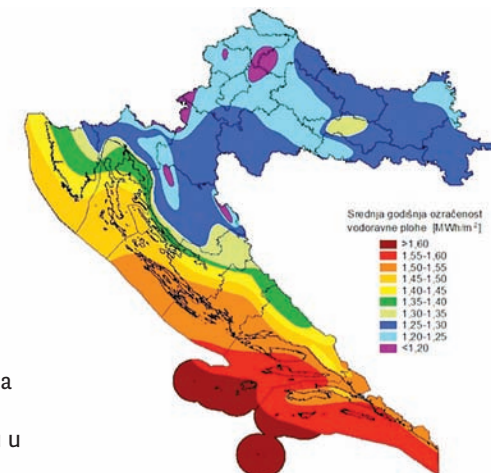
SLIKA 4 Optimalni kutevi postavljanja plohe za korištenje energije Sunca

prema sjeveru ili jugu od ekvatora), a za naše područje taj kut je otprilike 40° . Idealan kut postavljanja plohe osunčanja ovisi o dobu korištenja energije Sunca. Ako koristimo Sunce više ljeti, kut će biti 35° , a zimi 45° . To znači da je ljeti idealan nagib plohe osunčanja u odnosu na ravninu Zemlje što manji (gotovo paralelno sa ravninom Zemlje), dok je zimi, kada je prividna Sunčeva putanja niža u odnosu na horizont, taj kut veći i određuje se prema zemljopisnoj širini.

Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području.

Sunčevo zračenje u Hrvatskoj

Zemljopisni položaj Hrvatske i blaga klima osiguravaju optimalne uvjete za korištenje energije Sunca, a to se posebno odnosi na obalno područje i otoke. Slika 5 pokazuje ukupnu dozračenu energiju uz optimalne uvjete, a stvarna vrijednost ovisi o konkretnoj lokaciji, godišnjem



SLIKA 5 Ukupno dozračena energija na optimalno postavljenu plohu u Hrvatskoj

dobu, dobu dana i vremenskim uvjetima. Udio izravnog u ukupnom zračenju kreće se od 0% kad je nebo prekriveno gustim oblacima, do gotovo 95% po vedrom danu.

USPOREDBA DOZRAČENE ENERGIJE SUNCA NA OPTIMALNO NAGNUTU PLOHU U RAZNIM DIJELOVIMA HRVATSKE I EUROPE	
Lokacija	Godišnji prosjek dnevne dozračene energije (kWh/m ² d)
Hrvatska, južni Jadran	5,0 - 5,2
Hrvatska, sjeverni Jadran	4,2 - 4,6
Hrvatska, kontinentalni dio	3,4 - 4,2
Srednja Europa	3,2 - 3,2
Sjeverna Europa	2,8 - 3,0
Južna Europa	4,4 - 5,6

U tablici se vidi kako je dozračena energija u Hrvatskoj i do 70% veća nego u srednjoj i sjevernoj Europi, dok jug Dalmacije ne zaostaje za Španjolskom i Grčkom. Južni Jadran ima godišnje preko 2.500 sunčanih sati, dok primjericice Hvar ili Vis imaju godišnje i više od 2.700 sunčanih sati.

Sunce nam daje energiju u dva izravna oblika: svjetlost i toplina. Ljudi već stoljećima koriste energiju Sunca za zagrijavanje i osvjetljavanje svojih domova. Koristeći energiju Sunca svoje domove možemo učiniti udobnijim za život, a istovremeno treba uzeti u obzir i mnoge prednosti koje nam Sunčeva energija daje: smanjuje našu ovisnost o fosilnim gorivima, ne zagađuje okoliš, i ne doprinosi učinku staklenika. Na kraju tu je i financijska korist jer je nakon početnog ulaganja u opremu, svaki kilovat sat proizveden iz energije Sunca u potpunosti besplatan.

Glavni načini primjene energije Sunčevog zračenja

*“solarna ili sunčeva energija”, “solarni ili sunčevi toplinski sustav”, “solarni ili sunčani kolektori”

Tehnologije koje se najčešće mogu vidjeti su sunčani toplinski sustavi* za zagrijavanje potrošne tople vode i podršku grijanju i fotonaponski sustavi za proizvodnju električne energije. Osim tih tehnologija, postoje i sustavi za zagrijavanje zraka koji se koriste za grijanje prostora ili sušenje. Solarna kuhala i pećnice popularne su u zemljama koje obiluju Suncem, a nemaju plin ili ogrijevno drvo kao energente ili su preskupi. One koriste izravnu toplinu Sunčevog zračenja za pripremanje hrane.

Iako se fotonaponski sustavi mogu također izrađivati tj. sklopiti od osnovnih dijelova solarnih ćelija, u ovom priručniku ćemo ih samo spomenuti kao jednu od tehnologija.

Fotonaponski sustavi kod nas se koriste za opskrbu električnom energijom objekata udaljenih od elektroenergetske mreže (tzv. autonomni ili off grid sustavi), a u novije vrijeme i za proizvodnju električne energije u mrežno vezanim sustavima (tzv. on grid), posebice radi poticajnih cijena otkupa takve energije (tzv. feed-in tarifa). Fotonaponski sustavi zasnivaju svoj rad na pretvorbi Sunčevog zračenja u električnu energiju putem fotoelektričkog efekta. Fotonaponska ćelija je osnovni element ovakvih sustava, a spajanjem više ćelija u jednu cjelinu dobiva se fotonaponski modul. Fotonaponski modul je gotov uređaj kojim je moguće generirati električnu energiju, međutim kako se oni proizvode u relativno malim snagama (do maksimalno nekoliko stotina vata), više fotonaponskih modula se slaže u fotonaponsko polje kako bi se postigle veće snage. Fotonaponski moduli generiraju istosmjernu električnu struju te se za pretvorbu iz istosmjerne u izmjeničnu, pogodnu za korištenje u kućanstvu, koriste izmjenjivači tj. inverteri. Kao spremnici energije u



SLIKA 6 Solarni toplinski kolektori i fotonaponski paneli na krovu

autonomnim sustavima koristi se niz spojenih baterija. One služe prije svega za korištenje energije kad nema Sunca, po noći ili kad je oblačno. Uobičajeno je da se fotonaponski moduli postavljaju na krovove objekata (ravne ili kose), ali se u posljednje vrijeme sve češće postavljaju i kao elementi fasade, ili nadstrešnice, ili kao zasebni elementi u prostoru.

U Hrvatskoj trenutno postoji sustav poticanja ugradnje toplinskih sustava na energiju Sunca za grijanje potrošne tople vode i dogrijavanje prostora koji je zaživio u nekoliko županija i gradova (Zagrebačka, Karlovačka, Krapinsko-zagorska, Primorsko-goranska, Sisačko-moslavačka, Grad Zagreb, ...). Poticaji iznose od 40-50% investicije u solarni sustav ili oko 10.000-14.000kn. Mogu se dobiti za nabavu i ugradnju sustava instaliranih putem pravnih osoba – obrta i firmi za instalaciju sustava grijanja. Solarni sustavi koji se potiču sastoje se od solarnih kolektora, solarnog spremnika i ostale ugradbene opreme (automatika, cirkulacijska pumpa, ventili, cijevni razvod grijanja). Više informacija može se dobiti na web stranicama regionalnih energetske agencija ili pojedinih županija i gradova.

Regionalna energetska agencija sjeverozapadne Hrvatske -

<http://www.regea.org>

Regionalna energetska agencija Kvarner -

<http://www.reakvarner.hr>

Regionalna energetska agencija Sjever - <http://rea-sjever.hr>

Međimurska energetska agencija - <http://www.menea.hr>

2.2. Što su to pasivni i aktivni solarni³ sustavi i u čemu je razlika?

3 “Solarni” ili “sunčevi” se kao sinonimi podjednako se koriste u literaturi

Bez obzira na to o kojem tipu tehnologije se radi, dakle o solarnom kolektoru za zagrijavanje potrošne tople vode, solarnom kuhalu, pećnici ili solarnoj kući, možemo razlikovati dva osnovna principa koji nam govore kako se u primjeni te tehnologije energija skladišti i distribuira.

Ukratko rečeno, pasivni sustavi su oni koji energiju Sunca hvataju i skladište na licu mjesta - tamo gdje će se i trošiti, za razliku od aktivnih sustava koji energiju obično apsorbiraju na jednoj lokaciji, skladišti se na drugoj lokaciji, a troši na trećoj. Još jedna osnovna razlika između pasivnih i aktivnih sustava je u tome što pasivni sustavi ne zahtijevaju dodatno ulaganje energije u distribuciju i skladištenje energije.

Ako vam još nije potpuno jasno u čemu je razlika, pogledajmo neke primjere. Tipičan primjer aktivnog solarnog sustava bio bi klasični sustav za solarno zagrijavanje potrošne tople vode. Kod takvog sustava Sunčeva energija se apsorbira u kolektorima (koji su obično na krovu), skladišti u spremniku (koji je obično u kotlovnici, podrumu ili kupaonici), a troši na različitim lokacijama (kuhinja, kupaonica i sl.). Toplina se distribuira pomoću pumpe što zahtjeva dodatno ulaganje energije. Tipičan primjer pasivnog korištenja energije bio bi solarni sustav za zagrijavanje potrošne tople vode u kojem su kolektori smješteni na nivou nižem od spremnika tako da se topla voda zagrijana kolektorima konvekcijom sama diže u spremnik i tamo skladišti. Pritom se ne koristi nikakva dodatna energija za pogon pumpe ili nekog drugog uređaja koji bi omogućio izmjenu topline između solarnog kolektora i spremnika.

Još neki tipični primjeri pasivnog korištenja energije Sunca su solarno kuhalo ili pećnica, staklenik ili plastenik za uzgoj bilja, trombov zid, pa čak i najjednostavniji solarni tuš od starog iskorištenog bojlera za toplu vodu koji je obojan u crno kakav imaju mnoga kućanstva u Hrvatskoj.

Pasivni solarni sustavi svakako imaju svoje prednosti pred aktivnim sustavim zbog toga što:

- u prvom redu ne zahtijevaju ulaganje dodatne energije za skladištenje i distribuciju energije pa su time i efikasniji. Aktivni solarni sustavi imaju veliku sposobnost prikupljanja toplinske energije, ali količina električne energije koja se pritom potroši nije zanemariva.

- jednostavniji su jer zahtijevaju manju količinu dodatnih uređaja kao što su pumpe, elektronska automatika ili dizalice topline. Što je neka tehnologija jednostavnija, to je i stabilnija, zahtijeva manje održavanja, manje se kviri, a u samom startu je jeftinija. Kod aktivnih solarnih sustava oko 10 do 20% početne investicije odlazi upravo na razne uređaje koji pokreću sustav.

No, nije u svakoj specifičnoj situaciji moguće koristiti isključivo pasivne solarne sustave jer uvjeti lokacije to ne dopuštaju. U takvim slučajevima potpuno je opravdano dodatno ulaganje energije i novca u aktivni sustav, no bitno je da pri projektiranju ne zaboravimo da nam istovremeno i pasivni sustavi stoje na raspolaganju. Proizvođači solarne opreme na tržište plasiraju isključivo aktivne solarne tehnologije zato što im je prioritet da njihov proizvod funkcionira u bilo kojim uvjetima, a ne nužno da bude jeftiniji ili efikasniji. Slično je i sa instalaterima, najčešće nisu upoznati s mogućnostima pasivnog korištenja toplinske energije Sunca, a i kada jesu, najčešće to ne znaju izvesti. U ovom priručniku naći ćete brojne primjere kako energiju Sunca koristiti pasivno, a to znači jednostavnije, efikasnije i jeftinije!

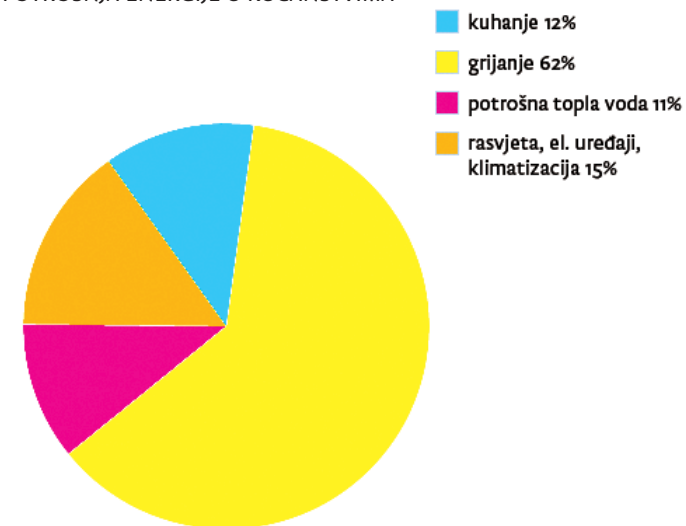
2.3. Korištenje energije Sunca za pripremanje hrane

Solarna kuhala i pećnice su odlični primjeri pasivnog korištenja energije. Kod ovih vrlo jednostavnih uređaja, energija se troši izravno tamo gdje nam je i potrebna - za zagrijavanje posude u kojoj nešto kuhamo ili pečemo.



Solarna kuhala i pećnice nemaju mogućnosti skladištenja energije Sunca za korištenje kasnije, kada Sunce zađe. To je ujedno i najveća mana ove tehnologije - možemo je koristiti samo za vrijeme sunčanog dana.

POTROŠNJA ENERGIJE U KUĆANSTVIMA



SLIKA 7

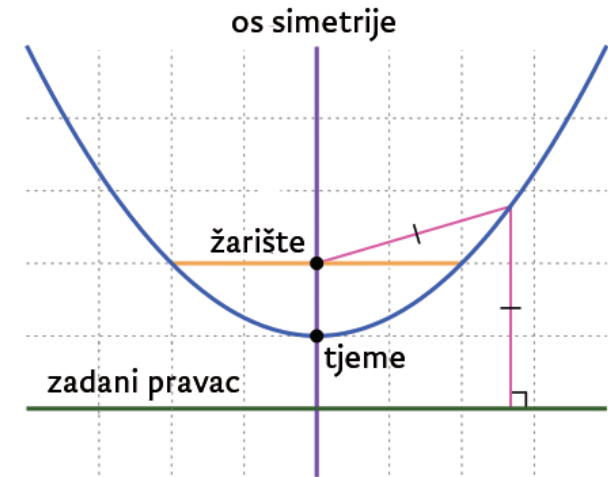
U prosjeku u našim kućanstvima se oko 12% energije troši na pripremu hrane (*Izvor: Priručnik za energetske savjetnike, UNDP) (SLIKA 7). Najčešće se za tu svrhu koristi plin ili električna energija. Dio domaćinstava u Hrvatskoj još uvijek za pripremu hrane koristi peći na drva, što je opravdano zimi jer se energija i onako troši na zagrijavanje domova pa tako ne trošimo ekstra energiju i za kuhanje. Međutim, u toplijem i sunčanijem dijelu godine nema smisla ložiti peći na drva da bismo skuhalo ručak. U tom periodu godine također nema smisla kuhati unutar životnog prostora jer time podižemo temperaturu tog prostora koji onda najčešće hladimo klima uređajem ili nam je jednostavno prevruće. Ljeti svakako ima smisla kuhati vani tako da ne grijemo bespotrebno prostor u kojem boravimo. Solarna kuhala i pećnice nam u tom slučaju mogu omogućiti dvostruku uštedu energije: osim što ne trošimo energiju za samo kuhanje i pečenje, također izbjegavamo pregrijavanje prostora.

Još jedan nedostatak (ili prednost) solarnih kuhala je to što za njihovo korištenje morate imati adekvatan prostor eksponiran Suncu. Ako imate bilo kakvu terasu, balkon koji gleda na južnu stranu ili okućnicu u koju možete smjestiti ovaj uređaj, onda ima smisla da razmislite o korištenju ove predivne solarne tehnologije.

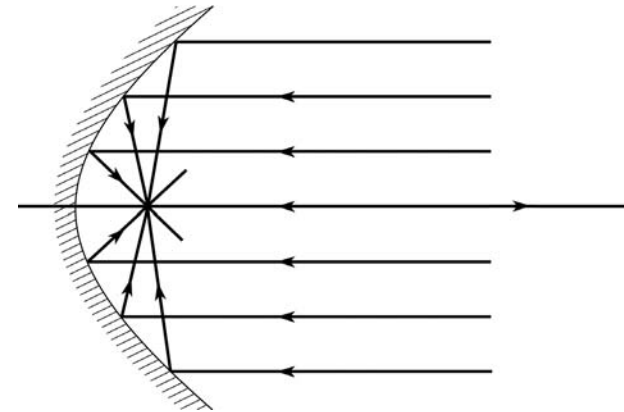
Za našu geografsku lokaciju procjenjuje se da u prosjeku oko 1000 W energije Sunca obasjava svaki kvadratni metar površine zemlje za vrijeme sunčanog dana. To je prosjek, što znači da ta količina energije ljeti može biti i veća. Kilovat po metru kvadratnom naravno nije zanemariva količina energije, sasvim dovoljno da skuhamo jelo. Solarna kuhala i pećnice funkcioniraju tako da pomoću zrcala koncentriraju sunčevu svjetlost u jednoj točki (kod kuhala) ili komori (kod pećnica) tako da za pripremu hrane možemo bez problema postići potrebnu snagu.

Solarno kuhalo

Solarno kuhalo funkcionira tako da se Sunčeva energija sažima u jednoj točki gdje se postiže dovoljna temperatura za kuhanje. To postizemo pomoću konkavnog paraboličnog zrcala. Parabolično zrcalo je zrcalo u obliku parabole, a definicija kaže da je parabola krivulja čije točke su jednako udaljene od zadane točke (žarišta tj. fokusa) i zadanog pravca. Zakrivljenost parabole može se proračunati pomoću funkcije $y = f(x) = ax^2 + bx + c$. Paralelne zrake Sunca se odbijaju od površine zrcala tako da se sve zrake zažimaju u jednoj točki koju zovemo žarište ili fokus. (SLIKA 8). Tu sposobnost koncentracije energije Sunca u jednu točku koriste i mnoge druge solarne tehnologije osim solarnih kuhala. Neki od primjera su generatori električne energije pomoću stirlingovog motora koji se nalaze u fokusu (SLIKA



SLIKA 8



9) ili solarni koncentrador u Francuskoj (SLIKA 10) koji u žarištu postiže čak temperature od 3500°C pa može taliti i metal. Solarna kuhala za upotrebu u kućanstvima bez problema postižu temperature od 150°C, a ako koristimo malo veće zrcalo možemo očekivati oko 250°C što je sasvim dovoljno i za kuhanje veće količine hrane relativno brzo.

Postoje razne izvedbe solarnih kuhala, ali zapravo se sve svodi na to da imate što preciznije zrcalo s kvalitetnom



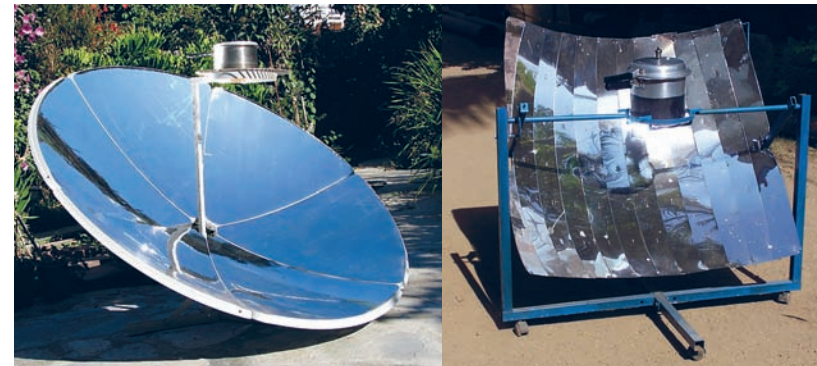
SLIKA 9



SLIKA 10

refleksnom površinom i postolje za lonac koje je dovoljno čvrsto da nosi težinu punog lonca (SLIKA 11 I 12).

Parabolično solarno kuhalo se može kupiti ili izraditi. Kako kod nas još ne postoji tržište za takve tehnologije, osuđeni ste na samogradnju ili ga možete naručiti gotovo izvana što bi moglo biti neisplativo zbog cijene poštarine.

SLIKE
11, 12

To je ujedno i najveća prepreka širenju ove tehnologije - ne postoji lokalni proizvođač, a uvoz samo jednog komada je neisplativ. Tako da u Hrvatskoj nažalost na Sunce kuhaju samo entuzijasti sa dovoljno slobodnog vremena i tehničkog predznanja koji mogu izraditi solarno kuhalo. No izrada kuhala ne mora biti komplicirana pa ćemo vam pokušati približiti ideju samogradnje solarnog kuhala jer ipak se radi o samo dobro postavljenom zrcalu i par nosača.

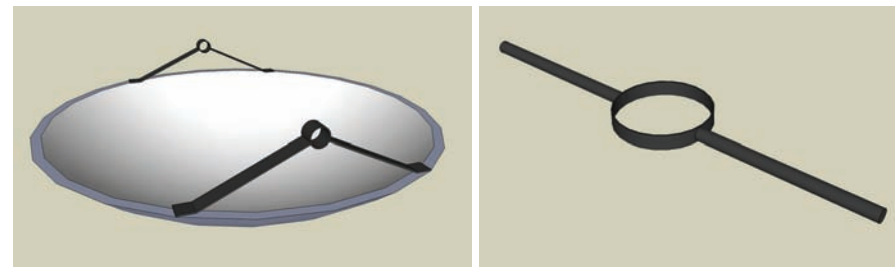
Samogradnja solarnog kuhala

Definitivno najjednostavniji i najefikasniji način da izradite parabolično zrcalo je da koristite staru satelitsku antenu. Rabljene se mogu naći na glomaznom otpadu, u otkupnim stanicama za metal ili preko oglasnika za stvarno simbolične novce. Satelitske antene su idealne za preradu u solarno kuhalo zato što već imaju oblik parabole i obično su industrijski dovoljno dobro i precizno izvedene za naše potrebe. Samo je bitno da antena nije nigdje udarena i svinuta jer takva neće fokusirati sve Sunčeve zrake gdje želimo. Antene se najčešće izrađuju od tankog čeličnog lima što je sasvim u redu za preradu u solarno kuhalo, no

rjeđe su antene od aluminijskog lima što je još bolje ako uspijete nabaviti jer su lakše. Najčešće se mogu nabaviti rabljene antene promjera 80 do 120 cm što je dovoljno za prženje hrane na tavi ili kuhanje u loncu od 3 l. Ako imate veće apetite još je bolje nabaviti antenu promjera većeg od 150 cm jer s takvim kahalima možemo odjednom kuhati veće količine hrane. Pravilo je jednostavno - veći promjer antene (budućeg zrcala) nam omogućava hvatanje veće količine energije Sunca što znači veću snagu našeg kuhala.

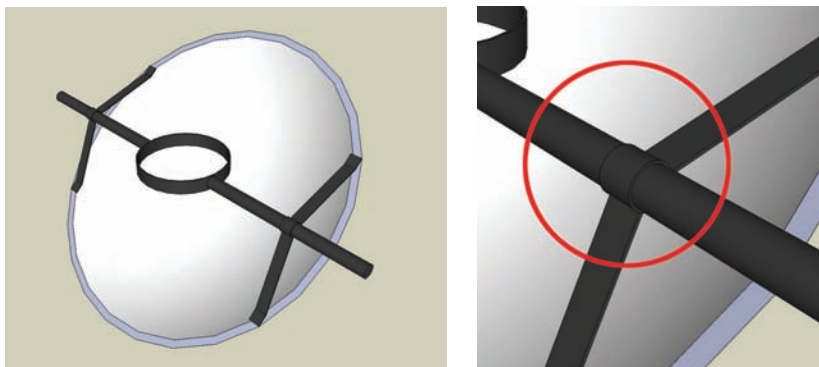
Kada nabavite antenu bitno je da je dobro očistite i operete površinu. Na tu površinu lijepimo refleksnu foliju. Iz iskustva se pokazalo da standardna kuhinjska aluminijska folija nije dobar reflektor energije Sunca. Površina kuhinjske folije nije potpuno zrcalna već je lagano mat, što znači da ne reflektira maksimalnu količinu Sunčeve svjetlosti. Budući da je tanka, teško ju je zalijepiti za antenu bez gužvanja tako da uvijek ostaju nabori što dodatno smanjuje efikasnost. Eksperimentiranjem smo došli do toga da je idealna refleksna folija za primjenu u solarnim kahalima samoljepiva zrcalna tapeta koja se može nabaviti u dućanima s tehničkom robom, čak i nekim trgovinama bojama i lakovima. Ta folija se sastoji od refleksnog sloja koji je dodatno ojačan plastičnim zaštitnim filmom, a i praktično je što je samoljepiva. Puno je čvršća od kuhinjske alu-folije, a u praksi se pokazalo da reflektira puno više Sunčeve svjetlosti. S obzirom na to da je parabolična antena okruglog oblika, najpraktičnije je da foliju narežete na trokute, slično kao kada režete pizzu. Te trokute zatim nalijepite na prethodno očišćenu i opranu, suhu površinu antene. Pokušajte biti što pažljiviji tako da vam ne ostane puno mjehurića i nabora. Što je manje mjehurića, to je površina vašeg zrcala bliža savršenoj paraboli, dakle i efikasnost je veća. No, mjehurići na foliji su katkad neizbježni pa postoji jedan jednostavan trik da ih se riješimo. Svaki

mjehurić možemo probušiti iglom ili zarezati oštrim skalpelom tako da se iz njih ispusti zrak što nam omogućuje da ga zalijepimo za površinu antene i na taj način izravnamo. Kada zalijepite foliju, najvažniji dio vašeg solarnog kuhala je gotov - parabolično zrcalo možete testirati tako da ga okrenete prema Suncu i pokušate naći fokus drvenim štapićem koji će odmah planuti kada ga nađete. Kada nađete fokus pokušajte što preciznije izmjeriti udaljenost fokusa od dna paraboličnog zrcala. To nam je bitno kako bismo mogli izraditi nosač.



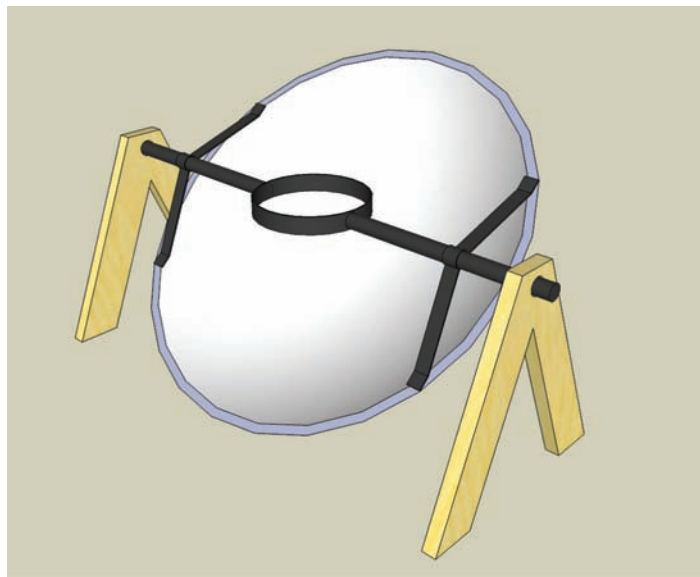
SLIKE
13, 14

Postoji više od jednog načina da se izvede nosač. Na internetu postoje mnogobrojni nacrti i različita rješenja za izvedbu nosača. Mi smo se odlučili na kombinaciju drveta i čeličnih profila koje smo zavarili. Prvi korak je napraviti metalne nosače za samu antenu (SLIKA 13). Nama se pokazalo najjednostavnije da ih izradimo od komada čeličnog plosnatog željeza (dimenzija 5 x 50 mm) koji se zavare na komadić cijevi dimenzije 1". Željezo se probuši i pričvrsti vijcima za zrcalo. Zatim od drugog komada cijevi treba izraditi os oko koje se rotira zrcalo (SLIKA 14). Os izradimo od čelične cijevi čiji vanjski promjer odgovara unutrašnjem promjeru komadića colne cijevi kako bi se jedna cijev mogla rotirati oko druge (SLIKA 15 i 16). Također je naravno bitno da na sredini osi napravimo krug u koji će doći lonac. U suprotnom bi se sva Sunčeva svjetlost koncentrirala na cijevi



SLIKE 15,
16

tako da je bitno da izrežemo taj srednji dio i napravimo obruč kako bi dno lonca sjelo točno u fokus. Naposljetku preostaje nam da izradimo noge (SLIKA 17) koje također mogu biti od čeličnih cijevi ili od drveta. Dobro je razmisliti o tome da se kuhalo može rastaviti tako da ga možete



SLIKA 17



SLIKA 18

jednostavno transportirati na neku drugu lokaciju ako je potrebno. Također možete razmisliti o tome da cijelo kuhalo bude na kotačima tako da ga lako možete rotirati prema Suncu ili transportirati po dvorištu ili terasi. Ako djelove kuhala izrađujete od drveta obavezno ih zaštitite lazurnim zaštitnim premazom za drvo kako bi kuhalo moglo ostati vani neoštećeno utjecajem atmosferilija. Metalne dijelove nakon zavarivanja trebate obrisati nitro razrjeđivačem, a najbolje bi bilo zaštititi ih cinkom u spreju ili običnom temeljnom bojom za metal.

Tako završeno solarno kuhalo možete držati vani i ono ne zahtijeva nikakvo održavanje osim što će možda trebati obnoviti boju svakih nekoliko godina. (SLIKA 18).

Solarno kuhalo se koristi tako da najprije nađete odgovarajući kut Sunca. Postavite lonac na predviđeno mjesto

i zatim ugrubo ciljate da sjena lonca pada točno u sredinu paraboličnog zrcala. Na taj način najvjerojatnije ćete odmah naći fokus, a ako je potrebno, možete još dodatno podesiti položaj kuhala ako vidite da lonac nije u žarištu. Kada gledate u lonac s donje strane gdje udara Sunčeva svjetlost koristit će vam jake sunčane naočale, obavezno sa UV zaštitom. Jednom kada je lonac u fokusu nema potrebe da ponovno gledate u dno lonca. Naravno, razumljivo je da nikada ne pokušavate staviti ruku ili neki drugi dio tijela u žarište jer ćete vrlo brzo dobiti opekline. Energija solarnog kuhala je jednako jaka kao plinski štednjak pa kao što nikada ne bismo stavili ruku u otvoreni plamen, tako isto trebamo biti svjesni da je žarišna točka jednako opasna. Za vrijeme kuhanja potrebno je podešavati položaj kuhala u odnosu na Sunce otprilike svakih 15 minuta. Ako vam je snaga kuhala u određenom trenutku prejaka, možete kuhalo lagano izbaciti iz fokusa ili možete dio zrcala prekriti plahtom ili nekim drugim materijalom kako biste ga zasjenili. Zapamtite, zrcalo nije vruće, već samo žarište!

Kuhalo se može koristiti za prženje hrane u tavi ili kuhanje u loncu. Dakle, na jednak način kako koristimo plinski štednjak, isto tako bismo koristili i solarno kuhalo.

I još jedan savjet: ako vam solarno kuhalo u samogradnji ne ispadne savršeno iz prve, nemojte se obeshrabriti. Nama je trebalo nekoliko pokušaja dok nismo došli do ovog

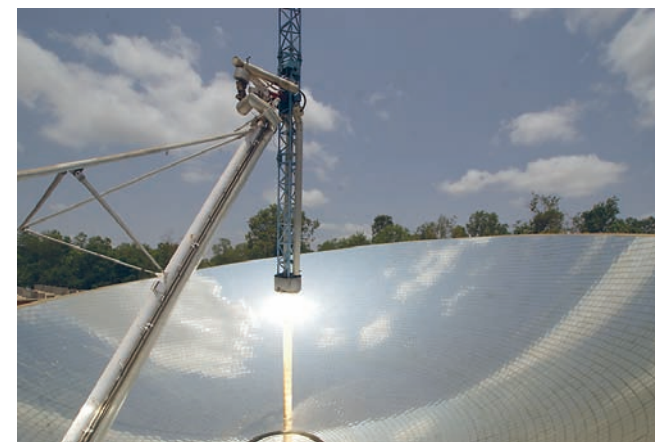
SLIKE
19,20

SLIKA 21

jednostavnog dizajna s paraboličnom antenom. (SLIKE 19, 20 i 21) prikazuju nekoliko neuspješnih ili poluuspješnih eksperimenata u kojima smo, sada već davne 2002. godine, pokušavali izraditi reflektore na razne načine.

Najveće solarno kuhalo na svijetu nalazi se u Aurovilleu u Indiji (SLIKA 22) gdje za vrijeme sunčanog dana kuhalo zagrijava vodu koja se pretvara u vodenu paru, para se zatim distribuira u domove gdje prolazi kroz zavojnice koje se onda koriste na sličan način kao i električno kuhalo - lonac se jednostavno stavi na zavojnicu. Kuhalo ima kapacitet da za vrijeme sunčanog dana kuha za 2000 ljudi.

SLIKA 22



Solarna pećnica

Kao i solarno kuhalo, solarna pećnica je pasivni uređaj koji izravno koristi energiju Sunca za zagrijavanje komore koju koristimo jednako kao i električnu pećnicu. Svojom veličinom solarne pećnice mogu varirati od male kartonske kutije (SLIKA 23) do velike pećnice prikladne za manje pekare (SLIKE 24 I 24A). Solarna pećnica izrađena od



SLIKE 23, 24, 24A kartonske kutije je dobra kao demonstracija što se sve može uz pomoć energije Sunca, no nema dovoljno velik kapacitet za ozbiljno korištenje, tako da idealna veličina solarne pećnice za prosječno kućanstvo leži negdje između ovih dvaju prethodnih primjera (SLIKE 25 I 26).

Slično kao i sa solarnim kahalima, pećnica se ne može kupiti u Hrvatskoj jer ne postoji tržište. Ne postoji čak niti uvoz solarnih kahalata i pećnica, a o proizvodnji da ne govorimo. Zato ste opet osuđeni na samogradnju. Velika



SLIKE 25, 26 funkcionalna solarna pećnica je ipak malo zahtjevniji zahvat od solarnog kuhala.

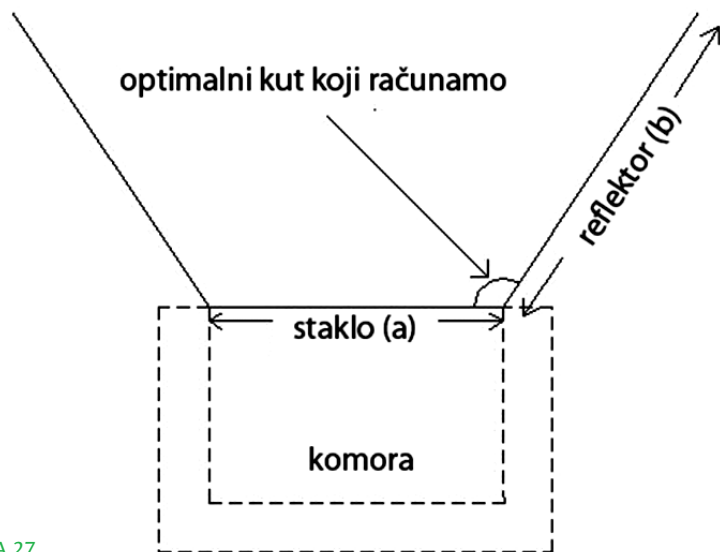
Solarna pećnica se sastoji od toplinski izolirane komore za pečenje koja ima jednu staklenu stranicu pomoću koje se omogućava da Sunčeva energija uđe u komoru. Stranice komore su obično obojane u crnu mat boju tako da se maksimalno apsorbira Sunčevo zračenje. Zbog toga što se zagrijavaju na visoku temperaturu, stjenke komore moraju biti izrađene od aluminijskog ili nehrđajućeg čeličnog lima. Zbog visokih temperatura kao toplinska izolacija se preporučuje kamena vuna, nažalost ne postoji opcija koja bi bila ekološki prihvatljivija. Vanjska stjenka može biti od bilo čega, ali bilo bi korisno da je od nekog materijala koji može podnijeti kišu, tako da pećnicu ne morate stalno sklanjati nego da može ostati vani i za vrijeme lošeg vremena.

Samo prozor na komori ne osigurava dovoljnu količinu insolacije za pečenje hrane. Zbog toga se solarnim pećnicama dodaju zrcala koja povećavaju količinu energije Sunca koja ulazi kroz prozor. Krila mogu biti izrađena od poliranog lima od nehrđajućeg čelika ili šperploče presvučene samoljepivom zrcalnom tapetom. Također je moguće koristiti aluminijski lim pa ga ispolirati na visoki sjaj jer je jeftiniji od nehrđajućeg čelika.

Solarne pećnice postižu maksimalnu temperaturu od oko 300 do 400°C što je više nego dovoljno za pečenje bilo kakvih jela - od kruha, pizze do bilo kakvih drugih pečenih jela. Solarno pečeni "gravče-na-tavče" ima poseban okus i energiju.

Solarnim pećnicama treba nešto duže da se zagriju na radnu temperaturu u usporedbi s električnim ili plinskim pećnicama.

Dimenzioniranje solarne pećnice može biti matematički izazov pa ćemo vam pokušati dati model za računanje optimalnog kuta između reflektora i pozora na solarnoj pećnici kako bi se postigla maksimalna efikasnost. Dimenzioniranje pećnice obično počinje odlukom koja je najveća posuda u kojoj želimo spremati hranu. Te dimenzije nam diktiraju unutarnje dimenzije komore solarne pećnice, a one nam pak diktiraju koliko će biti velik prozor na solarnoj pećnici. (SLIKA 27)



SLIKA 27

Optimalni kut između reflektora i stakla je onaj koji će presresti najviše svjetlosti koju će reflektirati u unutrašnjost komore za pečenje. Za izračunavanje tog kuta potrebno je osnovno poznavanje trigonometrije. Za one koji se ne sjećaju tog gradiva iz osnovne škole formula za izračunavanje može izgledati zastrašujuće ali uz pomoć kalkulatora se sve može vrlo jednostavno izračunati. Samo pratite postupak korak po korak. U nastavku slijedi primjer izračuna korak po korak kako biste izbjegli potencijalne nedoumice. Formula za izračun optimalnog kuta reflektora je:

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-(b \div 4a) + (0.25 \times \sqrt{(b^2 \div a^2) + 8})\}]$$

pri čemu je:

a = dimenzija stakla determinirana veličinom komore

b = dužina reflektora

PRIMJER:

dužina stakla = a = 18 cm

dužina reflektora = b = 24 cm

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-(24 \div 4 \times 18) + (0.25 \times \sqrt{(24^2 \div 18^2) + 8})\}]$$

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-(24 \div 72) + (0.25 \times \sqrt{(576 \div 324) + 8})\}]$$

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-0.333 + (0.25 \times \sqrt{(1.78) + 8})\}]$$

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-0.333 + (0.25 \times \sqrt{9.78})\}]$$

$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-0.333 + (0.25 \times 3.13)\}]$$

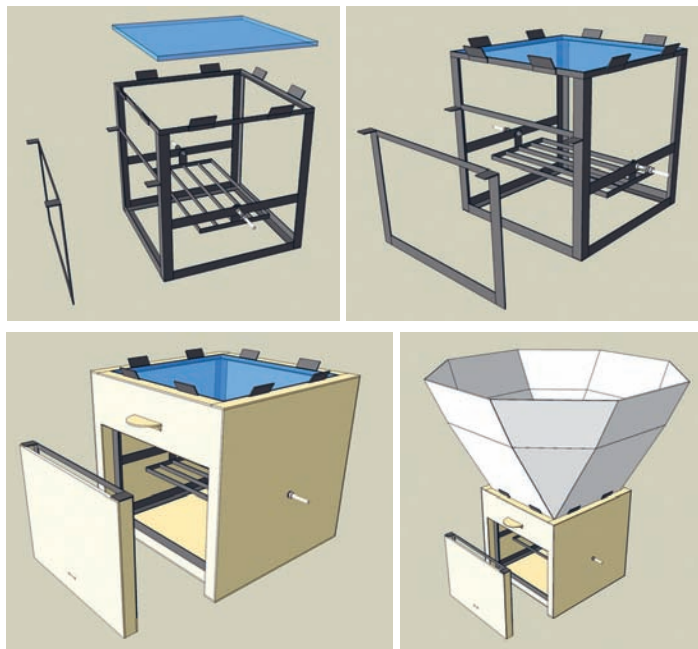
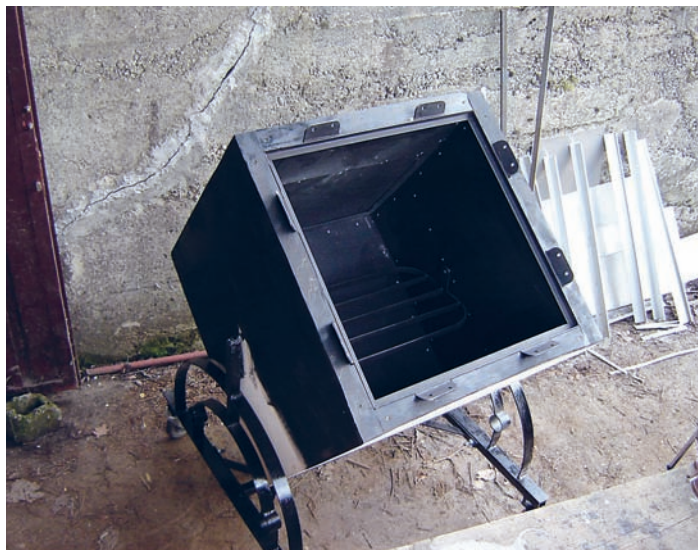
$$\text{kut} = 90^\circ + [\sin^{-1} \times \{-0.333 + 0.78\}]$$

$$\text{kut} = 90^\circ + \sin^{-1} \times 0.45$$

$$\text{kut} = 90^\circ + 26.7^\circ$$

$$\text{kut} = 116.7^\circ$$

Eto, vidite da nije tako teško! U nastavku su okvirni crteži solarne pećnice koja je izrađena od zavarene čelične konstrukcije. S unutrašnje strane komora je obložena limom od nehrđajućeg čelika obojanog u crnu mat boju otpornu na visoke temperature. Oko lima je 5 cm kamene vune koja je zatvorena šperpločom. (SLIKE 28, 29, 30, 31, 32)

SLIKE 28,
29, 30, 31

SLIKA 32

2.4. Sunčevi toplinski sustavi za zagrijavanje potrošne tople vode

4 U Hrvatskoj se za svaki proizvedeni kilovat sat električne energije emitira otprilike 0,376 kg CO₂

U današnje vrijeme kada se spomenu solarni kolektori u većini slučajeva ljudima najprije padaju na pamet fotonaponski moduli za proizvodnju električne energije. Fotonaponi su svakako praktična tehnologija koja ima svoje prednosti i mane, no kada se pojavi neka nova tehnologija na tržištu, često zaboravljamo na potencijal već dobro poznate tehnologije čiji potencijal nismo još u potpunosti iskoristili. Uistinu, solarni kolektori za zagrijavanje potrošne tople vode mogu uštedjeti ogromne količine energije i u toj usporedbi puno više ima smisla potrošnu vodu grijati pomoću takvih kolektora umjesto da generiramo električnu energiju pomoću fotonapona pa zatim pomoću te električne energije zagrijavamo toplu vodu.

U Hrvatskoj su toplinski sustavi na energiju Sunca za toplu vodu posebno nepravedno zapostavljeni. S obzirom na to da živimo u prilično osunčanoj zemlji stvarno je šteta što ne iskorištavamo puni potencijal te tehnologije. To ponajviše vrijedi za Primorje i Dalmaciju gdje je klima više nego povoljna za iskorištavanje energije Sunca. Povrh toga, najviše tople vode na našoj obali se potroši ljeti za vrijeme turističke sezone, upravo kada je Sunčeva energija dostupna u izobilju. Umjesto toga, velika većina turističkih objekata toplu vodu još uvijek grije

uz pomoć električne energije što je ujedno bacanje novca i ekološka šteta u obliku CO₂ koji nastaje generiranjem struje⁴ (većina električne energije u svijetu još uvijek se proizvodi u termoelektranama na fosilna goriva).

U Hrvatskoj se u kućanstvima u prosjeku troši 11% energije za pripremu potrošne tople vode (vidjeti sliku 7 na stranici 29). Ta energija još uvijek u velikoj mjeri dolazi od najskuplje električne energije, pa zatim od fosilnih goriva; lož ulja i plina. U manjoj mjeri se u posljednje vrijeme topla voda u kućanstvima priprema pomoću kotlova na biomasu, što je svakako bolje od fosilnih goriva. Međutim sve je to inferiorno solarnoj energiji koja je besplatna i dostupna.

Neki od razloga zašto se toplinski sustavi na energiju Sunca više ne koriste vjerojatno leže u činjenici da građani imaju vrlo nisku svijest o prednostima korištenja Sunčeve energije. Nedostatak političke volje da se podrži ova tehnologija također ima svoj utjecaj. Naposljetku tu je i cijena početne investicije jer solarni sustavi su sve samo ne jeftini. Međutim, pitanje troška je relativno jer novac i onako trošimo na energente pa u tom smislu razlog nije opravdan jer u konačnici solarni sustav predstavlja novčanu uštedu, a ne trošak. Vjerojatno ima nešto i u tome što solarni kolektori nisu sposobni zagrijati svu potrebnu količinu tople vode, bez obzira na to u kojem klimatskom području se nalazimo. Dakle, solarni sustav uvijek se mora kombinirati s još jednim energentom kako bi se zadovoljilo 100% potreba za toplom vodom. Kroz godinu dana procjenjuje se da se uz pomoć kolektora može zagrijati oko 50% tople vode u kontinentalnoj Hrvatskoj, a čak do 90% na obali.

Tipovi solarnih kolektora

PLOČASTI SOLARNI KOLEKTORI su najviše zastupljeni na našem tržištu. Najčešće se proizvode u dimenzijama tako da jedan kolektor ima oko 2m² površine (SLIKA 33). Srce samog kolektora je apsorber koji se sastoji od limenih krilaca koja su pričvršćena za bakrene cijevi kroz koje teče fluid. Limovi mogu biti od bakra ili aluminija. Nekada se koristio običan pocinčani čelični lim, ali budući da nema dobru toplinsku provodljivost ti kolektori su bili vrlo neefikasni pa se danas koriste bakar i aluminij. Kod komercijalnih kolektora limovi se pričvršćuju za cijevi postupkom ultrazvučnog zavariivanja koji osigurava dobar kontakt. Budući da je lim apsorbera premazan bojom koja upija Sunčevo zračenje, on se zagrijava i toplina se prenosi na cijevi te na fluid koji teče kroz cijevi. Komercijalni proizvođači su razvili razne tipove premaza od kojih najefikasniji mogu čak 90 do 95%



SLIKA 33

Sunčevog zračenja pretvoriti u toplinu. Kod samogradnje je taj postotak manji jer koristimo običnu mat crnu boju otpornu na visoke temperature pa se dio Sunčevog zračenja reflektira od apsorbera. No i bez obzira na smanjenu efikasnost i dalje se isplati izrađivati kolektore u samogradnji. Više o tome u idućem poglavlju.

Apsorber je ploča koja je ugrađena u izolirano kućište. Najčešće se za izolaciju koristi kamena vuna jer je otporna na visoke temperature kakve potencijalno mogu nastati u kolektoru. S prednje strane je posebno solarno staklo, najčešće debljine 4 mm, koje mora biti kaljeno (toplinski obrađeno) kako bi bilo otporno na udarce u slučaju tuče. Solarno staklo ima nizak udio željeza pa propušta puno više svjetlosti od običnog stakla (propusnost oko 90%). Solarno staklo nekih proizvođača može imati i nazubljenu površinu (SLIKA 34) koja se, kada pogledamo pod povećalom, sastoji od sitnih prizmatičnih elemenata koji pospješuju refleksiju svjetlosti u kolektor.



SLIKA 34



SLIKA 35

VAKUUMSKI KOLEKTORI (SLIKA 35) se sastoje od staklenih cijevi kroz koje prolaze bakrene cijevi. Oko bakrenih cijevi se nalazi ravna traka ili traka obavijena oko unutrašnjosti cijevi koja funkcionira kao apsorber. Toplina se prenosi s trake na bakrenu cijev kroz koju prolazi fluid koji se zagrijava. Budući da je u staklenim cijevima vakuum, toplinski gubici kolektora su minimalni pa su takvi kolektori efikasniji od običnih pločastih kolektora u kojima je zrak. Pločasti kolektori se ne bi mogli vakimirati jer bi ravno staklo puklo zbog podtlaka. Cjevasti oblik staklenih cijevi omogućuje vakuumiranje. Vakuumski kolektori postižu bolju efikasnost u zimskim mjesecima, a ljeti mogu postići više temperature od pločastih kolektora. Međutim, znatno su skuplji pa je njihova isplativost upitna. Naime, nakon nekoliko godina korištenja vakuumski kolektori prestanu brtviti

pa u cijevi uđe zrak što znači da im se efikasnost izjednačava s pločastim kolektorima. No čak i kada bi se vakuum održao kroz dugi niz godina, ispitivanja su pokazala da se u Hrvatskoj taj dodatni trošak ne isplati. Vakuumski kolektori imaju svoju isplativost u državama gdje nema puno sunčanih dana kao što je Skandinavija. S obzirom na to da je Hrvatska bogata sunčanim danima, omjer cijene i dobivene vrijednosti ide u korist pločastih solarnih kolektora.

Samogradnja solarnih kolektora

Već smo spomenuli da je jedna od velikih prepreka širem korištenju solarnih kolektora njihova cijena. U ovom trenutku, ako želite uložiti u solarni sustav za kućanstvo, vjerojatno ćete izdvojiti najmanje oko 14 000 kn, a ako želite malo jači sustav, brzo ćete doći i do 28 000 kn. Od toga oko polovina investicije odlazi na kolektore, a druga polovica za ostatak sustava (spremnik, pumpna grupa, ekspanzione posude, solarna automatika itd.). Iako će se ta investicija vratiti kroz određeni vremenski period i dalje je to puno novca. Procjenjuje se da su rokovi povratka investicije od 5 do 7 godina, ovisno o tome koji energent koristite u ovom trenutku i naravno o podneblju. Nakon tih 5 do 7 godina, energiju pomoću solarnih kolektora proizvodite potpuno besplatno!

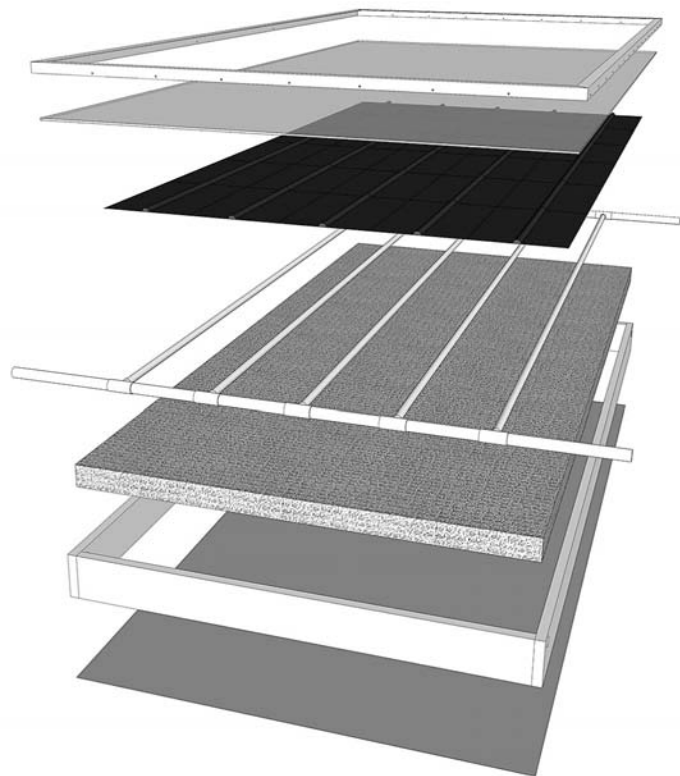
Situacija je nešto povoljnija otkad su dostupne subvencije za solarnu opremu. Županije povremeno raspisuju natječajne pa ako reagirate u pravom trenutku možete ostvariti čak do 50% subvencije za ugradnju solarne opreme u kućanstvu. No, natječajni za subvencije se pojavljuju samo povremeno pa ne možemo očekivati da će se na taj način značajno pokrenuti toliko potrebna solarizacija Hrvatske.



SLIKA 36

U ZMAG-u smo našli rješenje za skupoću opreme kroz samogradnju. Ako sami izradite svoju solarnu opremu, imate priliku ostvariti značajne financijske uštede. Mi smo prve eksperimente sa samogradnjom kolektora provodili 2002. godine (SLIKA 36). Ohrabreni početnim uspjehom razvijali smo prototip kolektora dok nismo postigli model koji je jednostavan za izraditi uz pomoć običnih ručnih alata, predznanja i sa oko tri puta manje novca. Kolektori kakve danas izrađujemo mogu se usporediti s komercijalnim proizvodima. Što se tiče efikasnosti jesu nešto slabiji, ali su značajno jeftiniji tako da se isplati razmisliti o toj opciji.

U svijetu postoji cijela scena entuzijasta koji eksperimentiraju s izradom vlastite solarne opreme u vlastitim garažama i radionicama. Iskustva se izmjenjuju putem interneta tako da postoje brojni forumi i web stranice na kojima ljudi izmjenjuju iskustva sa samogradnjom. Jedna



SLIKA 37

stranica koja nam je posebno zapela za oko je www.build-itsolar.com, pa ako vam engleski jezik nije problem, a zanimaju vas ove teme, savjetujemo vam da je pogledate jer zaista ima raznih kvalitetnih i korisnih rješenja za samogradnju ne samo solarnih kolektora već i raznih drugih tehnologija obnovljivih izvora energije. Postoji i priručnik za samogradnju solarnih kolektora koji možete preuzeti na stranicama Zelene akcije (www.zelena-akcija.hr) ili na našim stanicama ZMAG-a (www.zmag.hr) gdje je u detalje opisan postupak samogradnje pločastog solarnog kolektora od 2 m². Također, Zelena akcija je objavila video priručnik

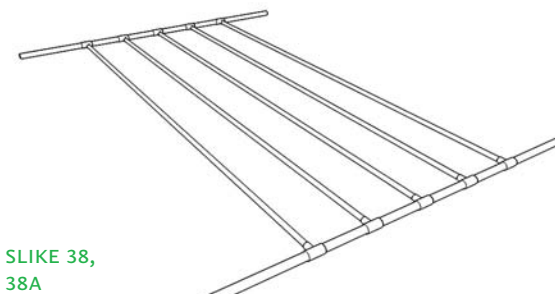
u kojem je u detalje objašnjen cijeli proces samogradnje kolektora. Dostupan je na Youtube-u, a najlakše ga je naći preko stranice Zelene akcije (> multimedija > video).

S obzirom na to da već postoje brojni materijali koji u detalje objašnjavaju samogradnju kolektora, u ovom poglavlju ćemo samo preletjeti kroz samogradnju. Više ćemo se koncentrirati na moguća poboljšanja samogradnje koja još nismo stigli objaviti u priručnicima (SLIKA 37).

Izrada kolektora u 5 koraka

1. IZRADA BAKRENE REŠETKE

Bakrenom rešetkom zovemo sklop cijevi koje prolaze kroz kolektor kroz koje prolazi fluid (SLIKA 38). To su klasične vodoinstalaterske cijevi kakve se koriste za instalacije centralnog grijanja i sl. S obzirom na skupoću bakra bolje je da cijevi imaju što tanju stijenku jer ćete na taj način uštedjeti. Stijenka od 0,8 mm je sasvim dovoljna da cijev podnese tlakove i temperature koje se javljaju u kolektoru. Gornja i donja cijev (horizontalne) se nazivaju sabirnice i izrađuju se od cijevi promjera 22 mm. Okomite cijevi su promjera 15 mm. Ukupno trebate oko 10 m cijevi promjera 15 mm i oko 2,5 metra cijevi promjera 22 mm. Bakrene cijevi spajamo pomoću bakrenih T spojeva (SLIKA 38A), a za jedan kolektor

SLIKE 38,
38A

SLIKE 39,
40

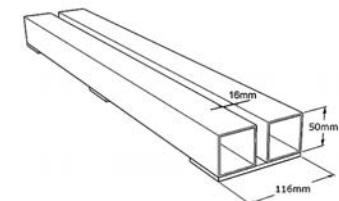
ih trebamo 10 komada, dimencija 22/15/22 mm. Cijevi je najlakše i najpreciznije rezati posebnim rezačem za bakrene cijevi (SLIKA 39). Nemojte pokušavati cijevi rezati nekim drugim alatom, recimo pilom za željezo ili kutnom brusilicom, jer ćete morati obraditi rub kako biste mogli spojiti cijevi pomoću T spojnica. Kada koristite ručni rezač onda je odrezani kraj cijev već pripremljen za lotanje i ne treba ga posebno obrađivati. To je i najbrži način rezanja.

Bakrene cijevi spajamo pomoću T komada postupkom mekog lotanja. Slično kao kod lemljenja elektronike koristimo posebnu žicu za lemljenje koja se sastoji od posebne legure kositra. Budući da kositar ima nisko talište idealan je materijal za spajanje jednostavnim zagrijavanjem plinskim plamenom. Prije mekog lemljenja cijevi trebamo dobro očistiti od potencijalne masnoće i bakrenog oksida. Za to koristimo posebnu spužvicu (SLIKA 40). Očišćene cijevi na mjestu spoja moramo namazati posebnom pastom za lemljenje koja se može kupiti u trgovinama s vodoinstalaterskom opremom zajedno sa žicom za lemljenje. Kada smo sve spojeve namazali i očistili, sklopimo bakrenu rešetku. Zatim se svaki spoj zagrijava (SLIKA 41) plinskim plamenikom. Kada je spoj zagrijan, dovoljno je procjep između cijevi i T spojnice dotaknuti žicom za lemljenje i ona će se rastaliti te popuniti procjep. Bitno je samo da tek zalemljeni spoj ne diramo te također da ne pomičemo



SLIKA 41

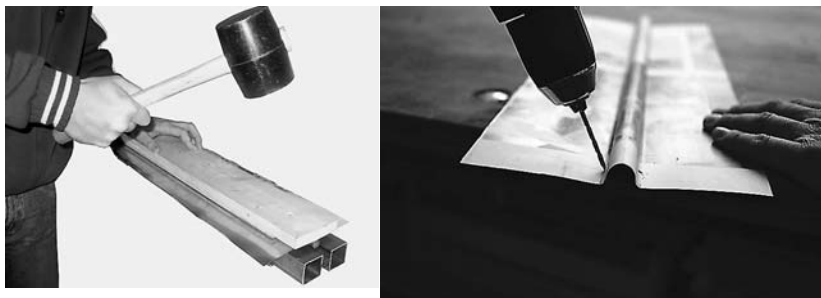
Krilca izrađujemo od aluminijskog lima debljine 0,3 do 0,5 mm. Za tu svrhu se mogu koristiti i otpadne aluminijske ploče koje se mogu vrlo povoljno nabaviti u tiskarama (SLIKA 43). Pomoću škara za lim (SLIKA 44) najprije izrežemo četvrtaste komade lima. Zatim trebamo saviti žlijeb u svakom krilcu. Žlijeb mora biti širine 15 mm kao što je i bakrena cijev. Taj žlijeb izvodimo kako bi se povećala kontaktna površina između bakrene cijevi i krilca. Žljebove izvodimo pomoću jednostavnog alata koji moramo sami izraditi (SLIKA 45). Alat se sastoji od dviju četvrtastih cijevi

SLIKE
42, 43SLIKE
44, 45

cijelu bakrenu rešetku dok svi slojevi nisu ohlađeni. Tek kada se spojevi ohlade možemo njome manipulirati.

2. IZRADA LIMENIH KRILACA

Sljedeći korak je izrada limenih krilaca koje ćemo spajati s bakrenim cijevima (SLIKA 42).



SLIKE
46, 47

koje su međusobno zavarene na udaljenosti od 16 mm. Na te dvije cijevi postavimo krilce i stisnemo ga daskom na koju je pričvršćen komad bakrene cijevi promjera 15 mm. Gumenim čekićem nabijamo dasku dok cijela cijev ne uđe i formira utor (SLIKA 46). Na svakom krilcu potrebno je probušiti rupe kako bi se objumicama mogla krilca vezati za bakrene cijevi (SLIKA 47).

3. SKLAPANJE I BOJANJE APSORBERA

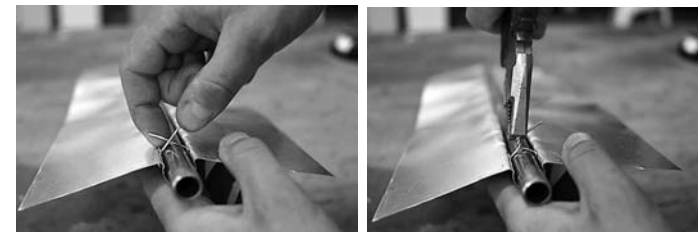
Žlijeb svakog krilca potrebno je napuniti tankim slojem silikona otpornog na visoke temperature (SLIKA 48). Zatim krilca možemo poslagati po bakrenoj rešetki. Objumice možemo sami izraditi od komadića žice dužine 10 cm. Žica može biti bakrena za električne instalacije (obavezno skinuti izolaciju!) ili obična čelična. Komadiće žice savinemo u oblik slova U (SLIKA 49). Zatim žicu utaknemo u rupe koje smo izbušili na krilcu i stegnemo kliještima (SLIKE 50, 51, 52, 53, 54, 55). Kada spojimo sva krilca još je preostalo da ih obojimo mat crnom bojom za metal. Boja mora biti otporna na visoke temperature, a najlakše ju je nanositi sprejem, iako je to skuplja varijanta nego da boju kupimo u limenci. Vaš apsorber je gotov! (SLIKE 56 I 57)



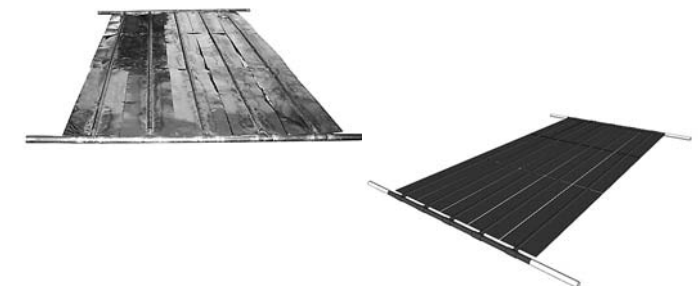
SLIKE
48, 49



SLIKE
50, 51



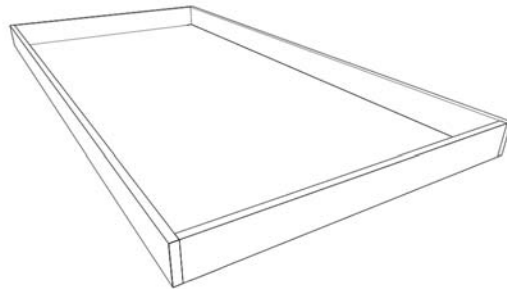
SLIKE 52,
53, 54,
55



SLIKE
56, 57

4. IZRADA DRVENOG KUĆIŠTA

Slijedeći korak je izrada drvenog kućišta od dasaka širine 10 cm (SLIKA 58). Daske se spajaju vijcima i ljepilom za drvo pod kutom od 90°. Poledina kolektora se je od aluminijskog lima kojeg vijcima pričvrstimo za drveni okvir. Zatim u okvir stavljamo toplinsku izolaciju od kamene vune u debljini od 5 cm. Kamena vuna se prekriva aluminijskom folijom debljine 0,1 mm koju zaklamamo za drveni okvir.



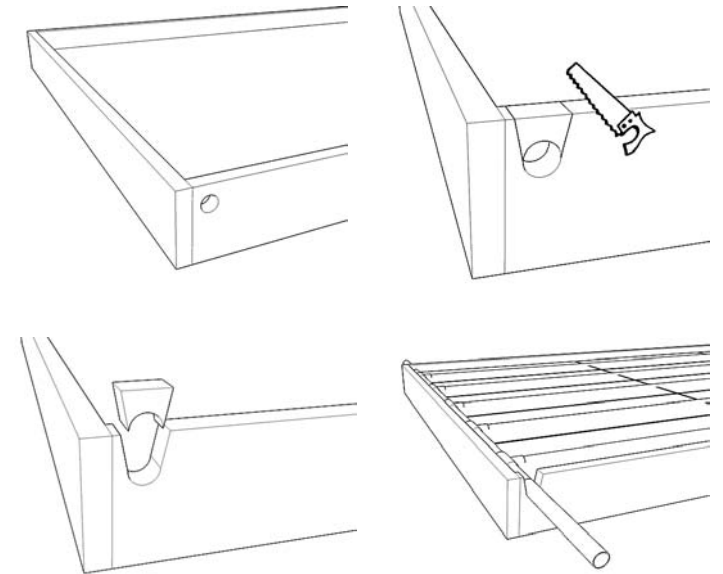
SLIKA 58

5. SKLAPANJE GOTOVOG KOLEKOTRA

Još preostaje da izrađene komponente sklopimo u završeni kolektor. Najprije moramo na drvenom okviru probušiti rupe za ulaze i izlaze (bakrena cijev promjera 22 mm) (SLIKA 59). Zatim na jednoj strani kolektora moramo izrezati konus kako bismo apsorber mogli ubaciti u drveni okvir (SLIKA 60 i 61). Nakon toga možemo apsorber umetnuti u okvir (SLIKA 62) i vratite komadiće drveta nazad i zalijepiti ljepilom za drvo.

Na gornju površinu drvenog okvira nanosimo silikon i nakon toga možemo postaviti staklo. Ono se pričvršćuje za drveni okvir pomoću aluminijskih profila dimenzija 20 x 20 x 2 mm tako da se vijcima donja strana poveže sa drvenim okvirom (SLIKA 63).

Solarni kolektor je gotov i spreman za montažu!

SLIKE
59, 60,
61, 62

SLIKA 63

Moguća poboljšanja

Solarni kolektori koje izrađujemo na ovaj način primjenjuju se u mnogobrojnim školama i vrtićima s kojima smo bili partneri na raznim projektima edukacije djece o obnovljivim izvorima energije. U praksi su se pokazali vrlo praktičnima i funkcionalnima. I na Recikliranom imanju u edukacijskom centru koristimo jedan takav sustav koji smo izradili u samogradnji i funkcionira savršeno!

U trenutku kada smo počeli eksperimentiranje s kolektorima bakar još nije bio toliko skup koliko je danas. U to doba mogli smo izraditi kolektor koji je do četiri puta bio jeftiniji od komercijalnog modela iste površine. Danas je taj omjer puno manji zbog toga što su cijene bakra na svjetskom tržištu otišle u nebesa. Zbog toga smo u posljednje vrijeme počeli eksperimentirati s alternativnim materijalima od kojih se aluminij pokazao kao najprikladniji. Problem s aluminijem je što se ne može tako jednostavno lemiti kao bakar. Dapače, zavarivanje aluminija je jedan od najkompliciranijih postupaka zavarivanja jer zahtjeva i stručnost varioca i poseban stroj. No, ako uspijemo riješiti probleme spajanja aluminijskih cijevi moći ćemo izraditi kolektor koji je i do 5 puta jeftiniji od komercijalnog! Aluminij je zanimljivo slabiji nosilac topline od bakra i jednako dobro može poslužiti u kolektoru.

U trenutku pisanja ovog priručnika još nemamo gotov prototip kolektora s potpuno aluminijskim apsorberom, ali se nadamo da ćemo u skorijoj budućnosti imati funkcionalni model.

Postoje i alternativni načini spajanja aluminijskih cijevi. Jedan od načina je tzv. "pertlanje". To je postupak u kojem se pomoću jednostavnog ručnog alata na kraju cijevi formira poseban obod (SLIKA 64) na koji se može nataknuti brtva te stegnuti standardnim mesinganim spojnicama koje imaju navoj.



SLIKA 64

U posljednje vrijeme su se na tržištu pojavili proizvodi koji omogućavaju meko lemljenje aluminija na relativno niskoj temperaturi uz pomoć običnog plinskog plamenika. Radi se o posebnoj leguri koja je čvršća od aluminija, ali ima talište na 389°C što je dovoljno nisko da se postigne ručnim plinskim plamenikom.

U svakom slučaju potrebno je još eksperimentirati i istražiti ove načine spajanja kako bismo napravili savršen apsorber od jeftinijih materijala nego što je bakar.

Samogradnja solarnog spremnika

Već smo u prethodnom poglavlju spomenuli da kolektori sačinjavaju otprilike polovice ukupne investicije u solarni sustav. Logično pitanje je što s drugom polovicom sustava? Je li moguće i ostatak opreme izraditi i na taj način još dodatno uštedjeti? Mi u ZMAGu se još nismo imali prilike poigrati s tim dijelom samogradnje no mnogi entuzijasti u svijetu uspješno su izradili i taj dio opreme.

Komercijalni solarni spremnik je skup prvenstveno zbog toga što mora moći podnijeti visoke pritiske koji se mogu pojaviti u solarnom sustavu. Voda koja dolazi u naša kućanstva distribucijskom mrežom već je pod pritiskom. Najčešće je taj pritisak oko 2 bara, ali može i dosta varirati, ovisno o lokaciji. Uslijed zagrijavanja pritisak još dodatno raste i solarni spremnik mora biti dovoljno čvrsto izrađen da bi podnio sva ta naprezanja. Zbog toga solarni spremnici moraju biti od relativno debelog materijala. Zbog visokog pritiska također je bitan oblik spremnika - stranice moraju biti zaobljene. Sve u svemu, tlačni spremnik kao što ga proizvode komercijalni proizvođači je nemoguće izraditi u samogradnji. Postoje primjeri samogradnje tlačnog spremnika od starog hidrofora ili električnog bojlera, ali problem je u tome što su takvi spremnici najčešće relativno malog volumena da bi bili dostatni za ozbiljan solarni sustav. Neki su tom problemu pokušali doskočiti tako što su povezali više takvih spremnika u jednu jedinicu. Takav sustav bi imao smisla ako spremnike možete dobiti besplatno. U protivnom ćete potrošiti previše novca na same spremnike i na kraju ćete imati isti trošak kao da ste kupili gotov solarni spremnik što je naravno jednostavnije.

Rješenje koje mi ovdje predlažemo je potpuno eliminirati pritisak iz sustava to jest napraviti niskotlačni - otvoreni sustav. Na taj način otvaraju se opcije za korištenje puno većeg spektra gotovih bačvi i tankova koje možemo ovdje iskoristiti. Ovdje ćemo predstaviti dva modela kako bi se to moglo napraviti. To svakako nisu jedini načini za samogradnju solarnog spremnika, ali se nama čine kao dva najjednostavnija rješenja koja slijede u nastavku.

DRVENI SOLARNI SPREMNİK

Solarni spremnik može se izraditi u obliku drvene kutije koja je iznutra obložena čvrstom plastičnom folijom koja se inače koristi u graditeljstvu, za jezerca ili bazene. (SLIKE 65, 66, 67, 68) Na slikama je prikazano jedno od mogućih rješenja kako bi drveni spremnik mogao biti izrađen. Desna slika prikazuje jezersku foliju instaliranu u spremnik. Materijal koji preporučamo je TPO (termoplastični poliolefin). Takva folija je na bazi polipropilena koji je relativno inertan materijal i pogodan je za kontakt čak i s pitkom vodom. Debljina folije je 1.2 do 1.5 mm. Posuda svakako mora biti dobro toplinski izolirana, a budući da su stranice ravne, najjednostavnije je koristiti ploče ekspaniranog polistirena (stiropor). Izmjenjivač topline za solarni krug sustava može se napraviti ili od bakrenih cijevi meko lotanih pomoću standardnih koljena pod pravim kutom ili od polietilenskih cijevi (Okiten). (SLIKA 69)



SLIKE
65, 66,
67, 68



SLIKA 69

Na kraju je potrebno napraviti poklopac koji također treba biti izoliran. Ulazi mogu jednostavno biti postavljeni tako da kroz poklopac ulaze i izlaze iz spremnika. Potrošnja tople vode funkcionira tako da se u spremniku nalazi mala potopna pumpa koja se aktivira kada trošimo toplu vodu.

Druga opcija je spojiti spremnik na mali hidropak sustav koji onda pomoću pritiska distribuira vodu cijevima.

SOLARNI SPREMNIK OD BAČVE

Drugi način da se napravi solarni spremnik je pomoću metalne bačve. Bačva može biti od nehrđajućeg čelika (npr. za vino). Druga, manje poželjna opcija, je koristiti običnu čeličnu bačvu koja je iznutra tretirana zaštitnim slojem. Na bačvu je potrebno tvrdo zalotati ulaze i izlaze. Tvrdo lotanje je metoda spajanja raznorodnih materijala na višim temperaturama od mekog lotanja dodavanjem dodatnog materijala (u ovom slučaju šipke na bazi srebra). Plinski plamenik za tvrdo lotanje troši mješavinu kisika i propanbutana čime se postižu vrlo visoke temperature. Ovom metodom moguće je jednostavno na postojeću bačvu dodati mjedene spojnice koji će nam služiti kao ulazi i izlazi vode i medija u spremnik.

Ako će se sustav koristiti zimi (a nadamo se da hoće!), kroz kolektorski krug prolazi medij za prijenos topline

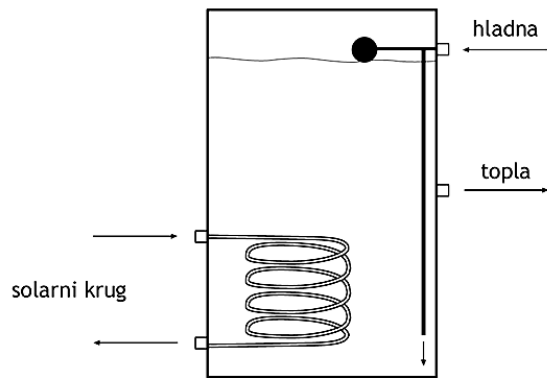
umjesto vode. Kao medij najčešće se koristi ekološki anti-friz; propilen-glikol. Nemojte pasti u napast da zbog niže cijene koristite običan antifriz za automobile (etilen-glikol) jer je izrazito toksičan. Propilen glikol je biološki razgradiv, neškodljiv i danas se standardno koristi za solarne sustave. Budući da za prijenos topline iz kolektora u spremnik koristimo medij, moramo izraditi izmjenjivač topline koji će biti uronjen u solarni spremnik kako bi se omogućilo da medij zagrije vodu u bačvi. Za tu potrebu moguće je napraviti zavojnicu od bakrene cijevi koju ćemo spojiti na mjedeni ulaz i izlaz na bačvi. Savijanje cijevi zna biti teško jer je bakar mekan i lako dođe do "cvikanja" cijevi, pa preporučujemo da je savijate oko nekog valjkastog predmeta kao što je prikazano na slici 70.

SLIKE
70, 71

Ključna razlika između naše bačve koju koristimo za akumulaciju i komercijalnog spremnika je u tome što komercijalni spremnici funkcioniraju pod visokim pritiscima. Naš spremnik od bačve funkcionira bez pritiska. To je tzv. niskotlačni sustav. Vodu dovodimo u spremnik pomoću ventila s plovkom za wc kotliće (SLIKA 71). Taj ventil nam omogućuje da razina vode u spremniku uvijek bude konstantna. Mana ovog sustava je to što voda nije pod pritiskom pa se moramo snaći kako da vodu distribuira do trošila. Jedan način je da spremnik pozicioniramo visoko u objektu i vodu distribuira slobodnim padom. Neki su taj

problem riješili i tako da su na izlazu iz spremnika povezali mali hidropak koji stvara pritisak vode na izlazu. Danas se mogu kupiti vrlo jeftini mali hidropak sustavi, a cijena komercijalnog solarnog spremnika je toliko velika tako da se čak i ovakva investicija isplati.

Nakon što spojimo sve ulaze i izlaze našu bačvu potrebno je dobro toplinski izolirati tako da što dulje čuva prikupljenu toplinu. To je najlakše izvesti sa spužvom debljine najmanje 10 cm. Najvažnije je da nema prekida u izolaciji tako da je izolacija dobro priljubljena sa svih strana uz bačvu. Na slici 72 je vrlo pojednostavljeni prikaz solarnog spremnika izrađenog od bačve.

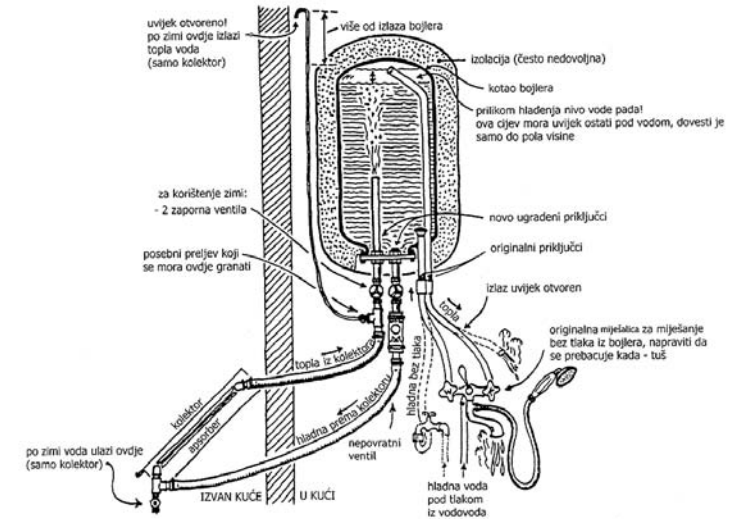


SLIKA 72

SUSTAV BEZ TLAKA ZA JEDNU SLAVINU (SLIKA 72A)

U ovu svrhu mogu se s kolektorom odlično spojiti stari električni bojleri kao već izolirani spremnici. Postojeći priključak na hladnu i toplu vodu možete upotrijebiti. Ako koristite još i miješalicu za miješanje (bez tlaka) za tuš i kadu, onda je ugradnja sasvim jednostavna!

Korištenje zimi: lagano smrzavanje preko noći nije opasno, ali ako i po danu ostane hladno, uređaj se mora

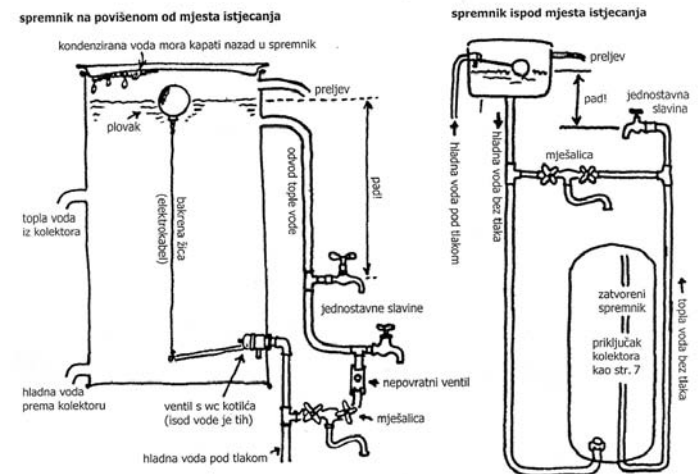


SLIKA 72A

isprazniti. Cijevi apsorbera se bez smrznu i puknu, a kod duljeg smrzavanja puca i spremnik.

BESTLAČNI SUSTAVI ZA VIŠE SLAVINA (SLIKA 72B)

U jednostavnu bačvu koja služi kao spremnik ugradite ventil s WC kotlića tako da se spremnik uvijek dopuni iz



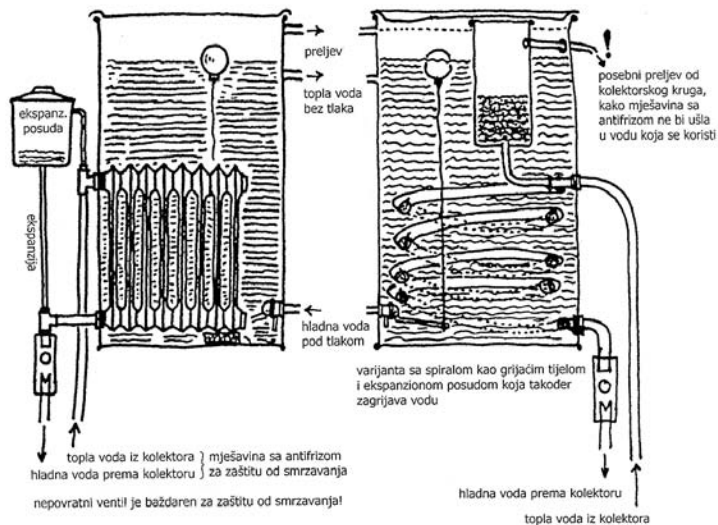
SLIKA 72B

tlačnog voda. Plovak treba podesiti tako da odvod vode stalno ostaje ispod površine vode. Iznad toga treba predvidjeti prostor za ekspanziju budući da kod ovakvih sustava nije potrebna ekspanziona posuda. Iznad plovka treba napraviti preljev kao mjeru sigurnosti za slučaj da ventil od WC kotlića zakaže.

Druga opcija je zatvoreni (tlačni) spremnik od starog električnog bojlera koji može biti postavljen i ispod ispusnog mjesta (slavine) i može se puniti pomoću izdvojenog WC kotlića.

SUSTAVI S IZMJENJIVAČIMA TOPLINE BEZ TLAKA (SLIKA 72C)
Spremnik treba biti na mjestu koje je sigurno od smrzavanja, a kroz izmjenjivač topline i kolektore teče solarna tekućina - propilen glikol koji ne smrzava. Kao izmjenjivač možemo koristiti aluminijski radiator ili bakrenu spiralnu zavojnicu. Ekspanzioni prostor se nalazi u samoj bačvi, a kolektorskom krugu je potrebna ekspanziona posuda.

uredaj bez tlaka



SLIKA 72C

TLAČNI SUSTAVI (SLIKA72D)



Montiranje solarnih kolektora

Solarni kolektori se najčešće montiraju na krov pomoću metalnih nosača. Nosači se mogu kupiti, a možete ih i izraditi ako znate zavarivati. Ako nemate krovšte koje je orijentirano prema jugu, kolektori ne moraju nužno biti na krovu. Oni mogu stajati i ispred kuće na nekoj terasi ili jednostavno ispred objekta. Idealno bi bilo da su kolektori okrenuti prema jugu jer ćete na taj način "uhvatiti" najviše energije Sunca ravnomjerno kroz cijeli dan.

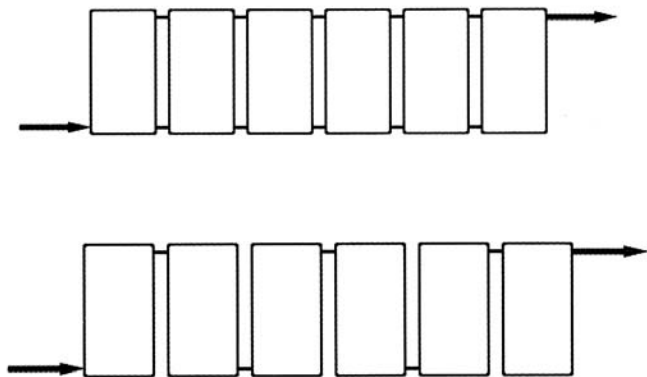
Što se tiče kuta prema horizontali, u pravilu se montiraju pod fiksim kutem od 37° do 43°. Ovaj kut je optimalan za korištenje kolektora kroz cijelu godinu. Ako kolektore planirate koristiti samo u jednom dijelu godine onda ima smisla da kut podesite ovisno o tome u kojem dijelu godine ga želite koristiti. U tablici su prikazani optimalni kutovi kolektora prema horizontali za pojedine mjeseci u Zagrebu i Splitu:

	siječanj	veljača	ožujak	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studen	prosinac
Split	65°	57°	43°	24°	10°	1°	6°	20°	37°	55°	64°	67°
Zagreb	58°	53°	38°	24°	11°	2°	7°	20°	37°	51°	50°	52°

Ova tablica mogla bi biti primjenjiva recimo za turističke objekte gdje se topla voda troši isključivo tokom ljetnih mjeseci. U tom slučaju puno bolje bi bilo kolektore montirati pod kutem od 20° pri čemu se može prikupiti i do 13% više energije nego pri kutu od 43°. Ugradnja mehanizama za praćenje Sunca nije isplativa zbog cijene i održavanja takvih uređaja.

Spajanje solarnog sustava

Sami kolektori se mogu međusobno spojiti na više načina: serijski ili paralelno (SLIKA 73). Kod paralelnog spajanja temperatura na ulazu i izlazu svakog kolektora je približno jednaka. Zapravo, kolektori zajednički funkcioniraju kao jedan veliki kolektor. Serijski spoj omogućuje da izlazna temperatura jednog kolektora predstavlja zapravo ulaznu



SLIKA 73

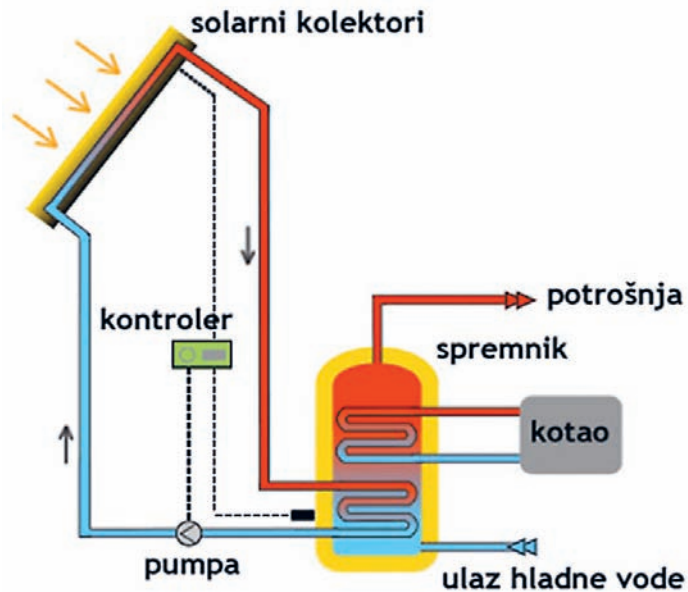
temperaturu u drugi kolektor što rezultira puno višim temperaturama na krajnjem izlazu. Za naše podneblje to nije korisno jer viša temperature znači veće gubitke energije u prijenosu od kolektora do spremnika i u samim kolektorima. Serijski spoj je korisniji za klimatske uvjete s malim brojem sunčanih sati kao što su to zemlje Skandinavije ili Njemačka.

Već smo spomenuli da kroz kolektore teče fluid, a ne voda. Fluid je zapravo sredstvo protiv smrzavanja, a najčešće se koristi kemijski spoj propilen-glikol koji je ekološki antifriz. Nije toksičan u slučajevima da završi u prirodi pa mu dajemo prednost pred etilen-glikolom; antifrizom koji se koristi u automobilima, a ima toksična svojstva. Pumpa koja tjera fluid kroz solarne kolektore mora biti pravilno odabrana u odnosu na broj kolektora i snagu. Protok fluida kroz kolektore mora biti takav da se svakom spojenom kolektoru ostvari prirast od 5 do 15°C. Da bi se to postiglo pumpa mora imati protok od 30 do 70 l/m² površine kolektora. Ako protok nije dovoljno velik to bi moglo uzrokovati pad efikasnosti.

SPAJANJE AKTIVNOG SUSTAVA

Slika 74 prikazuje tipičan način spajanja solarnog sustava. Osnovni dijelovi sustava su kolektori, solarni spremnik, automatika (regulator) i cirkulacijska pumpa. Automatika konstantno motri temperaturu na izlazu iz kolektora i temperaturu u spremniku. Kada Sunce zagrije kolektor na određenu temperaturu, automatika uključuje cirkulacijsku pumpu koja zatim pokreće solarni krug. Zagrijani fluid predaje svoju toplinu vodi u spremniku putem izmjenjivača topline. Izmjenjivač je najčešće komad cijevi svinut u spiralu koja prolazi kroz vodu koju zagrijavamo.

Kada Sunčeva energija nije dostupna, uključuje se dodatni kotao ili električni grijač. Kotao može generirati

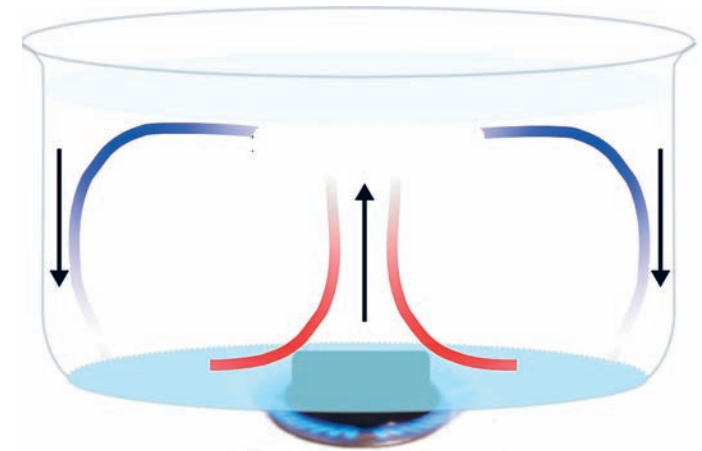


SLIKA 74

toplinu iz raznih izvora - plin, lož ulje, a idealno bi bilo da je to neka vrsta kotla na biomasu tako da kombiniramo dva različita obnovljiva izvora toplinske energije.

PASIVNO SPAJANJE SOLARNOG SUSTAVA

Solarni sustav može biti još energetski efikasniji i jeftiniji ako ga spojimo na određeni način. Umjesto da koristimo pumpu za izmjenu topline, možemo koristiti prirodnu fizikalnu pojavu koja se zove konvekcija. To je pojava kojoj su podložni svi fluidi (dakle plinovi i tekućine). Konvekcija je usmjereno gibanje fluida tako da se topliji fluid kreće prema hladnijem i predaje toplinu okolini. Zbog razlike u gustoćama, topliji fluid se zbog uzgona kreće prema gore. Tipičan primjer konvekcije je prostorija koja se grije pa topliji zrak migrira prema vrhu prostorije, a hladniji zrak se zadržava dolje, u dnu prostorije. Ako u objektu postoji potkrovlje,



SLIKA 74A

poznato je da sav topli zrak odlazi u najvišu točku to jest potkrovlje, pa takvi prostori često imaju probleme s pregrijavanjem. Još jedan primjer konvekcije je cirkulacija vode u loncu kojeg zagrijavamo na štednjaku (SLIKA 74A). Na isti način se ponašaju i tekućine pa tu pojavu možemo koristiti za izmjenu topline između kolektora i spremnika.

Da bi došlo do konvekcije u solarnom sustavu spremnik mora biti smješten na povišenoj poziciji u odnosu na kolektore. To možda u nekim slučajevima nije moguće ako je jedino mjesto za kolektore krov, a jedino mjesto za spremnik kotlovnica u podrumu ili prizemlju. No ako nađemo načina da im zamijenimo mjesta možemo ostvariti značajnu uštedu jer ne moramo kupiti automatiku i cirkulacijsku pumpu, što nije mala investicija. Idealno bi bilo ako spremnik možete smjestiti u potkrovlju, a kolektore montirate na nosače ispred kuće. Visinska razlika između kolektora i spremnika mora biti najmanje 60 cm da bi došlo do efekta konvekcije.

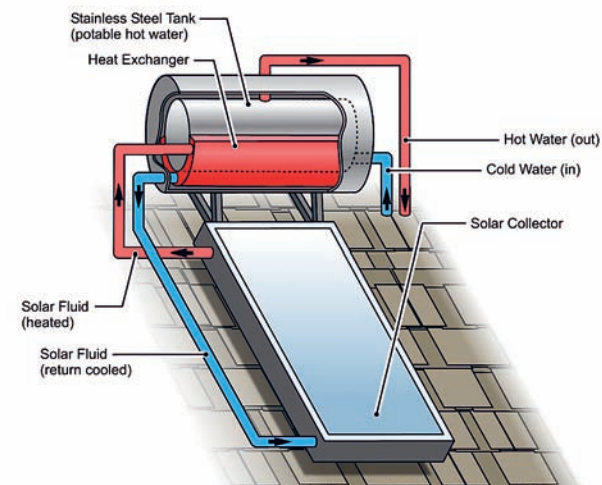
Također, kod spajanja cijevi moramo poštivati nekoliko pravila. Ne smiju se koristiti oštra koljena pod 90° jer na tim mjestima može doći do zastoja cirkulacije fluida. Dakle

SLIKE 75
I 76

idealno bi bilo da koristimo lukove na mjestima gdje cijevi mijenjaju svoj kut. Također još jedno vrlo bitno pravilo je da cijevi ne smiju imati pad. Dakle od spremnika cijevi solarnog kruga moraju biti montirane tako da imaju konstantan uspon. Kut ne mora biti velik, samo je bitno da cijev u smjeru od spremnika prema kolektoru nikada ne pada već da se uvijek uspinje. Također, korištenje širih cijevi

olakšava pasivnu cirkulaciju fluida. Tako da je minimalan promjer cijevi za spajanje pasivnog sustava 22 mm. Slike 75 i 76 prikazuju jedan takav sustav izveden u samogradnji.

Komercijalni proizvođači solarne opreme dosjetili su se kako da iskoriste ovaj efekt pa se na tržištu mogu naći i kolektori koji su povezani sa spremnikom na samom krovu (SLIKA 78). Za kontinentalnu Hrvatsku to nije idealno rješenje zato što sustav gubi na efikasnosti u hladnijem dijelu godine kada i onako ima manje sunčanih dana.



SLIKA 78

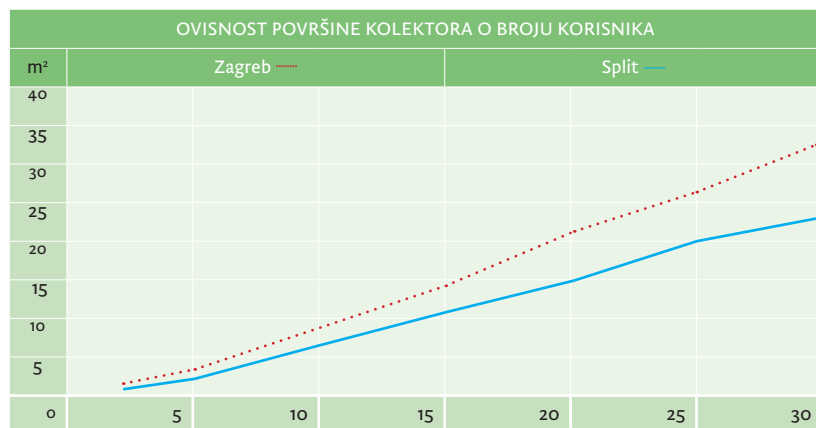
Dimenzioniranje solarnog sustava

Odabir broja kolektora za zagrijavanje potrošne tople vode i veličine spremnika ponajviše ovisi o tome koliko se dnevno potroši tople vode u pojedinom dijelu godine. Dimenzioniranje također značajno ovisi o klimatskom području. Za potrebe obitelji najčešće se koriste solarni sustavi od 4 do 6m² površine kolektora u kombinaciji sa

200 do 300 litarskim spremnikom. Jedan takav sustav može tijekom cijele godine prikupiti oko 600 kWh/m² toplinske energije u kontinentalnom dijelu Hrvatske, a na obali čak i oko 1000 kWh/m² površine kolektora. Naravno, da bismo postigli ovakve rezultate kolektori moraju biti pravilno montirani prema jugu i pod kutom od 45° prema horizontali.

Na slici 79 je grafikon koji prikazuje koliko je optimalno instalirati kolektorske površine u odnosu na broj osoba kućanstva.

SLIKA 79



Aktivno solarno grijanje stambenih objekata

Često pitanje koje čujemo na našim radionicama i predavanjima koja držimo je “Može li se grijati prostor pomoću energije Sunca kolektorima?”. Odgovor je “Da, ali...”. Taj “ali” obuhvaća puno različitih stvari. Za početak postoje puno jednostavnije i prikladnije metode za zagrijavanje prostora pomoću Sunca od kolektora koji griju vodu.

Pasivna solarna gradnja je jedan od tih načina. Zatim, budući da želimo zagrijati prostor, puno logičnije bi bilo koristiti zračne kolektore koji griju zrak. Također, umjesto da ulažemo velike novce u solarni sustav koji bi bio sposoban odraditi takav zahtjevan zadatak, možda bi bilo pametnije uložiti novac u toplinsku izolaciju zidova, kvalitetnije prozore i druge mjere energetske efikasnosti?

No, ako baš želite, možete grijati prostor pomoću solarnih kolektora za zagrijavanje vode s time da morate imati u vidu nekoliko važnih stvari:

1. Trebat će vam puno više kolektora i puno veći spremnik nego kada samo zagrijavate potrošnu toplu vodu. Jednostavno količina energije koja je potrebna za zagrijavanje prostora je puno veća od količine energije potrebne samo za toplu vodu. Računajte ugrubo, ako za kućanstvo trebate 4 do 6 m² kolektora za zagrijavanje vode i spremnik od 200 do 300 litara, za grijanje prostora trebat će vam oko 30 do 40 m² kolektora sa spremnikom od 1500 do 2000 litara. Ova procjena je vrlo gruba i zapravo, ako ozbiljno razmišljate o ovoj varijanti, najprije biste trebali napraviti precizan proračun koliko vam energije uopće treba za zagrijavanje prostora. Naravno, što je prostor veći, treba vam veći i veći sustav. Što je izolacija objekta slabija, sustav opet raste. Efikasnost sustava će jako ovisiti i o tome u kojem podneblju se nalazite.
2. Zbog skupoće opreme smatramo da se investicija u tako veliki solarni sustav može opravdati jedino ako idete na samogradnju i kolektora i spremnika. Širom svijeta mnogi ljudi to rade i moguće je! Samo morate biti svjesni da je to dosta velik zahvat.
3. Ma koliko god velik bio, solarni sustav neće moći isporučiti svu potrebnu toplinsku energiju za zagrijavanje prostora kroz cijelu sezonu. U kontinentalnoj Hrvatskoj

klima je takva da nemamo puno sunčanih dana zimi. Na obali je situacija dosta drugačija pa cijeli zahvat ima više šanse za uspjeh. Na kontinentu možete računati da ste mirni u proljeće i jesen, ali za vrijeme same zime sasvim sigurno će vam trebati dogrijavanje. Naravno, koliko točno energije će vam biti potrebno za dogrijavanje ovisi o velikom broju faktora, pa je zaista važno da napravite precizan proračun. Idealna kombinacija za dogrijavanje je grijanje tople vode kompostom (više o tome u 3. poglavlju).

4. Solarne sustave kod grijanja prostora najbolje je kombinirati s niskotemperaturnim sustavima grijanja kao što su podno i zidno grijanje, pa ako imate priliku graditi kuću od početka, nije loše predvidjeti cijevi za podno grijanje u samom startu.
5. Budući da hvatamo Sunce u hladnijem dijelu godine, kut montiranja kolektora je drugačiji nego kada hvatamo Sunce kroz cijelu godinu za grijanje potrošne tople vode. U Hrvatskoj taj kut iznosi oko 50° na kontinentu, a oko 65° na obali. Ponekad na internetu možete naići na primjere gdje ljudi instaliraju takve kolektore potpuno okomito, dakle pod 90° što nije optimalno za naše podneblje.

Iako postoje brojne prepreke i mane ovakvog načina grijanja, postoji jedan dobar razlog zašto je to možda ipak dobra ideja. Pomoću solarnog sustava toplina se skladišti relativno lako jer voda ima visok toplinski kapacitet i lako se transportira iz kolektora u spremnik i iz spremnika u sustav podnog grijanja.

2.5. Pasivna solarna arhitektura

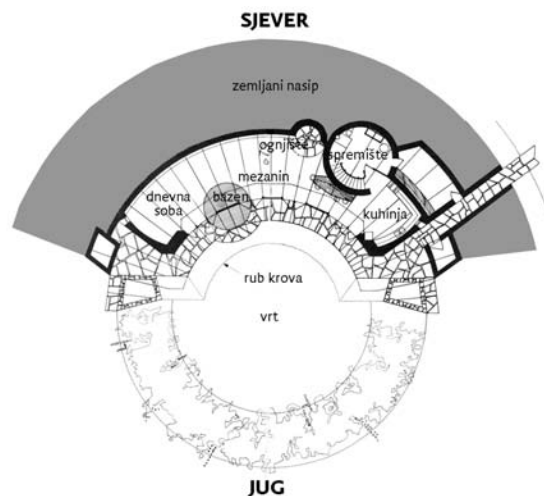


SLIKA 80



SLIKA 81

Iako se principi onog što danas smatramo 'pasivnim solarnim dizajnom' pojavljuju u mnogim vernakularnim i povijesnim građevinama, sam pojam nastao je tijekom 20. stoljeća u Americi. Nakon prve veće ekonomske i energetske krize u 20. stoljeću, arhitekt George F. Keck gradi 'House of Tomorrow' ('Kuću budućnosti') za izložbu u Chicagu 1933. g. (SLIKA 80) Isti arhitekt će taj sustav kasnije usavršavati u projektima za druge, uglavnom obiteljske kuće u Americi (npr. 'Sloan House'). S druge strane Atlantika još su rani modernistički arhitekti u Europi gradili bolnice i sanatorije za liječenje od tuberkuloze i drugih zaraznih bolesti tako da je svaka bolesnička soba bila orijentirana prema jugu jer se vjerovalo da UV zračenje ima sposobnost uništavanja bakterija (npr. Alvar Aalto's sanatorij u Paimiu, Finska (SLIKA 81). Također na valu modernizma iste će principe dizajna

SLIKA 82,
83

koristiti i drugi značajni arhitekti tog perioda poput američkog arhitekta Frank Lloyd Wrighta (druga kuća Jacobs u Wisconsinu (SLIKA 82 I 83)) te svjetski poznatog Le Corbusiera (npr. Unite d'Habitation). (SLIKA 84)

Nakon naftne krize 1973. g sve se više inženjera i znanstvenika počinje baviti ovom temom pa tako izlaze i mnoge knjige među kojima i 'Passive solar energy book' Edwarda Mazrie iz 1979. g.

Krajem 1980-ih u Europi se stvara ideja pasivne kuće - 'Passivhaus' čiji su tvorci profesori Bo Adamson i Wolfgang Feist. Feist će kasnije osnovati Passive Haus Institut (PHI) koji se i danas bavi promoviranjem 'pasivnih kuća' te certifikacijom istih.



SLIKA 84

Energija u graditeljstvu

Podaci govore da ukupna potrošnja energije samo za grijanje / hlađenje objekata iznosi 30-50% ukupno godišnje potrošene energije u zemljama Europe, pa tako i u Hrvatskoj (41.30 %). Otprilike isto i vrijedi za emisije CO₂. U ove postotke nije uračunata energija potrebna da se proizvedu i recikliraju (na pravilan i ekološki prihvatljiv način pohrane) građevni materijali koji se koriste za gradnju i održavanje zgrada.

U skladu s ovim spoznajama, pitamo se kako smanjiti takve trendove koji proizlaze iz jedne od najosnovnijih životnih potreba. Odgovori dolaze s nekoliko strana, što iz znanstvenih spoznaja, što iz empirijskih znanja do kojih je došlo prirodno graditeljstvo.

Pritom svakako treba uzeti u obzir neka opća saznanja o lokalnoj klimi, specifičnostima lokacije, kutu upada zraka Sunca, odnosno orijentaciji parcele na kojoj se kuća gradi ili je izgrađena.

Što se tiče lokalne klime, Hrvatska se čini kao 'mala zemlja za velike temperaturne razlike'. Naime, u Hrvatskoj se isprepliću kontinentalna, mediteranska pa i planinska klima. Ako npr. uzmemo u obzir srednje zimske (siječanske) temperature prikazane izotermama na karti Europe vidjet ćemo da se npr. Zagreb i veći dio kontinentalne Hrvatske nalazi otprilike na istoj izotermi kao i obalni dio Skandinavije, čak sve do Islanda (srednja siječanska temperatura 0-2° C). Isti predjeli Hrvatske ljeti imaju jednaku srednju srpanjsku temperaturu kao i mediteranski dio Francuske, pa čak i Španjolske (Katalonija). Temperaturne razlike su nešto blaže uslijed djelovanja mora za priobalne dijelove zemlje, no i tu postoje određeni ekstremi - tako npr. Dubrovnik i najjužniji dijelovi Hrvatske klimatski po srednjim ljetnim temperaturama odgovaraju čak sjeveru Afrike.



SLIKA 85

No koliko zapravo energije trošimo samo svojim stanovanjem kako bismo održavali komfor istog? Odgovor na to danas mora imati gotovo svaka kuća u obliku 'energetske iskaznice' tj. certifikata. (SLIKA 85) Po tom su principu zgrade svrstane u kategorije tj. razrede ovisno o energiji koju ukupno godišnje potroše - od razreda 'G' (najveća potrošnja energije preko 250 kWh po m² površine godišnje) do razreda A+ (najmanja potrošnja energije - manja od 15 kWh po m² površine godišnje). Navodno čak 20 i više posto zgrada u Hrvatskoj spada u najlošiji energetska razred 'G'. Energetski razred 'C' je minimalni energetska razred koji mora zadovoljiti po zakonu standardno izolirana kuća, dok su energetska razredi 'B' i veći (A i A+) danas među zgradama zaista rijetkost i ima ih možda oko 5 % (po slobodnoj procjeni) zgrada u Hrvatskoj izgrađenih uglavnom nakon 2007. g. Od sveukupnog fonda zgrada u Hrvatskoj izgrađenih do 1987. g. (a tu se ubraja većina trenutno postojećih zgrada) navodno čak više od 80 % pripada u energetska razred 'D' ili niži. Svi ovi podaci djeluju poražavajuće, posebno uzmemo li u obzir da ih plaćamo iz svog džepa u vidu sve većih računa za sve skuplje i nesigurnije energente koje trošimo za grijanje i hlađenje naših domova. O svemu tome dobro govori podatak da bi se energijom koju danas potroši prosječna kuća u Hrvatskoj moglo zagrijati 3-4 niskoenergetske kuće ili čak 8-10 pasivnih kuća.

Što znači 'pasivna' ili 'niskoenergetska' kuća? Niskoenergetska ili trolitarska kuća troši manje od 30 kWh/m² površine godišnje, samo ime 'trolitarska kuća' dolazi od toga što će ta kuća godišnje potrošiti najviše 3 litre lož ulja ili 3 m³ prirodnog plina ili 6 kg drvenih peleta po m² površine za grijanje i hlađenje, te će se svrstati u energetska razred 'B', dok će pasivna ili 'jednolitarska' kuća godišnje potrošiti manje od 15 kWh/m² površine ili 1,5 litru lož ulja ili 1,5 m³ prirodnog plina ili 3 kg drvenih peleta po m² površine za grijanje/hlađenje, te će se time svrstati u energetska razred A+.

No osim ovih 'potrošačkih' kategorija kuće mogu imati i ukupnu energetska bilancu o, pa čak biti i energetska u plusu. Tada se za njih koristi naziv 'nulta energetska kuća' ili 'zero (net) energy building' te 'plus energy' ili 'plus energetska' kuća. Ovi nazivi ne znače da su te građevine pritom 'off grid' tj. da nisu spojene na energetska mrežu (ili da nemaju emisije CO₂) nego samo da uspijevaju proizvesti jednako ili više energije nego što potroše, a onda viškove energije daju u mrežu (recimo za vrijeme ljetnih mjeseci, ako kuća ima npr. veću površinu fotonaponskih



SLIKA 86

čelija na krovu), te isto tako iz mreže ‘povlače’ dodatnu energiju kad ne mogu same zadovoljiti svoje energetske potrebe. Postoje i tzv. energetske samodostatne, autonomne ili autarkične kuće koje nisu spojene na energetske mreže (‘off grid’ sistemi) no one za sada još nisu u širokoj primjeni te zahtijevaju izuzetno naprednu i skupu tehnologiju. Zanimljiv takav pokušaj je energetska autarkična kuća Wilhema Stahla u Freiburgu iz 1991/2 g. koja je imala kompliciran sustav koji je ljeti koristio višak energije za hidrolizu vode na kisik i vodik, a vodik bi se onda zimi trošio kao gorivo za zagrijavanje kuće. (SLIKA 86)

PASIVNE KUĆE

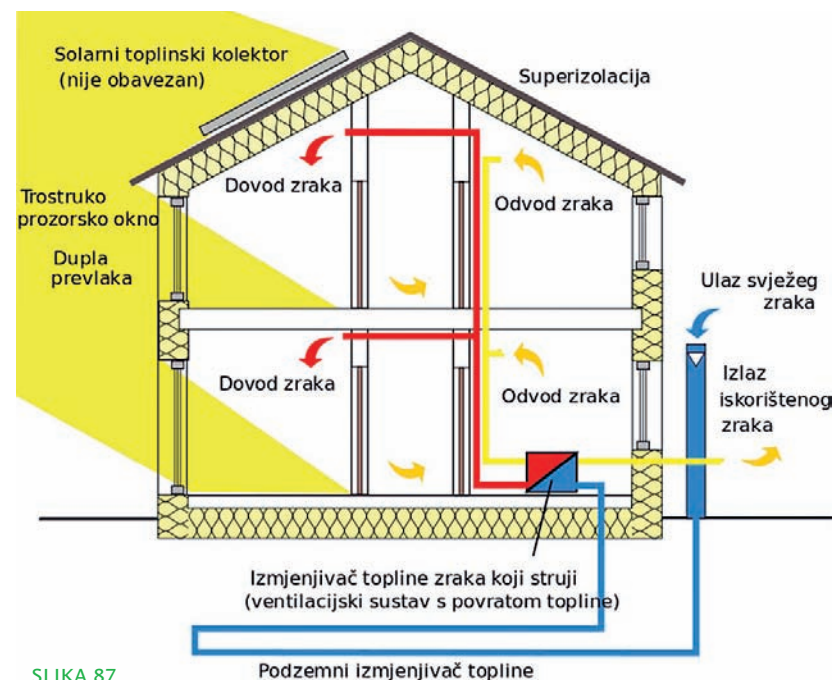
Klasična ‘pasivna kuća’ po principima Passivhaus Instituta iz Njemačke podrazumijeva stroge uvjete tako da kuća ne prelazi već naznačenih 15 kWh potrošene energije po m² površine godišnje, ograničenja energetske potrošnje za kuhanje, pripremu tople vode i druge uređaje koji koriste energiju u kućanstvu, zatim zrakonepropusnost tj. maksimum 0.6 izmjena zraka u satu te stroge uvjete ‘termalne udobnosti ili komfora’. Sve to znači da će takve kuće imati:

Debeli sloj toplinske izolacije koji obuhvaća što veću površinu vanjskog omotača kuće (barem 20-30 cm mineralne vune ili drugih izolacijskih materijala)

Posebne vrste prozora za pasivnu kuću - najčešće su to trostruka izo low-e stakla s prostorom između stakala punjenim nekim plemenitim plinom poput argona ili kriptona. Nepostojanje ili minimaliziranje toplinskih mostova u kući.

Već spomenuti uvjet zrakonepropusnosti tj. izuzetno dobrog brtvljenja svih spojeva ili prodora na pojedinim konstrukcijskim elementima

Sustav grijanja, hlađenja i ventilacije ugrađen u kuću s jako velikim stupnjem povrata topline što znači da takva kuća u pravilu nema ogrjeva tijela u smislu radijatora i sl. nego se sav zrak prethodno grije ili hladi te se takav ventilacijskim sustavom uvodi u kuću (također otvaranje prozora tj. prirodno prozračivanje u većini slučajeva nije poželjna metoda ventilacije za ovakve kuće) (SLIKA 87)



SLIKA 87

Iz ovoga je već jasno da je ovako definirana ‘pasivna’ kuća zapravo nije u potpunosti pasivna jer koristi energiju kako bi normalno i optimalno funkcionirala. Isto tako ona je i tehnološki vrlo visokorazvijeni proizvod te nije svakome i lako dostupna, a velika većina materijala koji se pritom koriste imaju velik ekološki otisak i utjelovljenu energiju potrebnu da se takvi materijali i sustavi proizvedu. Pitanje

je trebamo li se u potpunosti oslanjati na visoku tehnologiju kako bismo spriječili posljedice koje nam je upravo visokotehnologizirani život donio? Čini se da, kako bismo jednostavnije, jeftinije i još ekološki prihvatljivije živjeli, možemo koristiti neka tehnološki jednostavna i efikasna rješenja upravo poput pasivne solarne kuće.

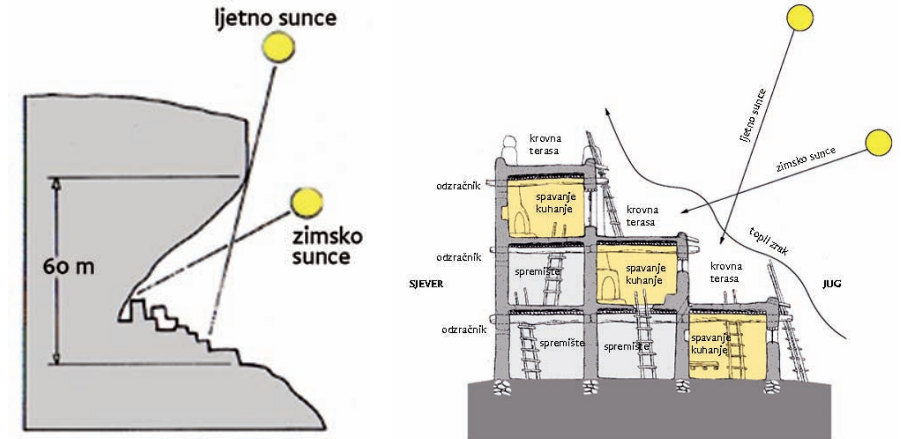
Kratka povijest pasivnog solarnog dizajna



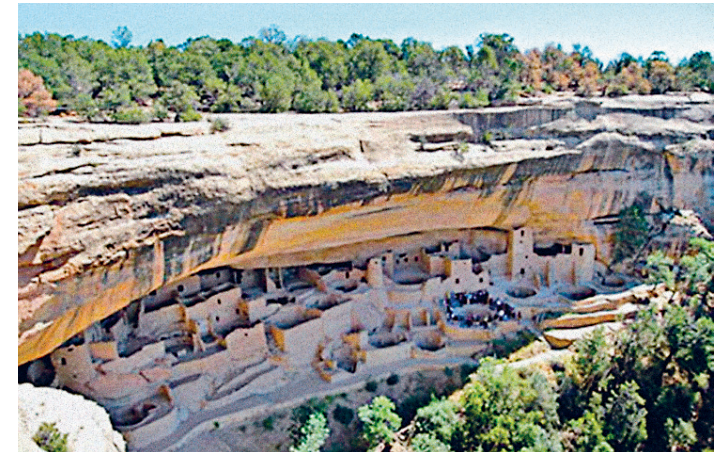
SLIKA 88

rimske opsade Sirakuze uspio osloboditi grad upravo pomoću ovakvih i sličnih naprava tako što je usmjerenom i koncentriranom energijom Sunca zapalio rimske drvene brodove. Upravo je starorimska i grčka arhitektura koristila mnoge prednosti pasivnog solarnog dizajna, najviše po dispoziciji i orijentaciji pojedinih zgrada i prostorija u njima npr. rimske terme (SLIKA 88) koje su velikim staklenim površinama tj. otvorima, orijentirane prema jugu. No vidi se to i u klasičnim rimskim ili grčkim kućama koje su u svojoj dispoziciji jako dobro prilagođene lokalnoj mediteranskoj

Kao što je već rečeno mnoge su vernakularne i povijesne građevine u sebi već sadržavale osobitosti pasivnog solarnog dizajna. Tako su npr. već kuće u drevnoj Indiji i Kini bile orijentirane prema jugu, a štitile su se od sjevernih i drugih hladnih vjetrova. Također su i tadašnje domaćice pripremale hranu pomoću nečeg što bismo danas zvali 'solarnim kahalima' - zakrivljenih zrcala koja su koncentrirala energiju Sunca kako bi se hrana mogla termički obraditi. Navodno je čak Arhimed za vrijeme



SLIKE 89, 90



SLIKA 91

klimi te pokušavaju kao takve biti i što više autonomne (npr. u skupljanju kišnice i sl). U Americi su još prije dolaska Europljana lokalna Indijanska plemena gradila u skladu s lokanim klimatskim i pejzažnim datostima tako da su npr. cijela naselja bila smještena prema jugu, a opet zaklonjena stijenom iznad od jakog ljetnog Sunca (primjer: Mesa Verde (SLIKA 89 i 90) . Dok se u organizaciji stambene jedinice to vidjelo na način da su sve stambene prostorije (u kojima

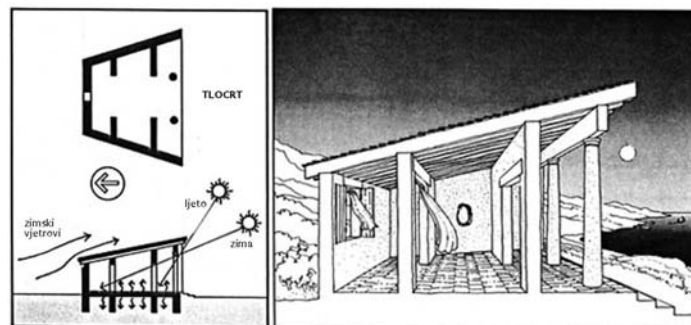


SLIKE 92, 93

se intezivno boravilo) bile orijentirane prema jugu, dok su spremišta i utilitarne prostorije bile smještene podalje od direktnog Sunčevog svjetla (SLIKA 91).

Od 15. stoljeća nadalje u Europi se često grade tzv. 'oranerie' tj. 'staklenici' za tropsko i drugo voće i biljke kojima trebaju veće temperature (otuda i naziv takvih prostora). Takvi se objekti ili dijelovi istih mogu pronaći u cijeloj Europi od Moskve i Londona pa do južnijih gradova posebno na značajnijim dvorovima tadašnje vlastele. Skoro su svi takvi prostori imali osim velikih staklenih površina prema jugu još i značajnu termalnu masu (obično u obliku masivnih kamenih ili ciglenih zidova i podova). (SLIKA 92 I 93) Kasniji modernistički primjeri već su navedeni u uvodu članka.

Ipak građevina koja najjasnije utjelovljuje principe solar-nog dizajna je navodna Sokratova kuća koja se i u tlocrtu i u presjeku otvara i širi prema jugu, a smanjuje i zatvara prema sjeveru. Na taj način omogućena je što veća prisutnost

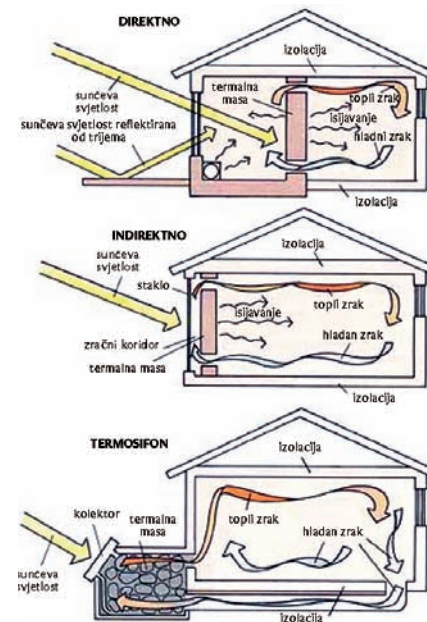


SLIKA 94

Sunčeva zračenja u interijeru, posebno u zimskom periodu, jer se od visokog ljetnog Sunca štiti nadstrešnicom tj. istakom ili trijemom prema jugu. (SLIKA 94)

Osnovni principi pasivnog solarnog dizajna

Edward Mazria u svojoj knjizi 'Passive solar energy book' slično kao i drugi autori navode sljedeću podjelu na tipove sustava pasivnog solarnog dizajna:



- Sustav izravne koristi (direct gain system)
- Sustav posredne koristi (indirect gain system)
- Sustav izolirane koristi (isolated gain system) (SLIKA 95)

Sustav direktne koristi ili direct gain system je najjednostavnije rečeno sustav u kojem se životni prostor direktno izlaže Sunčevom zračenju te se tu ujedno i akumulira toplina potrebna za grijanje prostora.

Sustav posredne koristi odvaja sustave akumulacije topline od životnog prostora.

SLIKA 95 Tu razlikujemo nekoliko podvrsta:

- Trombov zid
- Staklenički sustavi (attached greenhouse systems)
- Krovni bazeni

Za razliku od sustava izravne i posredne koristi sustav izolirane koristi je nešto sofisticiraniji, a nerijetko i nije

potpuno pasivni sustav, pa kao takav dalje neće biti obrađen u ovom poglavlju (vidjeti poglavlje o solarnim kolektorima).

Naravno, ova podjela na tipove pasivnih solarnih sistema ne znači da se više njih ne može kombinirati i istovremeno upotrebljavati u dizajnu pojedine kuće. To bi štoviše bilo i poželjno kako bi se spriječile negativne strane ili propusti pojedinih sustava, ali pri tome moramo paziti i da se prednosti pojedinih sistema međusobno ne poništavaju.

SUSTAV IZRAVNE KORISTI

Kao što je već rečeno u ovom tipu pasivnog solarnog dizajna arhitektonski elementi prostorija u kojima se boravi ujedno jesu i elementi pasivnog solarnog dizajna. Ovo je ujedno i najjednostavniji princip dizajna, s najvećom efikasnosti (posebno u zimskom periodu, za sunčanih dana). Osim južne orijentacije stambenih prostorija, ovdje su još bitne i velike staklene površine također južne orijentacije, često (ali ne i nužno) pod nagibom u odnosu na vertikalnu (preporučeni nagib je do 60°, ne manji od toga). Također termalna masa u interijeru mora biti dovoljno domenzionirana da spriječi velike fluktuacije unutarnjih temperatura

SLIKE
96, 97



SLIKE
98, 99

u odnosu na vanjske. Najčešće se u tu svrhu koristi zidani zidovi i/ili masivni podovi (od opeke, betona ili kamena) te voda. Elementi termalne mase ne smiju biti zaklonjeni (tepisima, tapiserijama ili tapetama) od direktnog Sunčevog zračenja kako bi se povećala njihova efikasnost.

U kartkim crtama sustav funkcionira na način da Sunce za dana grije unutarnje prostorije tj. termalnu masu u istima koja se onda akumulira i polagano otpušta u prostor po noći ili za oblačnih dana.

Dosta bitan je i raspored unutarnjih prostora u kojima se često boravi a koji bi idealno bili organizirani kao 'open space' tako da zagrijani zrak nesmetano kruži i grije sve prostore, no pri tom se treba uzeti u obzir i da se topliji zrak prirodno diže, a hladni spušta, što nam u nekim slučajevima neće biti korisno.

Efikasnost sustava je procijenjena na 30-75% u zimskom periodu.

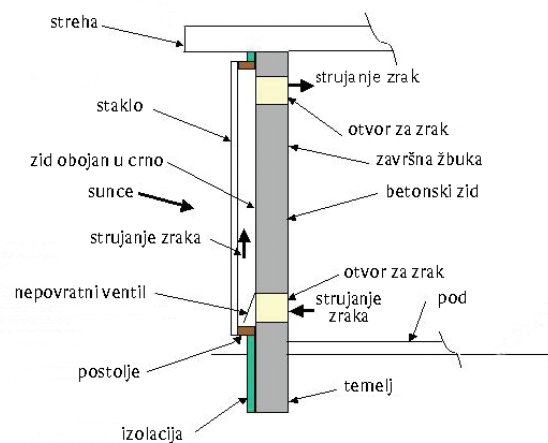
Primjeri: mala kuća vertikalne dispozicije u talijanskim Alpama studia Albori (SLIKA 96 i 97) i tipska pasivna solarna kuća Andromeda arhitekta Vladimira Lovrića (SLIKA 98 i 99)

SUSTAVI NEIZRAVNE KORISTI:**TROMBOV ZID**

Na svojoj kući izgrađenoj 1960-ih u francuskim Pirinejima inženjer Felix Trombe je prvi put primjenio tip zida koji će kasnije upravo po njemu dobiti ime. (SLIKA 100) Specifičnost ovog zida jest da se ispred južno orijentiranog masivnog zida (koji neposredno graniči s unutarnjim stambenim prostorijama) nalazi staklena površina koja efektom staklenika dogrijava taj zid, te se na tako akumulirana toplina prenosi u unutrašnjost objekta.



SLIKA 100

**TROMBOV ZID**

SLIKA 101

Kasnije modificirani tipovi trombovog zida imaju otvore pri dnu i pri vrhu zida (koji se mogu otvarati i zatvarati) i na taj se način bolje može kontrolirati temperatura u interijeru. Otvori će se zatvarati po noći, kako bi se spriječili gubici topline, a otvarat će se kad je sunčano kako bi se unutarnji zrak dogrijavao ne samo radijacijom ugrijanog masivnog zida nego i konvekcijom (strujanjem toplog zraka kroz otvore u unutarnji prostor). (SLIKA 101) Dubina unutarnjeg prostora iza trombovog zida ne bi trebala biti veća od 4-6 m jer se ovo smatra najvećom udaljenosti za optimalnu efikasnost zida.

Efikasnost sustava je procijenjena na 30-45%, s tim da se efikasnost povećava ukoliko se umjesto masivnog zidnog zida koristi vodeni zid.

SUSTAV SA STAKLENIKOM

Ovo je u osnovi kombinacija sustava s direktnom i indirektnom koristi, a sastoji se od staklenika koji je naslonjen na južni zid građevine te se toplina akumulirana u stakleniku prenosi u unutarne prostore preko zida koji razgraničava interijer od staklenika. Da bi sustav bio što efikasniji taj je zid ili masivni zidani ili vodeni. Zgodno kod ovog sustava je što se prostor staklenika može koristiti za smještaj biljaka, ali isto i kao proširenje stambenog prostora za zimskih sunčanih dana i u tzv. 'prijelaznom periodu', isto tako ovaj sustav je prikladan za dogradnju na postojeće zgrade koje nisu nužno projektirane kao pasivne solarne.

Efikasnost sustava ako se gleda samo staklenik je 60-75%, no postotak topline koja se prenese na susjedne prostorije je 10-30% (nešto veći ako se kao termalna masa koristi voda).

Moguće su i razne varijacije stakleničkog sustava koje više nalikuju sustavu direktne koristi, a gdje je staklenik više inkorporiran tj. postao dijelom unutarnjeg prostora

SLIKA
102, 103SLIKA
104

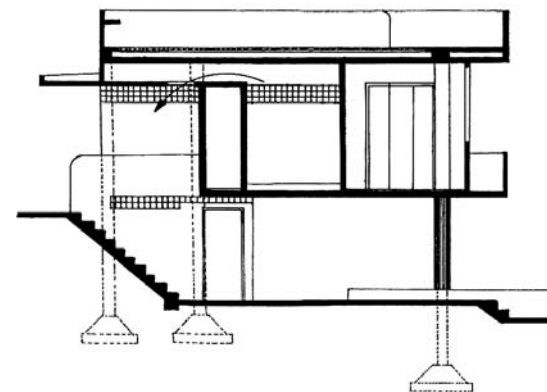
-‘staklenik u kući’ ili sustav ‘kuće u kući’ gdje kuća na neki način ‘smještena’ u stakleniku.

Primjeri: kuća Amory Lovinsa u Snowmass Coloradu koju vlasnik naziva ‘farmom banana’ – (SLIKA 102 I 103) i kuća na jezeru Laka u Poljskoj arhitekta Kuczie (SLIKA 104)

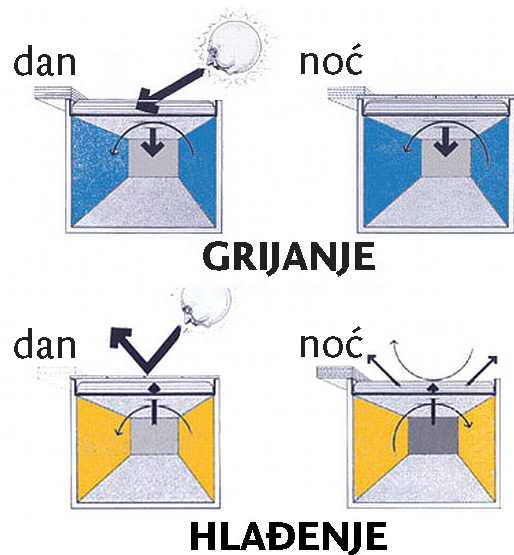
KROVNI BAZEN

Ovo je vrlo specifičan sustav koji se u mnogočemu razlikuje od dosada nevedenih varijacija te je jednako efikasan i za grijanje zimi i za hlađenje ljeti. Sustav kako je opisan u ovom dijelu je smislio Harold Hay 60ih i 70ih godina prošlog stoljeća u Kaliforniji, iako se u nekim oblicima pojavljuje i u tradicijskim građevinama pa i u modernističkim primjerima ranog 20-og stoljeća npr. Villa Adonis u Dubrovniku, arhitekta Nikole Dobrovića. (SLIKA 105)

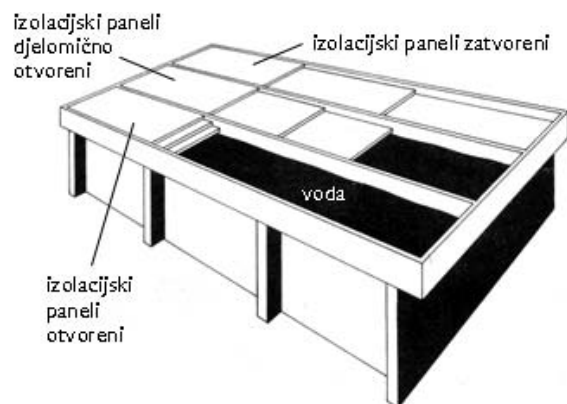
Za početak termalna masa (voda) je smještena na krovu kuće te između nje i kuće nema izolacije nego obično čelična (eventualno betonska) ploča dovoljne nosivosti sa dobrom hidroizolacijom s gornje strane prema bazenu. Toplinska izolacija ovdje je *izuzetno* smještena na krov iznad vodene površine te po mogućnosti što bolje zabrtvljena

SLIKA
105

prema vodenoj površini. Ključan dio sustava je i da se ista toplinska izolacija može micati. Naime zimi po danu kad je potrebno dogrijavanje unutarnjeg prostora toplinska izolacija se uklanja te Sunce grije vodu koja onda prenosi toplinu u interijer, a noću se ponovo vodena površina prekriva toplinskom izolacijom kako bi se spriječili gubici topline prema van. Kad je potrebno hlađenje unutarnjeg

SLIKA
106

prostora npr. ljeti - sistem je obrnut tj. toplinska izolacija pokriva vodenu površinu po danu te na taj način voda 'izvlači' toplinu iz interijera, a noću se vodena površina ponovo otkriva kako bi toplina koja se akumulirala u vodenom sloju predala vanjskom prostoru (SLIKA 106). Sustav postaje efikasniji i prikladniji za hladnije klime ukoliko se nad vodenom površinom konstruira staklenik. Osim što

SLIKA
107

su fluktuacije unutarnjih temperatura minimalne, prostor ispod krovnog bazena postaje izuzetno ugodan za boravak jer se toplina odnosno hladnoća širi isključivo radijacijom.

Primjeri: shema sustava s krovnom bazenom (SLIKA 107) i prva kuća na kojoj je sistem primjenjen – kuća Atascadero, California. (SLIKA 108)

Efikasnost osnovnog sustava je procijenjena na 30-45%.

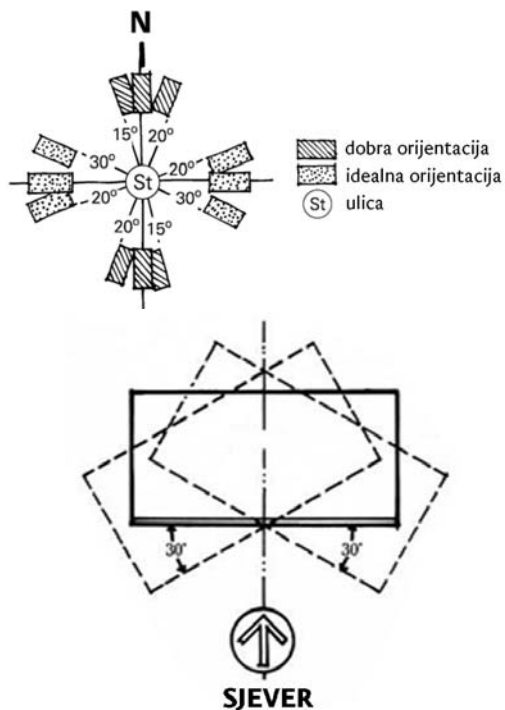
SLIKA
108

Iako vrlo interesantan, sustav ima nedostatke utoliko da je na ovaj način nemoguće temeperirati višekratnice, nego isključivo jednokatne objekte, također sustav nije adaptiran za 'prirodno garditeljstvo' jer se koriste tehnološki i energetski zahtjevniji i skuplji materijali.

Elementi pasivnog solarnog dizajna

LOKACIJA, ORJENTACIJA I ORGANIZACIJA PARCELE I KUĆE

Već kod samog odabira lokacije i parcele za gradnju potrebno je obratiti posebnu pažnju ukoliko želimo u dizajn inkorporirati elemente pasivnog solarnog dizajna. Idealna lokacija za gradnju kuće je ona na kojoj je moguće postići što

SLIKE
109, 110

veću osunačnost posebno zimi u periodu između 9 i 15 h, sa što manjim zasjenjenjima čiji uzrok mogu biti visoke zgrade, planine ili crnogorično drveće s južne strane građevne čestice. Idealna građevna čestica je ona na kojoj je moguće smjestiti građevinu tako da je njena dulja os u smjeru istok zapad kako bi se povećala površina južnog pročelja izloženog Suncu (SLIKA 109). Smatra se da je otklon do 30° od idealne orijentacije prihvatljiv za ovaj tip dizajna (SLIKA 110). Pri tome uzimaju se u obzir i lokalni građevinski propisi koji uređuju smještaj građevine na parceli, veličinu izgrađenog objekta, udaljenost od ceste i drugo, a ponekad i uvjete za orijentaciju kuće. Prilikom smještanja građevine na parcelu također treba paziti da sama kuća zimi (kad je Sunce niže



SLIKA 111



SLIKA 112

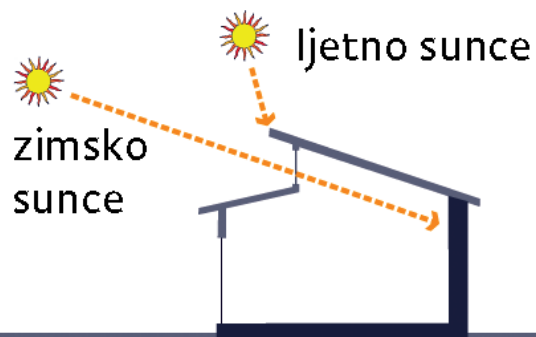
i sjene su dulje) ne zasjenjuje preveliku površinu iza sebe, jer time taj prostor postaje neprikladan za korištenje, te da je prostor s južne strane zgrade bogatije dimenzioniran i time prikladan za boravak i korištenje (vrt i sl.). Osim samim smještajem kuće na parceli navedeno se postiže i specifičnostima u oblikovanju pojedine kuće i parcele (npr. snižavanjem visine krova od južnog prema sjevernom pročelju, sužavanjem sjevernog u odnosu na južno pročelje ili ukapanjem dijela i cijelog sjevernog pročelja) (SLIKA 111).

Pri tome treba voditi brigu i da faktor oblika zgrade tj. razvedenosti volumena zgrade ne bude prevelik jer se povećanjem površine fasade povećava i površina kroz koju se zimi gubi toplina unutarnjeg prostora.

Ukoliko orijentacija nije idealna, dizajnom se navedeno može korigirati npr. smještajem krovnih prozora tj.

nadsvjetla koja gledaju prema jugu (ili presjek kuće u obliku ‘pile’) (SLIKA 112). Bitno je da nagib krova iznad takvih nadsvjetla bude otprilike ili točno jednak kutu nagiba zimskog Sunca radi što veće efikasnosti (SLIKA 113). Nadsvjetla su i zgodan način ‘solarizacije’ objekata u gustom gradskom okruženju (SLIKA 114). A imaju i prednost kod hlađenja objekta ljeti posebno ukoliko je prozore na većoj visini moguće otvarati kako bi topli zrak koji struji prema gore izlazio van.

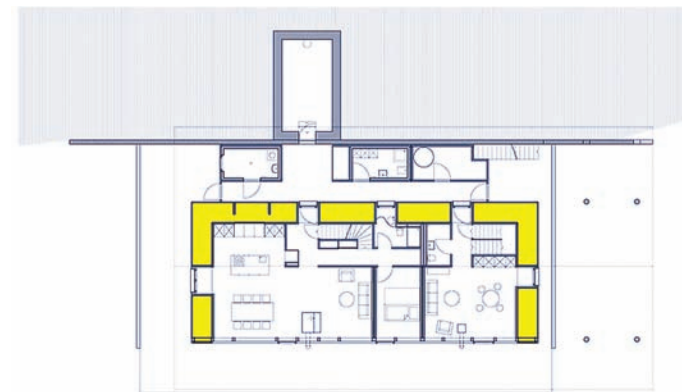
Sjeverno je pročelje kao i ostala pročelja bez otvora potrebno što bolje izolirati i na njemu smjestiti što manje otvore da se smanje toplinski gubitci koji su na sjeveru značajni. Slično vrijedi i za otvore na istoku i zapadu, iako ovdje ‘situacija’ nije tako drastična i smatra se da će gubitci i eventualna korist od ovih otvora biti otprilike



SLIKA 113



SLIKA 114



SLIKA 115

izjednačena, s tim da je otvorima na zapadu poželjno ugraditi vanjski sustav zasjenjena jer je ljeti atmosfera već prilično zagrijana posebno popodne kad je Sunce na zapadu, pa ne želimo još dodatno dogrijavanje unutarnjeg prostora kroz nezasjenjene otvore. Općenito za sve otvore vrijedi da budu pažljivo dimenzionirani i sa što boljim toplinskim svojstvima jer je toplinski tok, a time i gubitci topline, upravo na prozorima i vratima najveći, posebno noću kad je i najhladnije i nema Sunca koje bi ih činilo korisnima u smislu ‘solarnih otvora’.

Posebnu pažnju bilo bi dobro posvetiti glavnim ulazima u zgradu jer se tu također gubi najviše topline. U klimama s hladnijom zimom poželjna je ugradnja ‘vjetrobрана’ tj. prostora s dvoja vrata prema eksterijeru kako bi se dobio prostor za dekompenzaciju vanjske temperature i manje toplinske gubitke u interijeru. Ovaj prostor može biti i vrlo koristan kao npr. prostor za smještaj garderobe i sl.

Kod organizacije unutarnjeg prostora težimo postići što veću izloženost prostora u kojima se najviše boravi prema jugu, sa smještajem pomoćnih prostorija na sjeveru ili van dosega južnog Sunca kao što se vidi u ovom primjeru na tlocrtu kuće Gliot arhitekta Wenera Schmidta (SLIKA 115).

TERMALNA MASA

Kao termalna ili toplinska masa u interijeru služe zidani zidovi ili masivni podovi od opeke, kamena ili betona, no isto tako i npr. glinena, gipsana, vapnena i druge žbuke, zidovi i elementi u interijeru od nabijene zemlje (SLIKA 116), nepečene opeke ili čerpića i slično. Ovi elementi bi trebali biti što izloženiji Suncu. Tamnije boje tih elemenata bolje upijaju sunčevo zračenje, tako da zidove možemo bojati u crno ili neku drugu tamnu boju, iako će onda te površine biti značajno toplije nego druge nebojane površine.



SLIKA 116

Kao termalna masa u interijeru može poslužiti i voda i to najčešće u obliku 'vodenih zidova' koji se jednostavno mogu dobiti iz (rebrastih) bačvi bojanih u crno. Voda ima i do dva puta bolji toplinski kapacitet od opeke i drugih materijala koji se koriste kao toplinska masa, a isto tako budući da je voda fluid, temperatura vode će biti jednoliko raspoređena s obzirom na njen volumen i masu, što nije slučaj sa drugim 'krutim' zidovima. Također bi bilo ineter-santno vidjeti kako element vode može biti 'prisutniji' u

SLIKE
117, 118,
119

prostoru možda u vidu staništa biljaka ili čak životinja, pa i bazena za kupanje ili uzgoj hrane (SLIKA 117).

Dobar primjer vodenog Trombovog zida je eksperimentalna kuća izumitelja Stevea Baera u Corrales-u u New Mexicu izgrađena 1970-ih. Kuća ima, osim vodenog zida u obliku rastera bačvi obojanih u crno prema vanskoj strani tj, prema ostakljenju, i elemente za zatvarnje ostakljenih površina koji kad su u otvorenom položaju imaju sposobnost reflektiranja Sunčevih zraka i na taj način pojačavaju Sunčevo zračenje na ostakljene površine iza kojih se nalazi toplinska masa. Isti elementi u zatvorenom položaju služe kao dodatna izolacija protiv velikih toplinskih gubitaka kroz ostakljene površine (SLIKA 118 I 119).

Ostali elementi pasivnog solarnog dizajna

REFLEKTIRAJUĆE POVRŠINE, POMIČNE IZOLACIJE I ZASJENJENJA

Reflektirajuće površine služe kako bismo pojačali insolaciju na ostakljene površine – to su u biti razne zrcalne površine postavljene pod kutem u odnosu na ostakljenja, idealno bi bilo da je kut između reflektirajuće i ostakljene površine oko 100° . Reflektirajuća površina može biti i voda npr. jezerce u neposrednoj blizini kuće. Primjer: Kanadska pasivna kuća u Saskatchewanu a reflektirajućim površinama iznad prozora u prizemlju (SLIKA 120).

Pomične izolacije namijenjene su smanjenju toplinskih gubitaka kroz ostakljenja koja su s obzirom na dizajn bogatije dimenzionirana prema jugu. Pomične izolacije, kao i sve druge izolacije u kući su učinkovitije ako se postavljaju s vanjske strane, no to ponekad nije moguće iz više razloga, pa i zato što je tehnološki teško riješiti brtvljenje spojeva izolacije i fasade, što bi bilo poželjno. Pomične izolacije se zimi zatvaraju noću, kako bi se spriječili povećani toplinski gubici kroz otvore, a mogu biti klizne, zaokretne, u lamelama, tipa harmonike i sl. No poznata su i tehnološki složenija rješenja kao npr. danska plus energetska kuća, koja



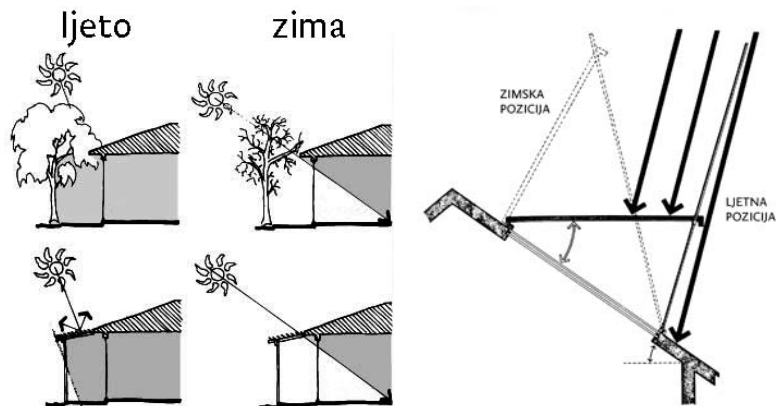
SLIKA
120



SLIKA 121

ima južnu fasadu od dvoslojnog stakla sa 20 cm zračnog međuprostora u koji se po potrebi mogu upuhivati kuglice stiropora. Međuprostor napunjen kuglicama stiropora služi kao izolacija od osunčanja ali i toplinskih gubitaka unutar-njeg prostora. Kuglice se po potrebi isisavaju van kad želimo ponovo imati ostakljene površine (SLIKA 121).

Zasjenjenja ljeti sprečavaju preveliku insolaciju. Kao zasjenjenja mogu se koristiti: rolete, žaluzine, krovni i drugi istaci tj. strehe, brisoleji, pomični paneli ali i prirodni elementi poput listopadnih penjačica npr. loze, i listopadnog drveća u neposrednoj blizini kuće (zimi te biljke i tako neće imati lišća pa će omogućavati osunčanje ostakljenih površina). Istake tj. strehe treba dimenzionirati tako da se onemogući ulaz ljetnim, visokim Sunčevim zrakama, a omogući ulaz niskom zimskom Suncu (SLIKA 122). Ako pak koristimo brisoleje, horizontalni brisoleji su učinkovitiji na južnom pročelju, dok su vertikalni učinkovitiji na istočnom i zapadnom pročelju. Slično kao i u slučaju toplinske izolacije i ovdje vrijedi pravilo da je bolje i daleko učinkovitije zasjenjenje postaviti s vanjske, a ne s unutrašnje strane ostakljene površine.

SLIKE
122, 123

Funkcije reflektirajuće površine, pomične izolacije i zasjenjenja mogu biti objedinjene u jednom arhitektonskom elementu, kao što se vidi na primjeru ove kuće s krovnim prozorom (SLIKA 123). Upravo su te krovne i ostale kose ostakljene površine najizložnije pretjeranoj insolaciji ljeti te je o tome potrebno voditi posebnu brigu.

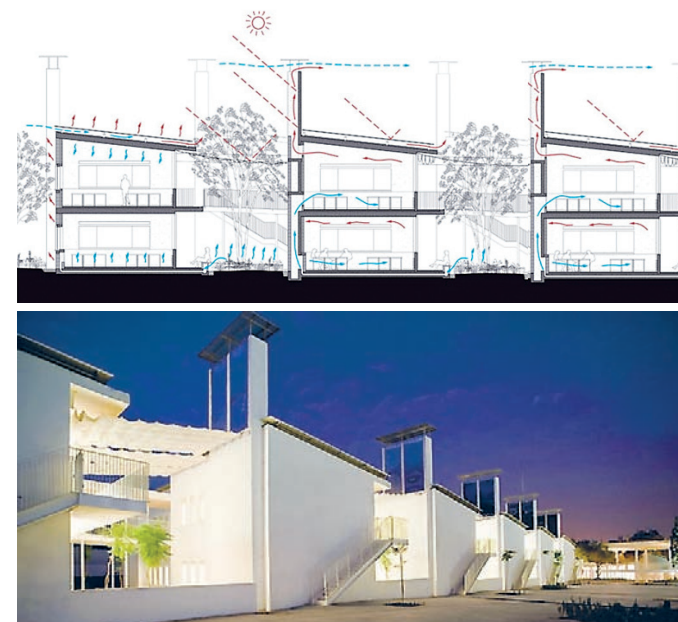
Hlađenje

Hlađenje ljeti postaje problem ne samo tropskih, pustinskih i mediteranskih klima, nego sve više i umjerenih klima poput one koja prevladava u kontinentalnoj Hrvatskoj.

Da bi se ljeti spriječilo pregrijavanje prostora potrebno je prije svega uvesti režim da se otvori što manje otvaraju tijekom dana, a više tijekom noći kad sjeverni povjeterac donosi osvježanje u unutarnji prostor. U tu je svrhu dobro imati manje otvore koji se po potrebi mogu otvarati i zatvarati upravo na sjevernom pročelju kuće, te naravno prozore na južnom pročelju kuće. Osim klasične toplinske izolacije postavljene idealno s vanjske strane zidova, protok topline kroz zid može biti usporen tako da kad tok

topline dođe do unutarnjeg prostora kuće, vanjska temperatura je već pala pa se kuća jednostavnim otvaranjem i prozračivanjem može ohladiti. Materijali koji 'usporavaju' toplinski tok kroz fasadu su upravo materijali koji se koriste kao termalna masa, zato i mediteranske kuće imaju masivne kamene zidove. Također, višak unutarnje topline će učinkovito upiti termalna masa u interijeru kuće.

Osim ovih sustava koji će jednostavno i efektno spustiti temperaturu u umjerenim klimama, u jako toplim, pustinjским i sličnim klimama, upravo je vernakularna arhitektura pokazala svoje dosege. Tako tu nalazimo čitav niz arhitektonskih 'dosjetki' kao što su 'solarni dimnjaci' tj. otvori na velikoj visini kroz koje pregrijani zrak izlazi van, ostavljajući mjesta niže hladnijem zraku da uđe u kuću. Sličnim sustavima preuzetim upravo iz arapske tradicijske arhitekture koristi se, samo u 'suvremenom jeziku' i ova Francuska škola u Damasku (SLIKA 124 I 125).

SLIKE
124, 125

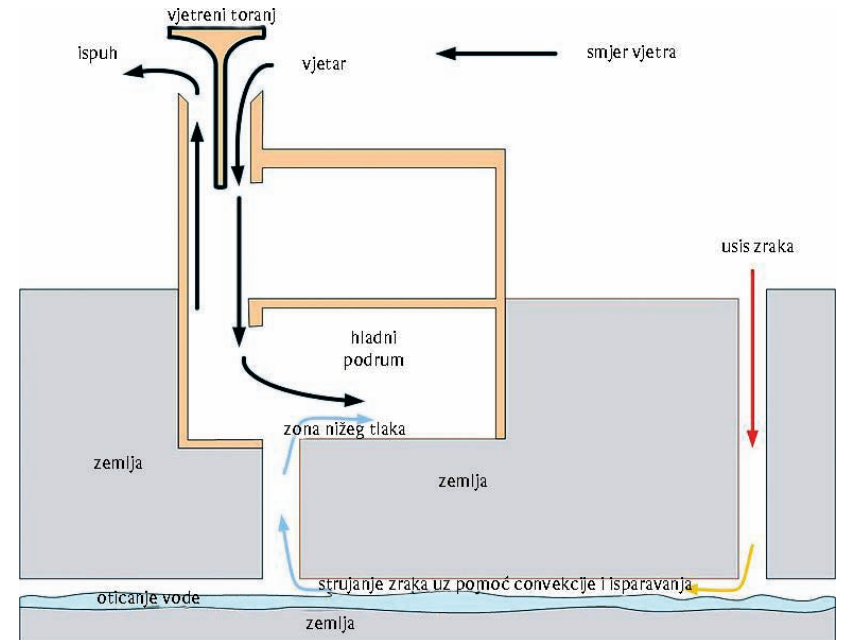
SLIKA
126

Hvatači vjetra kao što vidimo u tradicijskoj arhitekturi pakistanskog grada Hydrbad Sindh-a su zapravo visoki dimnjaci s 'kapticama' orijentirani prema smjeru dominantnog vjetra koji 'Coanda' efektom spuštaju vjetar u unutarnji prostor (SLIKA 126). Slično u iranskom gradu Yazdu vjetrovni tornjevi su se razvili u složenje oblike koji objedinjavaju i po više vertikalnih kanala u jedan toranj nalik 'zvoniku'. Otvaranjem i zatvaranjem pojedinih kanala taj toranj može služiti kao solarni dimnjak, ali i kao vjetrovni toranj, te se u nekim varijantama na njega mogu ovjesiti namočene tkanine i na taj način dodatno hladiti zrak koji ulazi u interijer. Isto tako, kuće sa vjetrovnim tornjevima su često vertikalnim kanalima povezane sa kanatskim sustavom (eng. qanat cooling). Kanatski sustav je sustav podzemnih kanala kojim su se duboki podzemni vodeni tokovi u pustinjskim klimama usmjeravali prema plodnim površinama gdje se ta voda onda koristila za navodnjavanje usjeva. Osim što se radi o nevjerojatnim inženjerskim pothvatima za koje nije jasno kako su točno izvedeni bez svih današnjih tehnoloških pomagala, ovi su sustavi i višefunkcionalni tako što se nizom vertikalnih kanala kuće povezuju s glavnim kanatskim kanalom kojim struji hladna podzemna voda i na taj se način stvara vertikalna ventilacija kroz kuće (SLIKA 127 I 128).

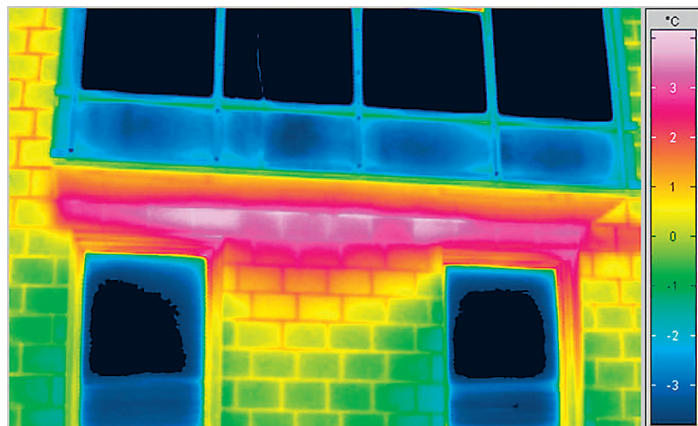


SLIKA 127

SLIKA 128



Za kraj o pasivnoj solarnoj arhitekturi



SLIKA
129

U kućanstvu već i tako koristimo razne oblike energije koja se najčešće pretvara u 'otpadnu' toplinsku energiju (energiju disipacije) uslijed nepotpune učinkovitosti uređaja koje koristimo (npr. rasvjeta, toplina potrebna za kuhanje, razni električni i elektronski uređaji). Tu je i toplina koju bacamo doslovce 'u kanalizaciju' u obliku tople vode koju koristimo u kućanstvu. Čak smo i mi sami izvori topline, jer je ljudsko tijelo tehnološkim rječnikom rečeno 'uređaj' s 30 postotnom učinkovitosti, upravo ovih 70% preostale energije mi predajemo u obliku topline okolnom prostoru disanjem i zračenjem.

Iz svega navedenog može se zaključiti da se već samo dobrom toplinskom izolacijom kuće može izuzetno puno uštedjeti. Tu je bitno napomenuti da je svugdje bolje toplinski izolirati kuću izvana, ukoliko razlikujemo konstruktivni tj. nosivi dio zida u odnosu na dio zida s izolacijskim svojstvima te eventualno završnu oblogu fasade. Naravno, uz pametno promišljanje spojeva i detalja kuće kako bi se izbjegli toplinski mostovi (SLIKA 129) tj. područja pojačanog toplinskog toka kroz konstrukciju (npr. balkoni gdje se

neizolirana betonska ploča proteže iz unutarnjeg u vanjski prostor).

Upravo su primjeri pasivnih kuća sa zidovima od slame jako interesantni (npr. smještajne jedinice na imanju Esserhof, arhitekta Wenera Schmidta) jer objedinjavaju u sebi nastojanja pasivnog solarnog dizajna s ekološkim prihvatljivim i lokalno dostupnim garditeljskim tehnikama (SLIKE 130 I 132).

Za ekološki i ekonomski prihvatljivije stanovanje nisu nužna visokotehnološka, složena i skupa rješenja, nego upravo svrhovito i inteligentno planiranje i projektiranje. Prilikom projektiranja pasivne solarne kuće možemo se služiti određenim proračunima u smislu dimenzioniranja staklenih površina, termalne mase i slično, no najučinkovitija metoda u ovom slučaju je upravo iskustvo (SLIKA 133).

SLIKE
130, 131,
132



3. Prikladne tehnologije za iskorištavanje toplinske energije biomase

Oko 3 milijarde ljudi i dalje kuha i grije svoje domove koristeći biomasu (tj. drvo, otpad iz poljoprivrede, drveni ugljen i izmet) na dnevnoj bazi. Doduše većina tih ljudi živi u zemljama tzv. trećeg svijeta i niskih i srednjih su primanja. Ali nemojmo se zavaravati da je to negdje daleko ili nama nepojmljivo. I u Hrvatskoj se nezanemarliv broj ljudi koristi sličnim metodama u svakodnevnom životu.

Da ne bi bilo zabune, korištenje biomase za kuhanje i zagrijavanje ne bi trebalo biti indikator zaostalosti i primitivizma. Današnja tehnologija korištenja biomase je toliko uznapredovala da ni u kom slučaju ne zaostaje za tehnologijom koja koristi neke druge oblike energenata. Ljepota korištenja biomase jest u tome što je prilagodljiva svakoj situaciji; od toga da želite imati potpuno automatizirani i digitalizirani sustav koji možete pokretati i kontrolirati u bilo kojem trenutku putem računala ili mobilnog telefona, pa do jednostavne tehnologije koju možete i sami izgraditi s vrlo malo resursa, početnog znanja i iskustva.

U sljedećih nekoliko poglavlja ćemo se fokusirati na iskustvo koje smo prikupili istražujući mogućnosti korištenja biomase, i pokušati ćemo vam ga približiti. Možda se i vi ohrabrite te krenete u svoju malu pustolovinu...

3.1. Definicija biomase

Krenimo od početka... Što je to biomasa? Ako želimo što jednostavnije i kraće objasniti nekome što je to biomasa najjednostavnije je reći: **SVE ORGANSKO**. To je najstariji izvor energije i kao takav se koristi veći dio čovjekovog postojanja. Ali ako poželimo neku strukturiraniju i stručniju definiciju biomase samo trebamo potražiti direktivu EU i Vijeća Europe broj 2003/30/EC od 08.05.2003. članak 2. i saznati:

BIOMASA - biorazgradivi dio proizvoda, ostataka i otpadaka od poljoprivrede (uključivo biljne i životinjske tvari), šumarstva i drvne industrije, kao i biorazgradivi dijelovi komunalnog i industrijskog otpada čije je energetske korištenje dopušteno.

Biomasa spada u obnovljive izvore energije i predstavlja njihov najsloženiji oblik:

- obuhvaća široku sirovinsku osnovu
- mjesto korištenja energije iz biomase se može odvojiti od mjesta nastanka biomase
- iz biomase se mogu proizvesti sva tri oblika korisne energije (mehanička, toplinska, električna)
- iz iste vrste biomase mogu se proizvesti različiti oblici korisne energije korištenjem različitih tehnologija pretvorbe
- nalazi se u sva tri agregatna stanja:
 - čvrstom stanju** - ogrjevno drvo, drveni ugljen, kora, drveni otpad, lišće, nedrvne stabljike - u raznim oblicima, uglavnom sječka ili pelete, briketi
 - tekućem stanju** - razna ulja ili alkoholi, pogodni za korištenje u postojećim motorima s unutarnjim izgaranjem - biodizel, bioetanol, biometanol.

plinovitom stanju - nusprodukti raspadanja organskih tvari, npr. bioplina, plin iz rasplinjavanja biomase, deponijski plin.

- proizvodnja energije biomase omogućuje kontinuirani proces sličan kao i kod konvencionalne energije dobivene iz fosilnih goriva
- energija iz biomase se može skladištiti

Iz ovog proizlazi da je biomasa kao energent izvrsnih karakteristika u odnosu na ostale obnovljive izvore energije, pa i na fosilna goriva. Iako pada u drugi plan u odnosu na vjetar i solarne panele, vrijeme će pokazati da njeno vrijeme neupitno dolazi.

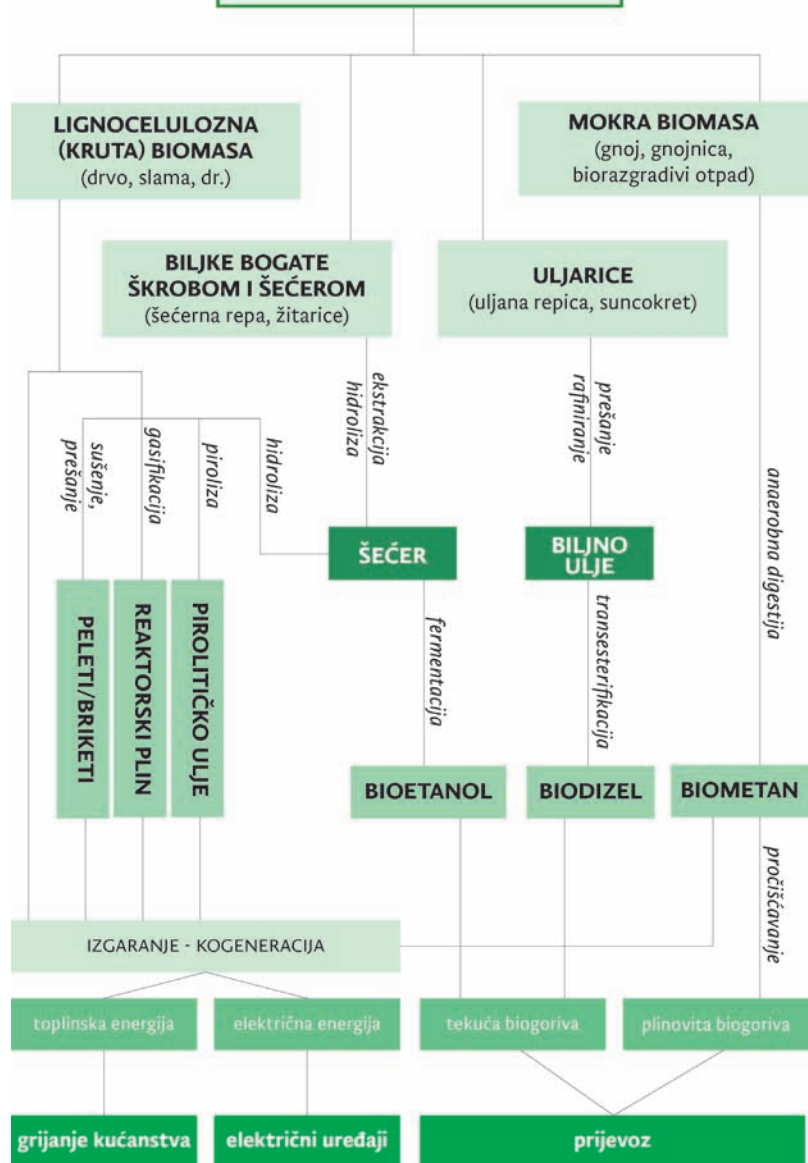
3.2. Kako se iz biomase može dobiti energija?

Jednostavnim izgaranjem biomasa se može izravno pretvarati u energiju pri čemu se proizvodi pregrijana vodena para za grijanje u industriji i kućanstvima ili za dobivanje električne energije u malim termoelektranama.

Fermentacija biomase u alkohol zasada je najrazvijenija metoda kemijske konverzije biomase. Takav se postupak najopsežnije razvija u Brazilu, gdje se godišnje dobiva više od milijun tona etanola za pogon vozila, a očekuje se da će se ta proizvodnja i povećati. Uljna repica i neke druge uljarice daju biodizel koji se može izravno upotrebljavati u dizelskim motorima.

Anaerobna fermentacija se koristi za dobivanje metana iz biomase. Bioplina nastao fermentacijom bez prisutnosti kisika sadrži metan i ugljik pa se može upotrebljavati kao gorivo.

BIOMASA



Nadalje, isti izvor biomase može se pretvoriti u različite oblike energije.

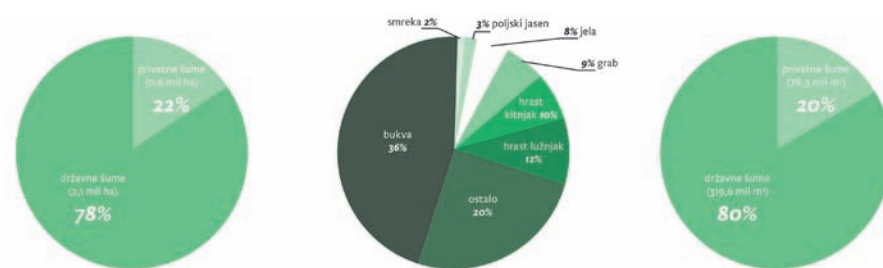
Primjer kukuruz:

- anaerobna digestija - bioplin - kogeneracija - električna i toplinska energija
- hidroliza - fermentacija - bioetanol - mehanička energija
- sagorijevanje - toplinska energija
- hidroliza - uplinjavanje - sintetički plin mikro - turbine - električna energija kogeneracija - električna i toplinska energija biogoriva 2.generacije - mehanička energija

3.3. Vrste biomase

Budući da je pojam biomase jako širok, potrebno je rasčlaniti vrste biomase. Pa tako imamo:

Šumska biomasa - ogrjevno drvo, prostorno drvo, te ostaci i otpad iz drvne industrije, nastali redovitim održavanjem šuma. Jako je bitno paziti da se održivo koristi šumski



UKUPNA POVRŠINA ŠUMA I ŠUMSKIH ZEMLJIŠTA RH: 2,7 mil ha

ZASTUPLJENOST VRSTA U DRVNOJ ZALIHI

UKUPNA ZALIHA: 398,0 mil m³

UKUPNI PRIRAST: 10,5 mil m³

resurs. Ukoliko koristite vlastite šume bitno je poštivati pravila dobrog gospodarenja šumama. Ukoliko nemate vlastitu šumu, pokušajte nabavljati drva iz šuma koje imaju certifikat o održivom gospodarenju šumama. Hrvatska ima 44% površine pod šumama, s godišnjim prirastom od 9,6 milijuna m³ i to je resurs koji moramo sačuvati za buduće generacije.

Biomasa iz drvne industrije - ostaci i otpad pri piljenju, brušenju, blanjanju. Najčešće vlasnici takvih pogona koriste to gorivo u vlastitim kotlovnica ili se koristi kao sirovina za proizvodnju briketa ili peleta. Jeftinije i kvalitetnije je gorivo od šumske biomase.

SLIKA 133



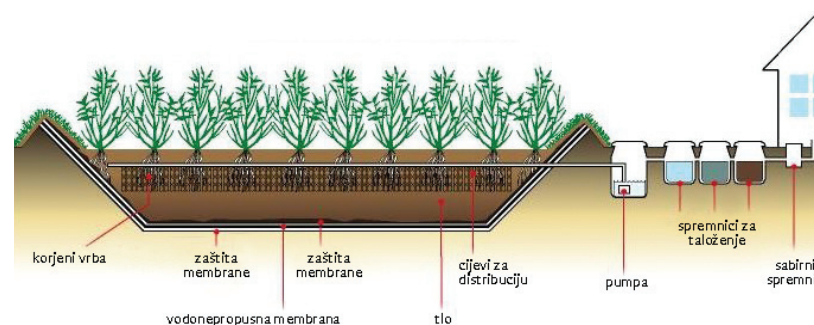
Poljoprivredna biomasa - ostatak pri uzgoju poljoprivrednih proizvoda namijenim proizvodnji hrane za ljude i stoku ili industrijskog bilja, bilo da je riječ o jednogodišnjim ili višegodišnjim nasadima. Najčešće se radi o ostacima godišnjih kultura: slama, kukuruzovina, oklasak, stabljike, ljuske, koštice, itd. Bilo koji ostatak koji nastaje pri primarnoj preradi poljoprivrednih proizvoda također se smatra poljoprivrednom biomasom i može se iskoristiti za proizvodnju energenata. Neka od svojstava karakteristična za ovaj izvor biomase su heterogenost, niska ogrjevna moć, visok udio vlage, različite primjese (npr. Na, Cl). Najčešće se preša, balira ili peletira ovakva biomasa i spaljuje čime se koristi toplinska energija ili se proizvodi električna. Mudra opcija su kogeneracijska postrojenja gdje se istodobno dobivaju oba oblika energije. Najpoznatiji primjer je u Danskoj - elektrana na ostatke žitarica - instalirana snaga 450 MW!



SLIKA 134

Energetski nasadi - najčešće se uzgajaju biljke bogate uljem ili šećerom s velikom količinom suhe tvari (ugljik C). U Hrvatskoj se najveći prinosi postižu s topolama, vrbama i jablanima oko 10-12 tona suhe tvari. Na svjetskoj razini najučestaliji energetski usjev je eukaliptus s prirastom od 35 tona suhe tvari godišnje. Sljedeći usjev je kineska trska s godišnjim prinosom od 17 tona po hektaru. Sami energetski nasadi se sastoje od gusto zasađenih plodnih mekih listača (vrba, topola, joha, bagrem) koji se žanju svakih 2-5 godina. Potrebno je napomenuti da kod uzgoja

SLIKA 135



energetskih nasada postoji nekoliko stvari koje treba imati na umu. Bilo koji monokulturni nasad nije poželjan s aspekta očuvanja bioraznolikosti. Pogotovo ako se krče prirodne šume da bi se krenulo s proizvodnjom energetskih nasada s invazivnim i neautohtonim vrstama. Idealno rješenje bi bilo kombiniranje više vrsta, prilagođenih podneblju. Na primjer, kombinacija energetskog usjeva s korištenjem otpadnih voda; u engleskom govornom području poznato kao "coppicing". Riječ je o uzgoju mekolisnjača s kratkom ophodnjom. Postižu se veliki prinosi biomase, a ujedno se i zbrinjava otpadna voda. Ovakva metoda se može primjeniti u zbrinjavanju otpadnih voda kućanstva i izgraditi u vlastitoj režiji.



SLIKA
136

Biomasa iz otpada - izvor sirovine za proizvodnju bioplina mogu biti drveno-prerađivačka industrija, prehrambena industrija, ugostiteljstvo, organski dio komunalnog otpada, otpadni mulj nakon pročišćavanja otpadnih voda, izmet životinja, lešine i otpad iz klaonice. U teoriji raspadanjem svake organske materije oslobađa se bioplin. I to u omjeru:

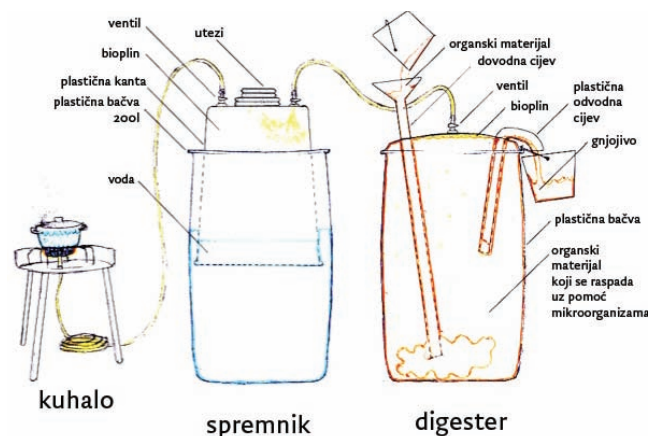
- metan CH_4 (40-75 %),
- ugljični dioksid CO_2 (25-60 %) i
- otprilike 2% ostali plinovi (vodik H_2 , sumporovodik H_2S , ugljik monoksid CO).

Bioplin je otprilike 20 % lakši od zraka i bez mirisa je i boje. Temperatura zapaljenja mu je između 650 i 750°C, a gori čisto plavim plamenom. Njegova gornja ogrjevna vrijednost je 39,8 MJ/Nm³ i gori sa oko 60 %-om učinkovitosti u konvencionalnoj bioplinskoj peći.

Proces proizvodnje biopina naziva se anaerobna digestija (AD). To je kontrolirani biokemijski proces razgradnje



SLIKA
137

SLIKA
138

biomase bez prisutnosti zraka. Razlikujemo mokru i suhu AD čija je glavna razlika udio suhe tvari u smjesi supstrata. Kod mokre AD se najčešće radi o kontinuiranom procesu gdje se udio suhe tvari kreće oko 12 posto, odnosno sve dok se homogenizirana smjesa supstrata može pumpati. Suha AD se najčešće odvija obročno, punjenjem i pražnjenjem digestora. Danas se u većini postrojenja na poljoprivrednu biomasu proizvodnja bioplina odvija putem mokre AD. AD se rijetko oslanja na monodigestiju, odnosno korištenje samo jedne vrste poljoprivredne biomase (primjerice stajskog gnoja) za dobivanje bioplina. Obično se radi o dvije ili do četiri vrste supstrata čime se postiže optimalna kombinacija hranjivih tvari za mikroorganizme.

Bioplin se može direktno sagorjeti u procesu dobivanja toplinske i/ili električne energije ili se može pročistiti do razine od 95 posto metana čime se dobiva biometan koji se koristi kao zamjena za prirodni plin (ubrizgavanje u mrežu prirodnog plina, motorno gorivo i drugo).

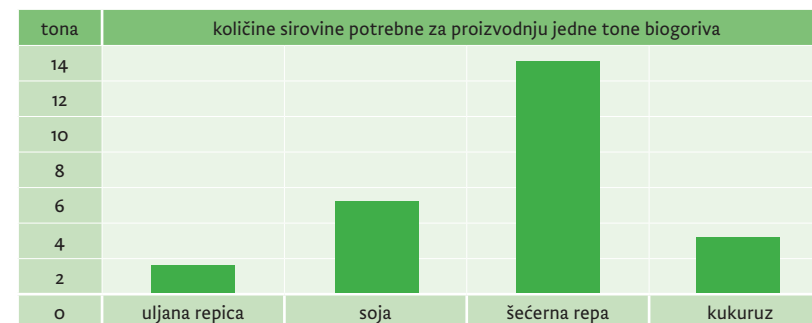
Sama tehnologija nije komplicirana i moguće je napraviti mali pogon za proizvodnju bioplina u kućnoj radinosti.

Istraživanja su pokazala da prosječna obitelj proizvede dovoljno kućanskog kuhinjskog otpada iz kojega bi se

mogao proizvesti jedan metar kubični bioplina. Ta količina bioplina je dovoljna za kuhanje 2-3 obroka dnevno, proizvesti 1,25 kWh električne energije, pogoniti motor s unutrašnjim izgaranjem snage 5 konjskih snaga 90 minuta ili osvjetljavati prostor plinskom lampom 28 sati.

Premda je ovo tehnologija stara tisućama godina, ona predstavlja budućnost u korištenju biomase kao energenta jer se dobije višestruka korist; koristi se obnovljivi izvor energije, održivo se zbrinjava otpad i dobije se vrijedno gnojivo na kraju procesa.

Biogoriva - etanol (alkoholno gorivo) nastaje hidrolizom molekula škroba koji se pomoću enzima pretvara u šećer a on zatim fermentira u alkohol (šećerna trska, melasa, kukuruz, drvo, poljoprivredni ostaci). Donja ogrjevna vrijednost bioetanola iznosi 27 MJ/kg. Za proizvodnju metanola mogu se koristiti sirovine s visokim udjelom celuloze kao što je drvo i neki ostaci iz poljoprivrede. Sirovina se najprije konvertira u plinoviti međuproizvod iz kojeg se sintetizira metanol.



Biodizel nastaje esterifikacijom biljnih ulja s alkoholom metanolom. Donja ogrjevna vrijednost biodizela iznosi 37 MJ/kg. Kao sirovina se koristi uljana repica, suncokret, soja, životinjske masnoće, alge ili otpadno jestivo ulje. Ima



svojstva slična motornim gorivima tako da se često miješa s običnim dizel fosilnim gorivima. Kada je mješavina u postocima od 20% biodizela i 80% normalnog fosilnog dizela, onda se to zove mješavina B20. Neki ljudi pogrešno vjeruju da je ta mješavina zapravo čisti biodizel.

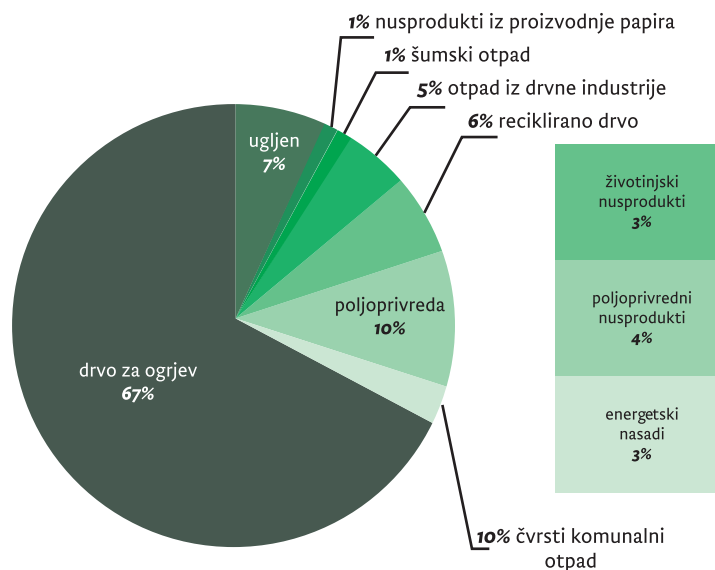
Biodizel je biorazgradiv, nije otrovan, može se proizvoditi lokalno u većini država. Ukoliko će se koristiti deforestacija šuma i monokulturne poljoprivredne tehnike, biodizel bi moglo postati ozbiljna prijetnja okolišu. Zato dobru alternativu tome predstavlja proizvodnja biodizela iz otpadnog kuhinjskog ulja. Neke od karakteristika takve proizvodnje su:

- niska nabavna cijena
- potrebna filtracija
- nepoželjno skladištenje na duži vremenski period
- izbjegavati hidrogenizirane biljne masti

Samo za ilustraciju navest ćemo primjer stanja u Zagrebu. Godišnja količina otpadnog kuhinjskog ulja koja se sada sakupi je na razini 100,000 litara. Preradom bi se mogla dobiti dovoljna količina za 2-3 autobusa na nekoj od gradskih linija. Prema istraživanjima godišnja količina koja se proizvede u jednom kućanstvu je 2 l po osobi. Ako pomnožimo to s brojem stanovnika u gradu Zagrebu, dolazimo do brojke od 2 milijuna litara godišnje. To nije zanemariva brojka.

Proizvoditi biodizel u kućnoj radinosti nije teško i uz malo truda može se dobiti biodizel zadovoljavajuće kvalitete. U ovom priručniku ćemo se posvetiti korištenju biomase za dobivanje toplinske energije tj. za kuhanje i zagrijavanje životnog prostora. Dok se energenti dobijeni iz biomase, kao što su biogoriva, najčešće koriste u transportu, bioplin se najčešće koristi za proizvodnju električne

energije u kogeneracijskim postrojenjima. Dakle, recimo da je naš fokus usmjeren na najosnovniji oblik korištenja energije biomase. Neka vas to ne buni jer iz sljedećeg grafičkog prikaza vidimo koliki je zapravo potencijal takvog korištenja biomase.



Vidimo da uz modernu tehnologiju još uvijek preko dvije trećine ukupne korištene biomase kao izvora energije otpada na kruta goriva.

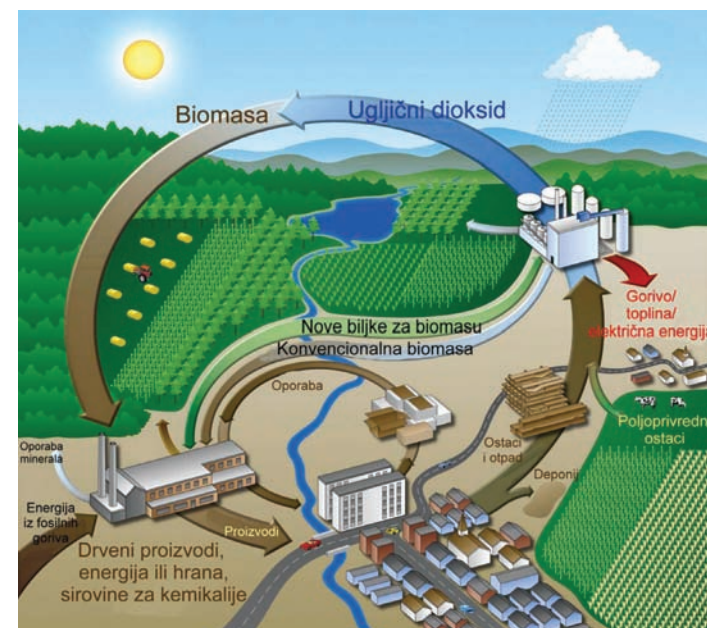
3.4. Utjecaj na okoliš

Održivost korištenja

Dok god se poštuje jednostavno pravilo obnovljivog razvoja, zasadi se onoliko drveća koliko se posiječe, ovakav oblik dobivanja energije nema negativan utjecaj na okolinu.

Nikako ne treba biti gramziv i treba poštovati potrebu vraćanja organske tvari u tlo za poljoprivrednu biomasu te minerala u tlo za šumsku biomasu. Ali i mimo toga za energetske primjene ostaje najmanje 30%.

Drvo kao prirodni materijal uz pomoć energije Sunca i kroz proces fotosinteze veže u svojim tkivima ugljik, a ispušta u atmosferu kisik neophodan za život na Zemlji. S druge strane, prilikom sagorijevanja drveta u atmosferu se ispušta vezani ugljik u vidu ugljik-dioksida. Na taj način drvo doprinosi kruženju ugljika u prirodi vraćajući



SLIKA 140

apsorbirani ugljik u atmosferu. Ispuštene količine ugljik dioksida nastale tokom sagorijevanja drveta ponovo veže drugo drveće, što znači da se ne pojavljuje višak ugljik dioksida u atmosferi kao posljedica korištenja drveta kao energenta. Zbog toga je drvo neutralan materijal sa stano- višta emisije ugljik dioksida i njegovog utjecaja na stvaranje efekta staklenika.

Iako se prilikom sadnje, sječe i transporta drveta iz šume koriste fosilna goriva, zagađenje atmosfere koje tada nastaje je manje, nego zagađenje koje bi nastalo korištenjem fosilnih goriva za grijanje. Za istu potrebnu količinu energije, sagorijevanjem drvnih goriva emisija CO₂ biti će

EFIKASNOST KONVERZIJE SUNČEVE ENERGIJE U BIOMASU	
	1 ha (100000 m ²)
godišnja insolacija	1300 kWh/m ²
godišnja energija	46,8 TJ
12% dolazi do lišća	5,6 TJ
50 % je fotosintetički iskoristivo	2,8 TJ
85% se prima na lišću	2,4 TJ
21 & se pretvara u biomasu	0,5 TJ
40 % se gubi ili troši u respiraciji	0,3 TJ
UKUPNA EFIKASNOST	0,64%

6CO ₂ + 6H ₂ O + SVJETLO (SUNČEVA ENERGIJA)	C ₆ H ₁₂ O ₆ + 6O ₂
EMISIJA CO ₂ PRILIKOM SAGORJEVANJA NAJČEŠĆE KORIŠTENIH GORIVA	
vrsta goriva	emisija CO ₂ u kg/kWh
prirodni plin	0,19900
LPG	0,23000
lož ulje	0,27000
ugljen	0,38000
drvo	0,02113
peleti	0,03000
drvena sječka	0,30000
briketi	0,30000

18,27 puta manja u odnosu na ugljen ili 12,9 puta manja količina CO₂ u odnosu na lož ulje.

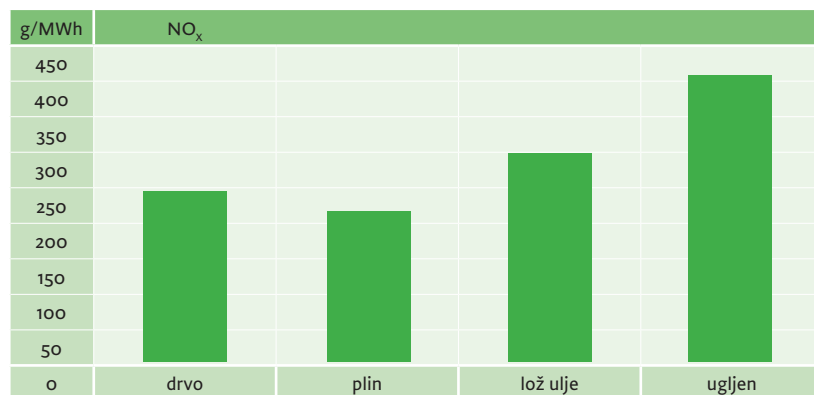
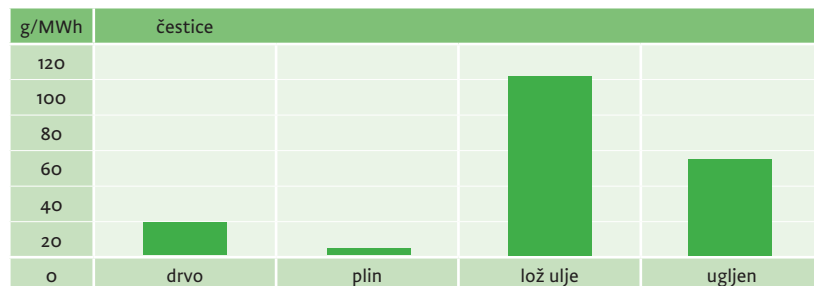
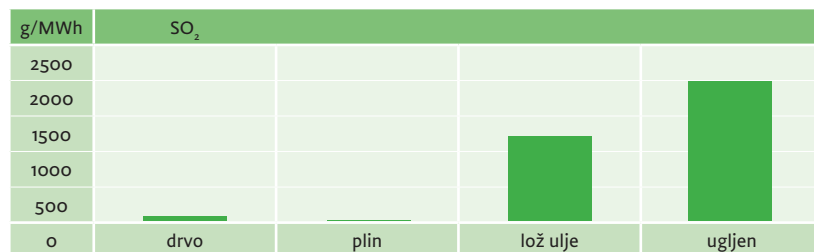
U procesu sagorijevanja drva oslobađa se određena energija, koja se u njemu (drvo je zapravo golemi pretvarač energije Sunca) skupljala godinama. Svi sastojci koji su bili potrebni pri procesu asimilacije (ugljični dioksid, voda, minerali itd.) u procesu sagorijevanja drva ponovno se oslobađaju. Završetak tog procesa u biološkom smislu identičan je procesu koji završava truljenjem drva u šumi. Na oba načina identično se zatvara prirodni kružni proces, pa se tako održava ravnoteža ugljičnog dioksida u atmosferi.

U samom drvu sadržani su sljedeći elementi: ugljik oko 49 posto, kisik oko 44 posto, voda oko 6 posto, te ostali nesagorivi sastojci i dušik oko 1 posto.

Prema tome, drvo ne sadrži sumpor, pa se njegovim izgaranjem ne stvara štetni sumporni dioksid te se upotrebom ogrjevnog drva izuzetno pridonosi zaštiti čovjekove okoline. Pri tom drvo je i obnovljiv materijal, a fosilna goriva nisu. Sljedeće činjenice najbolje pokazuju ulogu i važnost:

- da bi se dobio 1m³ drvene zapremine tokom rasta drveta potrebna je 1 tona CO₂ iz atmosfere
- u 1m³ drvene zapremine u stablu koje raste nalazi se oko 250 kg ugljika koji je uskladišten u drvnim vlakancima i oko 750 kg kisika koji se ispušta u atmosferu tokom procesa fotosinteze
- šume u Europi godišnje apsorbiraju oko 140 milijuna tona ugljika iz atmosfere u procesu fotosinteze
- površina šume od 150 m² ispusti u atmosferu toliko kisika godišnje da je ta količina dovoljna za potrebe jedne osobe
- jedno stablo bukve staro 60 godina osigura kisik za potrebe preko 10 osoba;
- jedno stablo bukve staro 60 godina apsorbira CO₂ koliko ispuste u atmosferu 6 osoba

Na sljedećim grafovima vidimo emisije štetnih tvari prilikom sagorijevanja drva. U usporedbi s drugim energentima vidimo da se drvo može “nositi” s drugim energentima i predstavlja logičan izbor ako nam je na umu zaštita okoliša. Osim već navedenih prednosti zaštite okoline i potpunog izgaranja, treba spomenuti da se pri sagorijevanju drva ne stvaraju nikakvi agresivni spojevi i ne razvijaju se



otrovni plinovi, ako je proces izgaranja nepotpun. Mnoge će iznenaditi da takav ogrjev ostavlja malo pepela i nema problema s čišćenjem, a i ono što se skupi treba sačuvati. Naime, taj pepeo je bogat kalijem, magnezijem, kalcijem, manganom, željezom i raznim fosfatima.

Neupitna prednost upotrebe biomase, poglavito krutih goriva, kao energenta dolazi do izražaja u vodu propusnim ili vodozaštićenim područjima. Naime, za razliku od fosilnih goriva, primjerice nafte, nema bojazni od ekoloških katastrofa. A i kad se desi da biomasa dospije u prirodu prirodni proces biorazgradnje dolazi na svoje i rješava stvar. Ciklus je zatvoren.

Kod plantažnog uzgoja energetskih nasada treba paziti da se izbjegne monokultura, te da se ne koriste herbicidi, pesticidi i umjetna gnojiva. Ako se za energetske nasade koristi tlo inače neupotrebjeno u poljoprivredne svrhe, ono vrlo brzo postaje stanište za ptice i male sisavce. Time se postiže veća bioraznolikost, a ujedno se sprječava erozija i zadržavaju se vodeni tokovi.

3.5. Drvo kao gorivo

Pitanje koje se postavlja kad nabavljate ogrjevno drvo je koju vrstu drveta kupiti. Najčešće se nudi bukva, grab, hrast ili bagrem. Kako se odlučiti? Premda prevladava mišljenje da je bukva nabolje ogrjevno drvo jer ima najveću ogrjevnu moć, to nije uvijek točno. Jako je bitno u kojim jedinicama uspoređujete podatke. Tu dolazimo da hipoteze:

MJERNE JEDINICE			
kilogram	tona	prostorni metar	nasipni metar
kg	t	prm	nm
cjepanice, drvena sječka, peleti i briketi		cjepanice	drvena sječka, cjepanice

Što je teže? Kilogram željeza ili kilogram perja? Da sve ne bi ostalo na zagonetkama pokušati ćemo razjasniti neke stvari.

U prosjeku možemo zaključiti da ogrjevno drvo (bukva, grab, jasen ili hrast) ima u jednom prostornom metru ogrjevnju vrijednost oko 2100 kWh. Ako kupujemo brikete ili pelete onda se koriste kilogrami kao mjerne jedinice. Kod nabave sječke se pak koristi nasipni metar. Kako onda usporediti energente?

Puni kubni metar (m^3) koristi se za izražavanje volumena koji u potpunosti ispunjava drvo. Ova se mjerna jedinica često koristi za debla.

Prostorni metar (prm) jedinica je mjere koja se koristi za uredno složene cjepanice.

	TRUPCI	METRICE	IZREZANE CJEPANICE		DRVNA SJEČKA	
	m^3	prm	složeni	nasipni	fino (G30)	srednje (G50)
			prm	nm	nm	
1 nasipni metar (nm) srednje drvene sječke	0,33	0,50			0,80	1,00
1 nasipni metar (nm) fine drvene sječke	0,40	0,55			1,00	1,20
1 nasipni metar (prm) izrezanih cjepanica	0,50	0,70	0,60	1,00		
1 prostorni metar (prm) izrezanih cjepanica	0,85	1,20	1,00	1,70		
1 prostorni metar (prm) metrica	0,70	1,00	0,80	1,40	1,75	2,10
1 m^3 trupaca	1,00	1,4	1,20	2,00	2,50	3,00

Nasipni metar (nm) jedinica je mjere koja se koristi za cjepanice i, češće, drvenu sječku, a odnosi se na volumen koji zauzima drvo, ali uključujući i zračni prostor, prazan prostor koji se smatra ispunjenim.

Ogrjevna vrijednost goriva

Primarna energija koju sadrži gorivo izgaranjem se pretva ra u krajnju energiju koja se koristi za grijanje ili pripremu tople vode. Jako je bitno kada uspoređujete vrijednosti da ste sigurni da pričamo u istim jedinicama.

Ogrjevna vrijednost goriva je količina energije koja se otpušta tijekom potpunog izgaranja po jedinici mase

SREDNJA OGRJEVNA VRIJEDNOST NEKIH VRSTA DRVETA SADRŽAJA VLAGE (M) 13%			
CRNOGORIČNA DRVA		CRNOGORIČNA DRVA	
VRSTA	kg/m^3	VRSTA	kg/m^3
alepski bor	810	morski bor	680
ariš	660	norveška smreka	450
crni bor	560	srebrna jela	470
čempres	600	škotski bor	550
duglazija	510	švicarski bor	500
kameni bor	620	tisa	700
BJELOGORIČNA DRVA		BJELOGORIČNA DRVA	
VRSTA	kg/m^3	VRSTA	kg/m^3
bazga	620	kesten	580
bijeli jablan	480	koprivac	720
breza	650	lipa	650
brijest	620	ljeska	670
bukva	750	maslina	920
crna joha	560	obični grab	800
crni jablan	500	orah	700
crni jasen	720	oskoruša	770
crni grab	820	platana	670
crnika	940	poljski javor	740
crni rogač	760	siva joha	520
dren	980	talijanska joha	550
gorski javor	670	trešnja	600
hrast kitnjak	760	turski hrast	900
hrast lužnjak	770	vrbe	450
jasen	720	zanovjet	730

goriva. Vлага smanjuje ogrjevnu vrijednost drva. Dio energije koji se otpušta tijekom izgaranja troši se na isparavanje vode te se to gubitak topline. Isparavanje vode “troši” od 2,44 MJ po kilogramu vode. Tijekom sušenja, smanjenje od 10% u vlažnosti uzrokuje povećanje od otprilike 0,6 kWh/kg (2,16 MJ/kg) u energetske vrijednosti. Zato je jako bitno koristiti suha drva za loženje.

Ogrjevna vrijednost suhog drva za različite vrste drva iznosi od 18,5 do 19 MJ/kg. U četinjača je 2% viša nego li u

1000 LITARA LOŽ ULJA =
2,1 t peleta
10 - 15 nasipnih m ³ drvne sječke
7 - 8 nasipnih m ³ cjepanica četinjača
5 - 6 nasipnih m ³ cjepanica listača

1 l lož ulja ~ 2,5 kg drva
1 kg lož ulja ~ 3 kg drva

NETO OGRJEVNA VRIJEDNOST (SREDNJE VRIJEDNOSTI)		
MJ	GORIVA	kWh
14,40 MJ/kg	1 kg drva	4,00 kWh/kg
3,60 MJ	1 kWh električne energije	1 kWh
20,20 MJ/kg	Lignit (briketi)	5,60 kWh/kg
29,50 MJ/kg	Koks 40/60	8,20 kWh/kg
27,60 MJ/kg	Ugljen	7,67 kWh/kg
46,30 MJ/kg (24,55 MJ/l)	LPG (1 m ³ = 4 l = 2 kg)	12,87 kWh/kg (6,82 kWh/l)
36,00 MJ/m ³	Prirodni plin (1 kg = 5,8 l)	10,00 kWh/m ³
42,5 MJ/kg (36,17 MJ/l)	Lož ulje	11,80 kWh/kg (10 kWh/l)

SREDNJA VRIJEDNOST ENERGETSKIH VRIJEDNOSTI	
SUHO DRVO (M 0%)	5,14 kWh/kg
PELETI (M 10%)	4,6 kWh/kg
CJEPANICE (M 20%)	4 kWh/kg
DRVNA SJEČKA (M 30%)	3,4 kWh/kg

listača. Uzrok ove razlike je u višem udjelu lignina, smole, voska i ulja.

U praksi vrlo često postoji potreba usporedbe ogrjevne vrijednosti moći između fosilnih i drvnih goriva.

Iz sljedeće tablice vidimo da ukoliko uspoređujemo ogrjevnu vrijednost po kilogramu biomase tada bukva ima najmanju vrijednost, dok jela ima najveću. To je upravo suprotno od onoga što smo navikli čuti. Ali da budemo korektni, sve je u tome o kojim jedinicama pričamo. Ukoliko uzmemo u obzir volumen, (jedinica koja se koristi pri kupnji ogrjevnog drva) onda je istina da za metar prostorni bukovog drva dobijemo veću ogrjevnu vrijednost u odnosu na jelu. Razlog tome je u gustoći drva i shodno tome i masi.

Kod kupovine peleta, obračunska jedinica je kilogram i ogrjevna vrijednost je oko 5 kWh/kg i ona je konstantna za kvalitetne pelete. Kod cjepanica je srednja ogrjevna vrijednost oko 4,2 kWh/kg. Što su cjepanice oblije to ih u prostorni metar više stane, dok razni nepravilni i kvrgavi komadi znatno smanjuju količinu, a time i ogrjevnu vrijednost.

OGRJEVNE VRIJEDNOSTI POJEDINIH VRSTA DRVA				
VRSTA DRVA		OGRJEVNA VRIJEDNOST		
		1 m ³ volumena (kWh)	po 1 m ³ složenog drva (kWh)	po 1 kg (kWh)
bjelogorično drvo	breza	2700	1900	4,3
	bukva, grab	2800	2100	4,0
	hrast	2900	2100	4,2
	jasen	2900	2100	4,2
	jablan, topola	1700	1200	4,1
	brijest	2800	1900	4,1
	vrba	2000	1400	4,1
crnogorično drvo, četinjače	smreka	2100	1500	4,5
	bor, ariš	2300	1700	4,4
	jela	2000	1400	4,5

Sagorjevanje drva

Zacijelo će mnoge iznenaditi činjenica da više od 80 posto drvnih sastojaka izgara u plinovitom stanju. Drvo je od svih krutih goriva najbogatije plinovitim elementima, pa stoga i veći dio ogrjevne vrijednosti (oko 70 posto) drva imaju upravo visoko kalorični plinoviti sadržaji. Za usporedbu navedimo podatak da kod najboljeg krutog goriva -antracita -plinoviti sastojci iznose samo 3 do 10 posto.

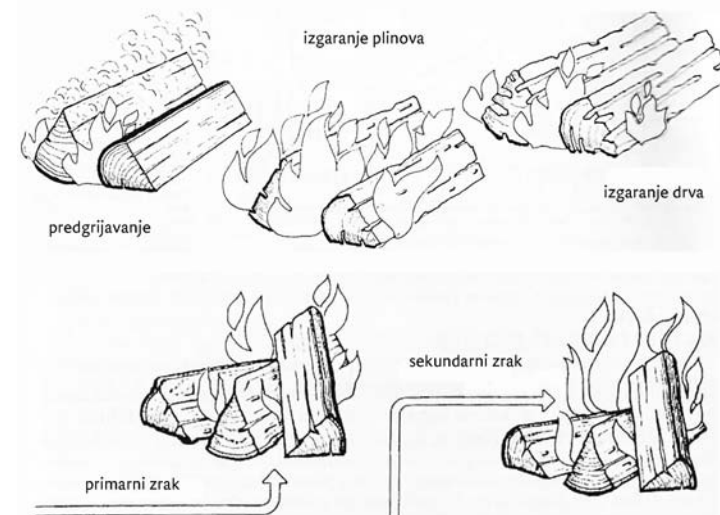
Dakle, drvo je plinovito kruto gorivo (istina je, mada čudno zvuči), gdje u procesu izgaranja sagorijevaju plinoviti sastojci nastali kao proizvod u procesu toplinskog rastvaranja drva. Upravo zbog toga u procesu sagorijevanja javljaju se lijepi, dugi plameni jezičci, koji ugodno isijavaju toplinu. Kako je riječ o izgaranju plinovitih sastojaka treba osigurati dovoljnu količinu svježeg zraka, odnosno kisika, kako bi drvo potpuno sagorjelo.

Osnovno je pravilo da svježe sječeno drvo ne može služiti za ogrjev. Takvo drvo zbog visokog sadržaja vlage ima upola manju ogrjevnu vrijednost od suhog drva koje ima obično do 15 % vlage. Dakle, drvo treba kupiti barem godinu dana ranije, dobro ga uskladištiti i zaštititi od oborina, a tek nakon sušenja ono postaje ogrjev.

FAZE SAGORIJEVANJA OGRJEVNOG DRVA

Predgrijavanje - to je početna faza u kojoj se zbog zračenja topline, odnosno, kretanjem toplog zraka, temperatura drva polako diže i to od vanjske stjenke prema unutra. U tom procesu zagrijavanja tj. sušenja, ponajprije ispari zaostala vlaga, dok na površini drva nastaju pukotine kroz koje izlazi para, a u samo drvo polako prodire toplina sve do njegove jezgre. U procesu predgrijavanja toplina se još ne oslobađa, već se samo troši pri sušenju.

Izgaranje plinova - kad se drvo osuši, vrlo intenzivno dolazi do otplinjavanja, pod uvjetom da mu je temperatura veća od 150 °C. U početku nastaju plinovi i pare sastavljeni od teže zapaljivih komponenata, kao ugljični dioksid, vodena para, mravlja i octena kiselina i slično. Već pri 200 °C ubrzava se piroliza pa nastaju vrlo lako zapaljivi plinovi, kao ugljični monoksid, metan, metanol, vodik te mnogi visokokalorični katrani. Za njihovo potpuno izgaranje potrebno je dovesti i dodatni sekundarni zrak kako bi se provelo tzv. **sekundarno sagorijevanje**. Taj dodatni zrak mora se prije nego što uđe u ložište zagrijati kako bi izgaranje bilo doista potpuno. U protivnom zaostale gorive čestice otići će neiskorištene zajedno s dimnim plinovima u atmosferu.



SLIKA
141

Izgaranje drva - ono što je ostalo nakon procesa otplinjavanja i sagorijevanja zapaljivih i visokovrijednih plinova zapravo je drveni ugljen. On izgara pri dovodu dovoljnih količina zraka potpuno i bez zagađivanja okoline. I tu vrijedi pravilo da će se proces sagorijevanja ostvariti bolje ako

je ložište toplo i zagrijano i ako se spriječi dovod hladnog svježeg zraka u ložište.

3.6. Peći - lokalni izvori topline

Mnogo je razloga zbog kojih obične peći još dugo neće izaći iz upotrebe. Iako su, općenito uzevši, manje ekomične od sistema centralnog grijanja, ta njihova negativna osobina ponekad se pretvara u prednost. Naime, kada treba zagrijati samo jednu prostoriju, često je ekonomičnije naložiti peć negoli uključiti cijeli sistem centralnog grijanja (veliko centralno ložište koje na minimalnom kapacitetu ne radi s optimalnim koeficijentom iskorištenja, gubici sistema itd.). S druge strane, peć je uvijek dobrodošla kao alternativni izvor topline ako dođe do kvara na centralnom sistemu ili nestane goriva. Treće (iako često ne i najmanje važno), mnogi koji otkidaju od usta kako bi izgradili svoj "krov nad glavom" jednostavno nemaju dovoljno novca da ugrade i prilično skupe instalacije centralnog grijanja. U takvim slučajevima i jedna relativno jeftina peć osigurava toplinu barem u glavnoj prostoriji u kuci ili stanu, a postupno, nabavkom još jedne ili dviju rješava se grijanje i ostalih prostorija. Pritom ne treba ni odmahnuti mogućnost izgradnje svoj vlastite peći na kruta goriva, kao naprimjer poznate "raketne peći".

Na kraju, i shvaćanje komfora je različito i potpuno individualno: iako se općenito smatra da je centralno grijanje najkomfortnije, nekome se može činiti udobnijim pucketanje vatri i rekreacijsko cijepanje drva, nego li ovisnost o kompliciranim i njima nerazumljivim automatiziranim uređajima (i profesionalnom osoblju za njihovo održavanje). Postoji jedna ljepota romantika u jednostavnim uređajima.

A da ne govorimo koliko smo tada otporni na eventualne fluktuacije u dobavljalivosti energenata ili dostupnosti rezervnih dijelova i profesionalnog kadra za održavanje kompliciranih modernih sustava.

Iako se pod pojmom peć najčešće podrazumijeva peć s ložištem na kruto gorivo, treba imati na umu da danas postoje peći na sva poznata goriva: kruta, tekuća i plinska, ali i električna energija. Osim prema vrsti goriva, peći se mogu sistematizirati i prema načinu odavanja topline, zatim prema brzini odavanja topline i njene akumulacije, pa prema načinu gradnje itd.

Nama se najlogičnijim čini izlaganje po jednostavnosti, a i time mogućnosti samogradnje...

KAMINI

Kamin je zapravo djelomično ograđeno kućno ognjište. Upravo se zbog toga uz njega emocionalno vezuje većina ljudi. Pucketanje vatre, odsjaj plamena na stropu, toplina direktnog zračenja, sve to stvara posebnu atmosferu sigurnosti, blagostanja, zaštićenosti i budi u nama neku nostalgiju.

Nažalost, kamin je i najneekonomičniji način grijanja. Njegov stupanj iskorištenja toplinske energije je vrlo nizak, negdje do 30 %, te ima slab učinak pri zagrijavanju prostorija, pogotovo ako su razdvojene. Osim toga, vrlo se često kamin ili dimnjak izvedu krivo: dimnjak ne vuče, drvo slabo izgara i od grijanja ništa, a umjesto romantike ostaje zadimljena prostorija. Najčešća greška je da mnogi kamini nemaju dovod svježeg zraka u ložište. Drugi najčešći uzrok slabog izgaranja krije se u krivo dimenzioniranom ili previše odmaknutom ložištu u odnosu na dimnjak, a treći u samom dimnjaku. Kamin se ne može priključiti na bilo koji dimnjak.

Razlog zbog kojeg ovdje navodimo kamin je u tome što on često služi kao referentna točka kada se uspoređuje neki drugi oblik peći na kruta goriva. Bilo da je riječ o efikasnosti ili potrošnji goriva.

METALNE PEĆI

Najčešći primjerak metalnih peći koje se koriste na našem području su stari dobri kuhinjski štednjak Iako je u prvom redu namijenjen kuhanju, u mnogim je domaćinstvima i danas glavni pa čak i jedini izvor topline. Dobro riješenim ložištem s dugim putem dimnih plinova energija goriva se maksimalno iskorištava, kako za kuhanje i pećnicu, tako i za grijanje, uz mogućnost regulacije toplinskog učinka na jednostavan način.

Metale peći na kruta goriva odlikuju se uglavnom brzim odavanjem topline nakon početka loženja, ali i niskom akumulacijom. Što predstavlja izvrsno rješenje za prijelazna razdoblja. Drugim riječima, koliko ložite, toliko ćete se i grijati. Dakle, regulacija je primitivna. Te peći većinom ne zadovoljavaju kriterije dobrog grijanja, pa su uglavnom rješenja za nuždu ili alternativni (kakav-takav) način grijanja. Najčešći je slučaj da površinska temperatura, bar djelomično, prelazi granicu od 80 °C. Tada takva peć predstavlja opasnost od opekline, pogotovo za djecu. Nadalje, sva prašina koja padne na površinu peći se momentalno spaljuje pa zrak u prostorijama koje se griju takvim pećima često imaju miris po gareži.

Ako dimnjak dobro ne vuče, peć se dimi i zagađuje prostoriju, a ako vuče previše (što je često slučaj u višim zgradama) troši više goriva, jer najveći dio topline odlazi u dimnjak. Ako je na isti dimnjak priključeno nekoliko poći opet slabo gore. Osim toga, brojna mala ložišta i dimnjaci više zagađuju atmosferu negoli jedan veći, istog ukupnog kapaciteta zbog regulacije izgaranja te zbog bolje distribucije

dimnih plinova. Naime, treba imati na umu da samo potpuno izgaranje ne zagađuje atmosferu, a to je teško postići s malim metalnim pećima.

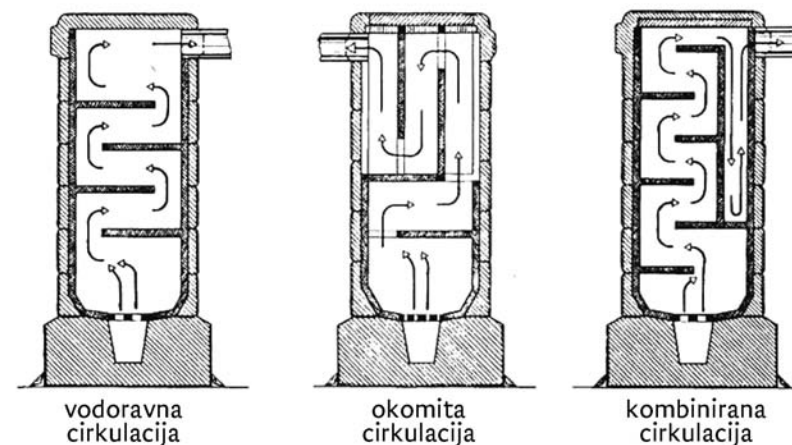
Potpuna je greška kada ljudi polagano lože metalne peći ili kombiniraju suha i mokra drva ne bi li postigli dugotrajniju vatru. Time se smanjuje temperatura u ložištu, ne postiže se potpuno sagorijevanje, ne izvuče se sva raspoloživa energija “skladištena” u drvu, a svi gorivi plinovi i toplina odu kroz dimnjak van u atmosferu. Time se samo zagađuje okolina.

KALJEVE PEĆI

Ovakav tip peći predstavlja neusporediv napredak u odnosu na metalne peći. Kaljeve peći iskorištavaju relativno visok stupanj topline proizvedene izgaranjem drva (do 70%), a dragocjeno im je svojstvo akumuliranje topline u trenutku intenzivnog loženja i postepeno zračenje.

Peć je konstruirana tako da postoji niz vertikalnih i horizontalnih kanala kroz koje struje topli plinovi iz ložišta peći. Time je znatno produžen put kojim se kreću vrući pli-

SLIKA 142



novi prije odlaska u dimnjak, te oni veći dio topline predaju samoj peći. Idealno bi bilo kad bi taj put bio vrlo velik, no to je neizvedivo iz praktičnih razloga; peći bi morale biti nerazmjerno velike, dimnjak ne bi vukao, a sagorijevanje bi bilo sporo i nepotpuno pri čemu bi se stvarao otrovni ugljični monoksid.

Svojsvo "skladištenja" ostvareno je velikom masom, dakle velikim toplinskim kapacitetom, peći koja se zagrije da bi zatim još satima nakon prestanka loženja zračila toplinu. Rezultat toga je ugodno saznanje da dobru kaljevu peć ne treba stalno ložiti, već je dovoljno 2 do 3 puta dnevno.

Ovakva akumulacija topline je dobra karakteristika za dugih i konstantnih zima, ali za prijelazna razdoblja ovo postaje nedostatak. Kod kaljeve peći je relativno dugo vrijeme od početka loženja do početka zračenja topline.



SLIKA
143

Kako je put dimnih plinova vrlo dug, temperatura im je na izlazu iz peći niska. Načini izvedbe tih prolaza kroz peć su različiti. No, kod svih izvedbi dimnjak mora biti ispravan. Minimalna visinska razlika ulaza toplih dimova u dimnjak i izlaza istih iz dimnjaka bi trebala biti odgovarajuća (u literaturi stoji da za veće kaljeve peći to treba iznositi 4,5 m). Niska temperatura dimnih plinova može kod neispravnih ili ispućanih dimnjaka izazvati stvaranje kondenzata. Zato vanjski dio dimnjaka mora obavezno biti toplinski izoliran.



SLIKA
144

RAKETNE PEĆI

Raketna peć je visoko učinkovita peć gdje se ogrjevno drvo malog promjera spaljuje u jednostavnom ložištu pod viskom temperaturom. Ložište se sastoji od horizontalne komore za spaljivanje i vertikalnog dimnjaka. Također postoji i sekundarni dovod zraka što osigurava potpuno sagorijevanje prije nego što plamen dosegne površinu za kuhanje.

Princip je smislio dr. Larry Winiarski iz oregonskog Aprovecho istraživačkog centra za primijenjene tehnologije davne 1982. godine. Za ovaj dizajn je 2006. dobio Ashden nagradu. Ovdje moramo spomenuti i lanto Evans, autora koji je popularizirao upotrebu raketnih peći namijenjene za grijane prostora, tzv. Rocket Mass Heater.

WINIARSKI/APROVECHO RAKETNA PEĆ

peć u obliku slova "L"



Naravno, kako dobre ideje nikad nisu djelo samo jednog čovjeka, tako su se na ideju raketnih peći zakačili mnogi ljudi koji su svi svojim malim preinakama pomogli razvoju ove predivne peći.

Raketna peć postiže učinkovitije izgaranje goriva, u ovom slučaju drva, na visokoj temperaturi osiguravajući dobar dotok zraka u ložište, a time i izgaranje hlapivih tvari, kontroliranu upotrebu goriva, te učinkovito korištenje topline.

Glavne komponente raketne peći su:

Spremište goriva - tu se nalaze drva kojima lagano izgaraju samo vrhovi i postepeno se dodaju u komoru za izgaranje.

Ložište - nalazi se na kraju spremnika goriva, gdje izgara gorivo.

Dimnjak - vertikalni dimnjak se nalazi iznad komore za sagorijevanje. Njegova zadaća je pružiti "propuh" potreban za održavanje izgaranja.

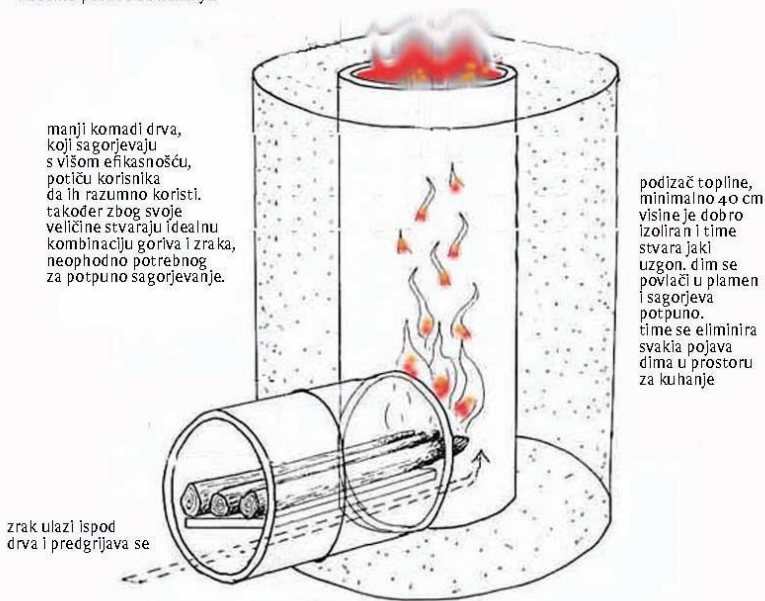
Izmjenjivač topline - osigurava prijenos topline tamo gdje nam je potrebna. To može biti lonac za kuhanje, termalna masa za grijanje prostora ili spremnik za potrošnu toplu vodu.

Spremište goriva može biti horizontalno, pod nekim kutom ili vertikalno. Kako gorivo izgara u komori za

SLIKA
145

izgaranje konvekcija privlači novi zrak u komoru za izgaranje odozdo, osiguravajući da plin iz tinjajućeg drva izgara pod visokom temperaturom. Dimnjak može biti izoliran pa time osigurava visoku temperaturu i poboljšano izgaranje (prema istraživanjima to može povećati efikasnost i do dva posto).

za razliku od kuhanja na otvorenoj vatri, **RAKETNA PEĆ** koncentrira toplinu tamo gdje treba, na samu posudu za kuhanje.



SLIKA
146

Ovakva konstrukcija raketne peći omogućuje da se potrošnja goriva smanji za pola u odnosu na tradicionalnu otvorenu vatru, a i može se koristiti manji promjer drva. Tu se otvara mogućnost korištenja biomase koja inače ne bi bila pogodna za ogrjev. Na primjer, ostaci iz pilana (okrajci) čine savršeno gorivo za ovakve peći. Njihov duguljasti oblik i mali promjer kao da je stvoren za raketnu peć.

Zamislite koliko samo vremena i fosilnih goriva uštedite ako ne morate piliti i cijepati drva, a da ne pričamo o emisiji stakleničkih plinova.

Podsjetimo se, na svjetskoj razini otprilike 50% svih kućanstava i preko 90% ruralnih kućanstava koristi drvo ili neki drugi oblik biomase za kuhanje ili grijanje. Kako su za sagorijevanje tih goriva korištene jako neučinkovite peći, raketna peć predstavlja odlično rješenje. Time se poboljšava kvaliteta života i zdravlje tih ljudi, a ujedno se smanjuje količina potrebnog goriva i emisija stakleničkih plinova u atmosferu.

SLIKA
147, 148,
149, 150

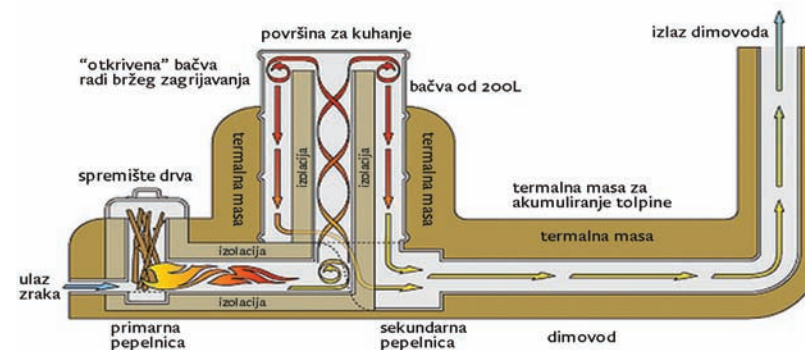


Za potrebe kuhanja konstrukcija je prilagođena tako da postoji posuda za kuhanje koja je isključivo namijenjena raketnoj peći. Posuda je “uronjena” u peć tako da je maksimizirana površina koja je u dodiru s vatrom. Zaštita oko posude za kuhanje stvara uski kanal koji prisiljava vrući zrak da teče duž dna i po stranama posude za kuhanje. Budući da se postiže efikasno sagorijevanje ne postoji problem oko dima koji zagađuje i nepovoljno djeluje na ljudsko zdravlje.

Pogodnosti principa raketnih peći se može višestruko iskoristiti. Na primjer, mogu se napraviti i krušne peći u kombinaciji s pećima za kuhanje.

RAKETNE MASIVNE PEĆI

Iako je princip raketne peći smišljen prvenstveno za kuhanje, nije se stalo samo na tome. Izumitelji, istraživači i svi oni skloni eksperimentiranju su smislili nebrojene primjene ovog koncepta. Takav jedan koncept je i raketna peć s termalnom masom namijenjena grijanju prostora. Na engleskom bi to bio Rocket Mass Heater pa ćemo koristiti kraticu RMH.

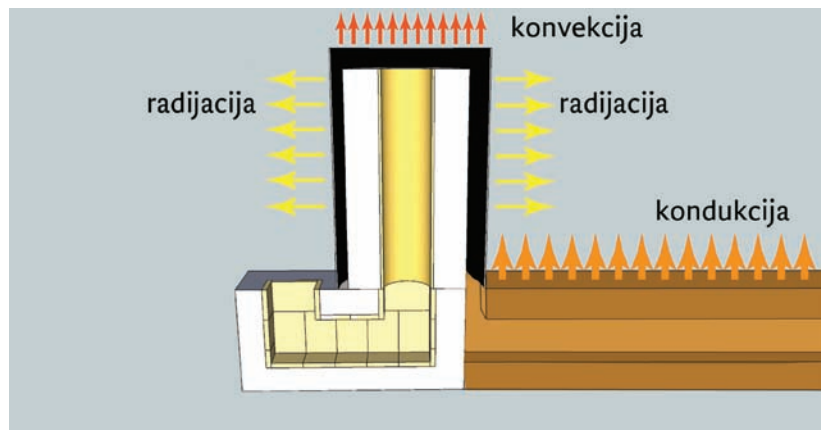


SLIKA 151

Podsjetimo se nekih osnovnih zakona termodinamike... Toplije tijelo će uvijek izagrijavati hladnije. Ako je temperaturna razlika velika, toplinski tok je brži.

Toplina se prenosi na tri odvojena načina:

- radijacija
- konvekcija
- kondukcija



SLIKA
152

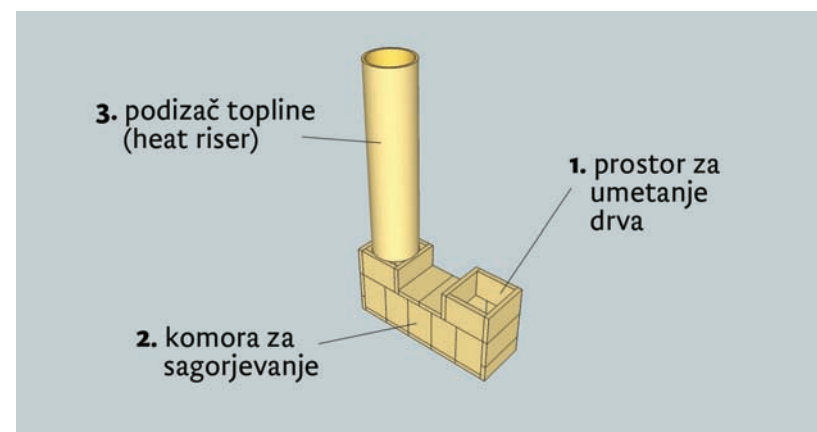
Radijacija (zračenje) je izravni prijenos energije kroz prostor. Najpoznatiji primjer je Sunce. Zračenje se širi u ravnim linijama, u svakom smjeru, gore, dolje i svuda okolo istodobno kroz prostor dok ne dođe do čvrstog tijela, gdje se reflektira ili apsorbira u različitim omjerima. Količina zračenja ovisi o tome koliko je izvor topline vruć i udaljen. Drugim riječima što ste bliže peći, to vam je toplije.

Konvekcija (strujanje) je usmjereno gibanje odnosno strujanje fluida, topliji fluid se giba prema hladnijem i predaje toplinu okolini. Poznato vam je da se topliji zrak skuplja na višim dijelovima nekog prostora. Da bi se grijao konvekcijom, morate biti iznad izvora topline. U ovom slučaju je najbolji primjer podno grijanje. Postoje primjeri korištenja principa raketne peći za zagrijavanje podova.

Kondukcija (vođenje) je spontani prijenos toplinske energije kroz tvar, iz područja više temperature u područje niže temperature, stoga djeluje u svrhu izjednačavanja temperaturnih razlika.

Kako vidimo iz ilustracije RMH koristi sve tri mogućnosti širenja topline prostorom. Kada pričamo o učinkovitosti RMH moramo imati na umu dvije faze kojima se to postiže:

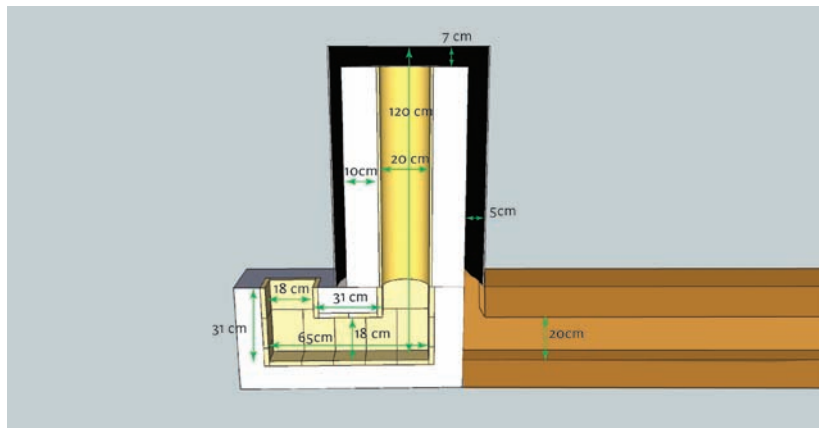
- efikasno sagorijevanje goriva u ložištu
- efikasni prijenos topline na termalnu masu



SLIKA
153

Sama konstrukcija ložišta je u obliku slova "J" te omogućuje efikasno sagorijevanje. Na ilustraciji možemo vidjeti; **1.** prostor za umetanje drva, **2.** komoru za sagorijevanje, **3.** podizač topline (heat riser)

Postoje razne dimenzije raketnih peći, ali se uvijek treba poštovati isti omjer veličina. Najčešće se koristi tzv. 8" sustav, gdje je promjer cijevi koje se koriste za podizač topline 8 inča, a površina poprečnog presjeka svih dijelova uvijek konstantna. Na ilustraciji se vidi odnos dimenzija za primjer 8" sistema. Samo za napomenu, katkad se radi lakšeg sporazumijevanja koristi imperijalni sustav mjernih jedinica jer je ideja RMH potekla iz SAD. Čisto za usporedbu

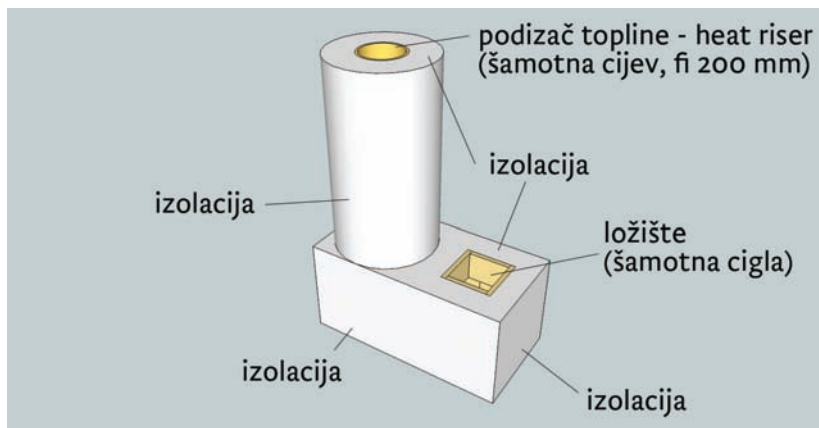


SLIKA 154

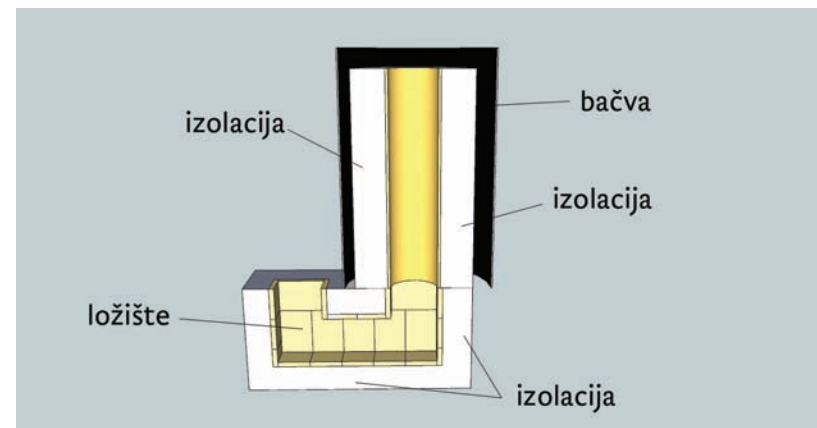
8 inča je otprilike 200 mm. U ovom slučaju toliko iznosi promjer cijevi koji se koristi za podizač topline i dimovodne kanale.

Drvo se postavlja vertikalno u ložište. Kako samo vrhovi drva gore, tako se količina drva koji gori samoregulira uz pomoć gravitacije. Sama vatra gori horizontalno u komori za sagorijevanje. Tu se postiže temperatura od preko 800°C. Konstantni dovod svježeg zraka se osigurava povoljnom konstrukcijom ložišta. Samo za primjer: gurnemo li ruku u ložište kad se peć ne loži osjeti se lagano strujanje

SLIKA 155



zraka. Četvrtasti presjek ložišta je povoljan jer se stvaraju mikro turbulencije i tako se dodatno miješaju topli plinovi nastali sagorijevanjem drva. U vertikalnom dijelu ložišta, tzv. podizaču topline (heat riser), postiže se temperatura od preko 1200°C i tu potpuno sagorijevaju plinovi sadržani u drvu.

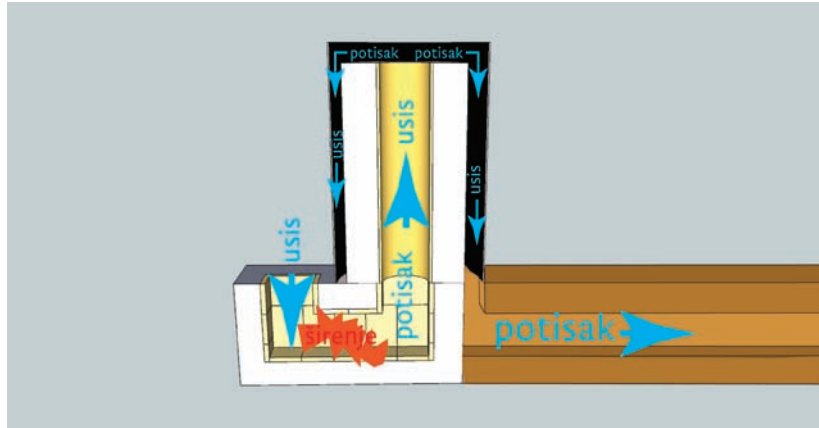


SLIKA 156

Revolucionarni dio raketne peći namijenjene grijanju je postavljanje dimnjaka unutar peći. To je učinjeno tako da je napravljena komora oko podizača topline. Time se postiglo da je sva toplina zadržana u toj komori. Na ilustraciji (Slika 157) vidimo kako je postignut efekt strujanja zraka kroz ložište RMH. Time se i razlikuje od klasične peći i dimnjaka koji "vuče". Dimnjak kod RMH gura topli zrak kroz dimne kanale.

Topli dimni plinovi zatim prolaze kroz brojne kanale u termalnoj masi i predaju joj svoju toplinu prije izlaska iz zgrade kroz dimnjak. Kanali dimnih plinova moraju biti dovoljno dugi da se što više topline prenese na termalnu masu, a opet ne previše dugački da se ne izgubi potisak.

Bitno svojstvo termalne mase je da akumulira toplinu dok ložimo peć i lagano je konstantno ispušta u prostoriju

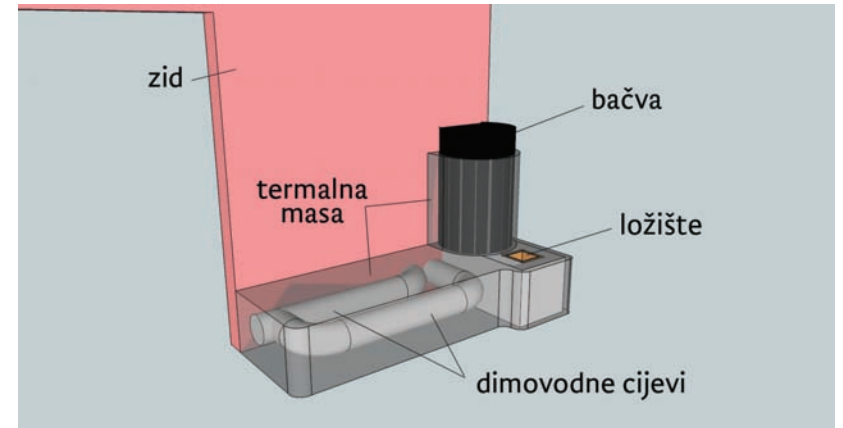
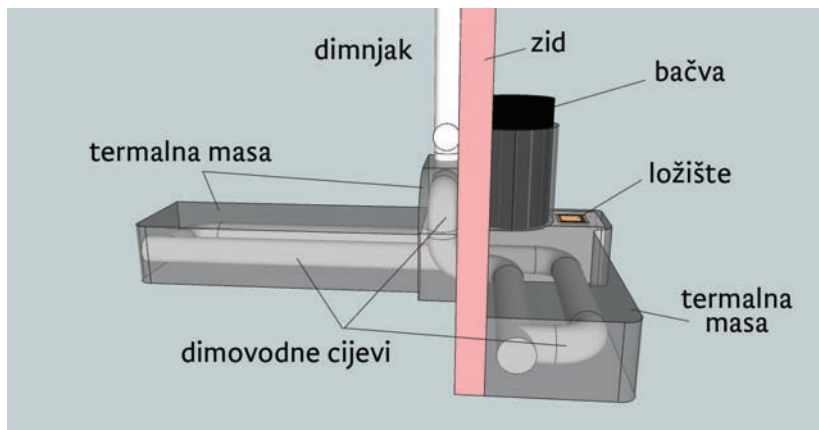


SLIKA 157

dok se sama peć više ne loži. Zbog toga RMH nije potrebno ložiti konstantno, već u intervalima. To u praksi znači da ćete ložiti peć 2-3 sata, a nakon toga će termalna masa same peći ispuštati toplinu sljedećih 6-24 sata, ovisno o materijalu koji ste koristili prilikom konstrukcije peći.

Kako su RMH obično nešto na što se zakače ljudi nklonjeni eksperimentiranju i izgradnji u kućnoj radinosti, tako su materijali koji su najprikladniji ovakvoj publici najčešće zemlja i njene primjese, cigla, kamen ili beton. Svi

SLIKA 158



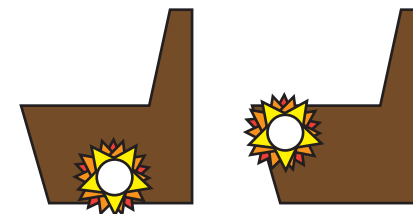
SLIKA 159

ovi materijali su dobri akumulatori topline. Dužina kanala za transfer topline iz ložišta peći na materijal od kojeg je napravljena termalna masa peći ovisi o konstrukciji peći. Što je veća površina presjeka ložišta i kanala, to je potrebno imati dulje kanale. Za 8" (200 mm) sisteme to je negdje oko 30' (10 m). Postoji jednostavno pravilo da poprečni presjek ložišta i kanala kroz termalnu masu moraju biti isti. Sam oblik možete birati prema željama ili zahtjevima individualnog slučaja. Jer ipak svaka RMH je unikatna peć.

Neki graditelji predlažu korištenje kanala okruglog presjeka jer statički bolje podnose sile koje se javljaju uslijed djelovanja termalne mase. Drugi pak predlažu četvrtaste presjeke jer se uz istu površinu kod ovog presjeka postiže veća kontaktna površina preko koje toplina može preći na termalnu masu.

SLIKA 160

- niska temperatura
- spor odaziv
- najveća akumulacija



- visoka temperatura
- brz odaziv
- najmanja akumulacija

Položaj samog kanala unutar termalne mase može varirati ovisno želite li bržu ili sporiju reakciju. Ako ga stavite dublje u termalnu masu, tada će reakcija biti sporija i toplini će trebati više vremena da dođe do površine termalne mase. Vrijedi i obrnuto, postavljanjem kanala bliže površini termalne mase dobivate bržu reakciju, ali i manje topline se akumulira. Bitno je znati što želite i naći pravi balans.

Sam oblik termalne mase je ostavljen mašti na volju. Svaka osoba koja se odluči na gradnju ovakve peći ima svoje ideje kako to najbolje napraviti i u tome je ljepota ovakvih

SLIKA
161



SLIKA
162



peći, svaka je priča sama za sebe i izvrstan je primjer kako se ljudi mogu kreativno izraziti i ujedno napraviti nešto korisno. Primjenjena umjetnost u pravom smislu te riječi.

SLIKA
163



SLIKA
164



FINSKE MASIVNE PEĆI

Masivna peć je vrsta peći, koja je strukturirana na malo drugačiji način nego što je to uobičajeno (SLIKA 165 I 166). Masivne peći su dobile svoje ime po tome što se sastoje od velike termalne mase, obično opeke i šamota, ukupno otprilike oko 3 tone. Ova vrsta peći tradicionalno je nastala u sjevernim dijelovima Europe, Finskoj i Rusiji. U Finskoj se ovakve peći za zagrijavanje prostora koriste već nekoliko

SLIKA
165

stotina godina, a procjenjuje se da ih samo u Finskoj ima oko milijun primjeraka.

Masivna peć je tako dizajnirana da maksimalno iskoristi svu energiju koja se nalazi u biomasi drveta koje koristimo za zagrijavanje. Efikasnost pretvorbe pohranjene energije u drvetu u oslobođenu toplinu je oko 90%, što je vrlo visoki koeficijent u odnosu na druge tipove peći na drva.

SLIKA
166

Drvo u finskim pećima sagorijeva na vrlo visokim temperaturama (oko 1000°C) pri čemu potpuno sagorijeva i pretvara se u CO₂ i vodenu paru. Ove peći se još nazivaju i pećima bez dima jer zaista, kada finska peć postigne svoju radnu temperaturu kroz dimnjak više ne izlazi dim. Budući da se sagorijevanje odvija na tako visokim temperaturama, ova vrsta peći mora imati dobar akumulator topline kako se oslobođena toplina ne bi izgubila kroz dimnjak. Toplina se pohranjuje u termalnoj masi peći i zatim isijava u prostor koji grijemo kroz 24 sata. Ove peći imaju povratni tok dimnih plinova koji prije izlaska kroz dimnjak još jednom prolaze kroz ložište gdje sagorijeva sve što nije sagorjelo u prvom naletu.

U Hrvatskoj još uvijek postoji puno kućanstava koja griju prostor pomoću klasičnih metalnih peći. U takvim pećima drvo sagorijeva nepotpuno i efikasne su samo 50 do 70%. Nepotpunim sagorijevanjem nastaju dimni plinovi koji još uvijek sadržavaju zapaljive plinove koji sa sobom nose dio energije drveta. To je mješavina plinova od kojih su najviše zastupljeni vodik, ugljični monoksid i metan te drugi plinovi u manjim količinama. Ako te plinove ispustimo kroz dimnjak, doslovce bacamo energiju u vjetar. Metalne peći ne mogu sagorijevati na tako visokim temperaturama kao finska peć jer bi se ložište vrlo brzo oštetilo. Također, metalne peći nemaju sposobnost skladištenja topline pa se prostor koji grijemo vrlo brzo ohladi, čim prestanemo ložiti. Nešto bolje su tradicionalne kaljeve peći koje imaju efikasnost oko 70% i dosta veću sposobnost akumulacije topline od metalnih peći.

Praktična strana finske peći je što ne moramo paziti na vatru kroz cijeli dan već je dovoljno naložiti samo jednom dnevno. Sagorijevanje traje oko 20 -30 minuta i nakon toga peć konstantno isijava toplinu u prostor. Još jedna prednost je to što površina peći nije nikada toliko

vruća da je ne bismo smjeli dotaknuti rukom (osim samih metalnih vrata za vrijeme loženja) pa ih to čini puno sigurnijima za korištenje u kućanstvima s djecom. Toga kod finske peći nema jer je temperatura površine puno niža, pa je kvaliteta zraka puno veća u tako grijanom prostoru. Mana finskih peći je to što im treba dosta vremena da se zagriju i počnu isijavati toplinu u prostor. Potrebno je oko 24 sata unutar kojih se smije naložiti do 3 puta da bi se termalna masa zagrijala na radnu temperaturu. To ih čini idealnima za prostore u kojima se konstantno boravi i živi. Ako prostor koristite samo povremeno onda finska peć nije idealno rješenje za grijanje tog prostora. No, s druge strane, ako se u prostoru živi, onda je to vrlo praktično svojstvo jer se peć jednom zagrije na početku sezone grijanja i dalje se samo dogrijava. To još nazivamo i termalni zamašnjak jer kao veliki kotač, u početku moramo uložiti veliku energiju da ga pokrenemo, ali nakon toga samo održavamo njegovu vrtnju manjom količinom energije. Finske peći osim za grijanje mogu se koristiti i za kuhanje, pečenje i dogrijevanje tople vode. Obično se u gotovo svaku peć standardno ugrađuje komora s vratima koja funkcionira kao krušna peć. Ako želimo kuhati, onda je dizajn malo drugačiji pa je potrebno u startu predvidjeti mjesto gdje će doći metalna ploča od lijevanog željeza koju koristimo za kuhanje. Dogrijevanje potrošne tople vode funkcionira tako da se u stjenku peći ugradi izmjenjivač topline (zavojnica od čelične ili bakrene cijevi) kroz koju protječe voda koja ide u spremnik potrošne tople vode. Cirkulacija može biti aktivna ili pasivna kao i kod solarnih sustava. Multifunkcionalnost finske peći je jednostavno predivna!

Još jedna prednost finskih peći je u tome što se može izraditi od lako dostupnih i jeftinih materijala. Šamotni (vatrostalni) blokovi se mogu kupiti u trgovinama s građevinskim materijalom, a oni nam i tako trebaju samo za

ložište to jest mjesto u peći koje dolazi u doticaj s direktnim plamenom. Sve ostalo zida se od klasične građevinske opeke. Stara, rabljena opeka je puno kvalitetnija nego ona koja se proizvodi danas. Kada kupujete opeku za gradnju finske peći možete napraviti jednostavan test a to je da prepolovite jednu ciglu na pola. Kvalitetna opeka je iznutra uniformno crvena dok nekvalitetna može imati tamno centralno područje što znači da opeka nije dovoljno pečena. Vjerojatno je dovoljno dobra za zidarske poslove, ali za gradnju finških peći ovakve bi opeke trebalo izbjegavati.

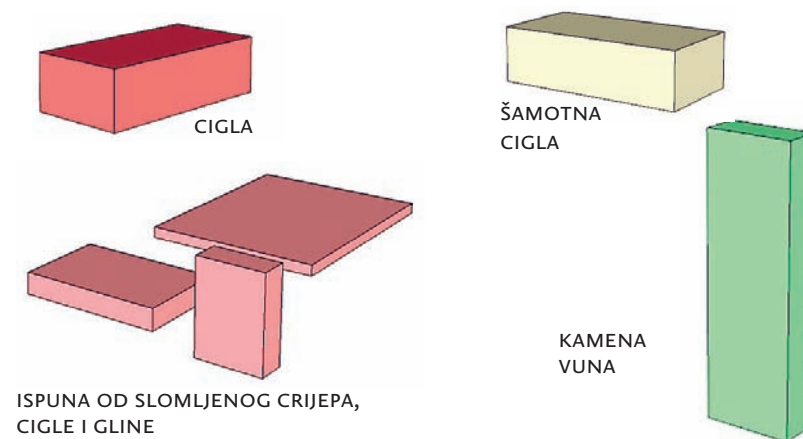
Za povezivanje opeke nikako se ne smije koristiti mort na bazi cementa ili vapna jer ti materijali nisu otporni na zagrijavanje pa bi popucali. Umjesto toga koristi se mort na bazi gline koja se može kupiti gotova ili ga možete nabaviti sami. Bitno je da imate dobar izvor ilovače s visokim udjelom gline bez organske materije. U kontinentalnoj Hrvatskoj gotovo svako dvorište ima ilovaču dovoljno dobru za izradu glinenog morta. Ilovača se mora potopiti u vodu na nekoliko dana da se dobro namoči. Najpraktičnije ju je močiti u plastičnim zidarskim kacamama (SLIKA 167), ali i druge posude vam mogu koristiti, ako ih imate. Namočenu

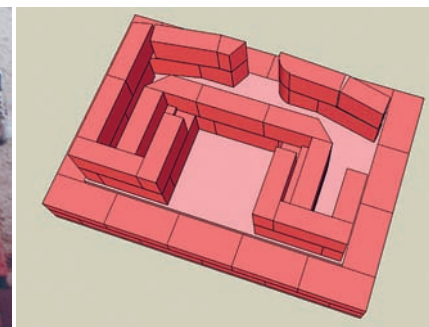
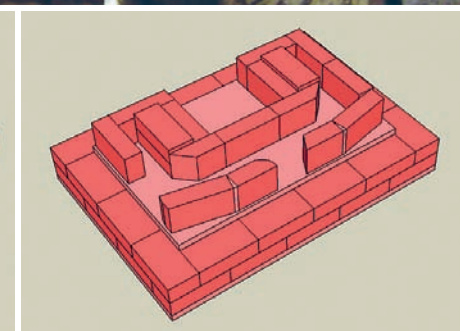
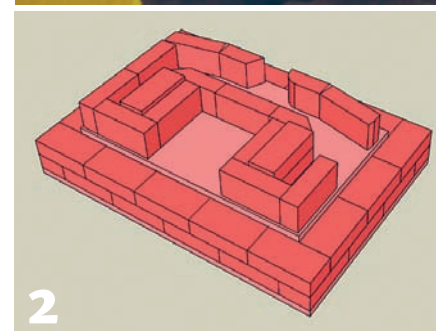
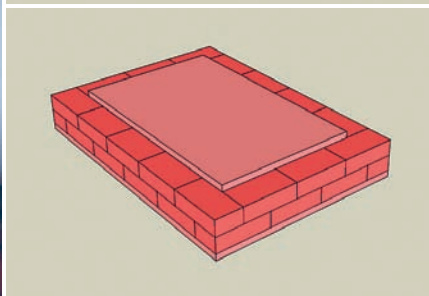
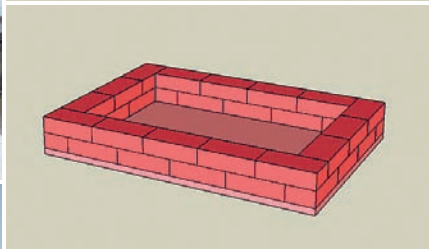
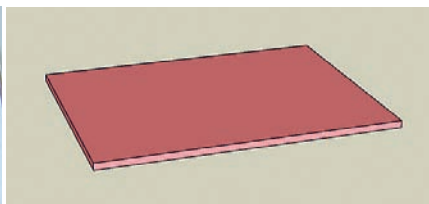
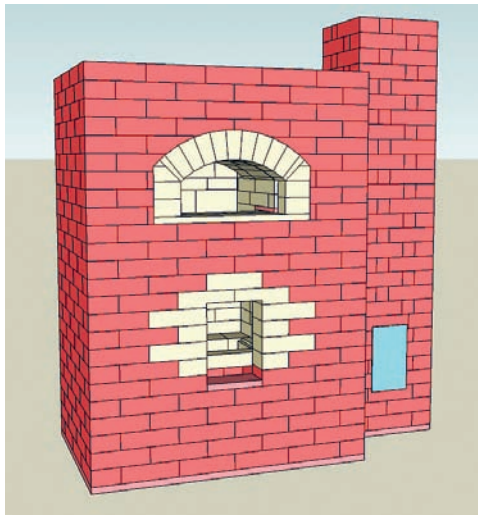


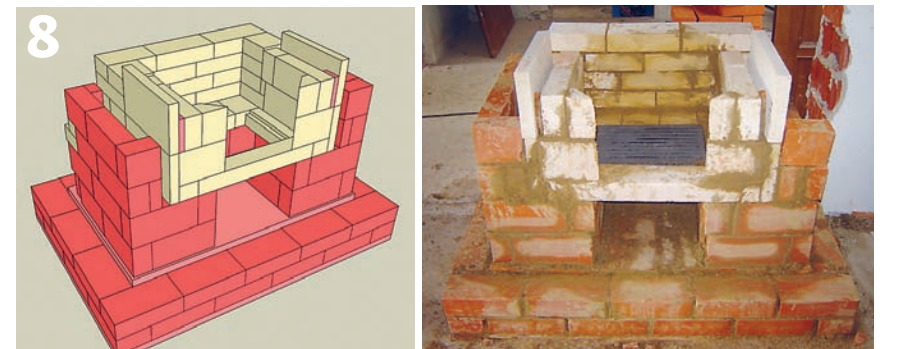
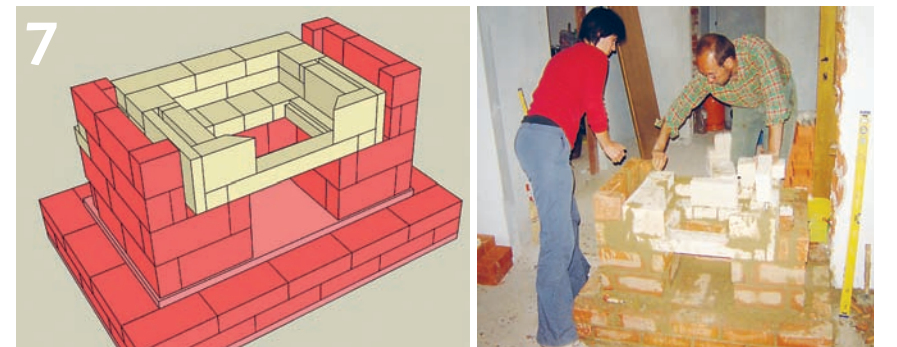
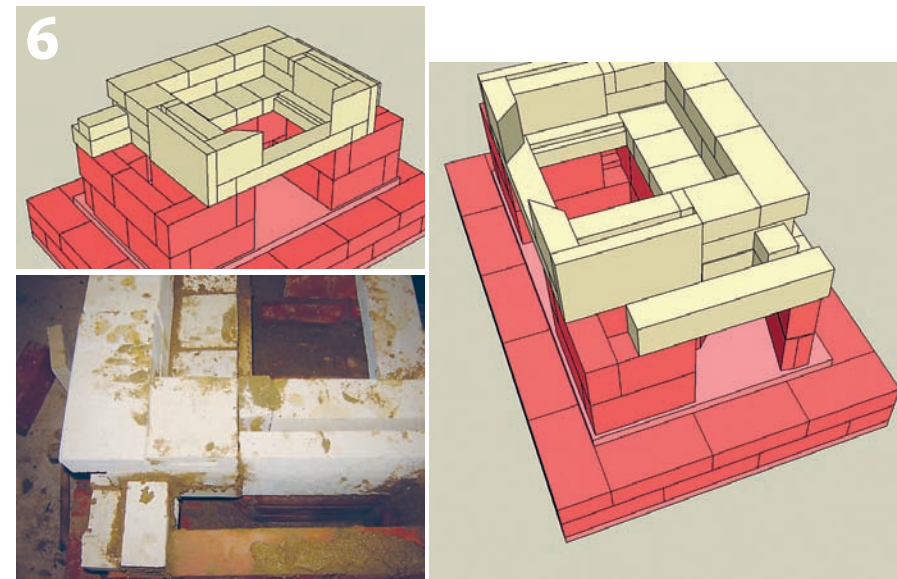
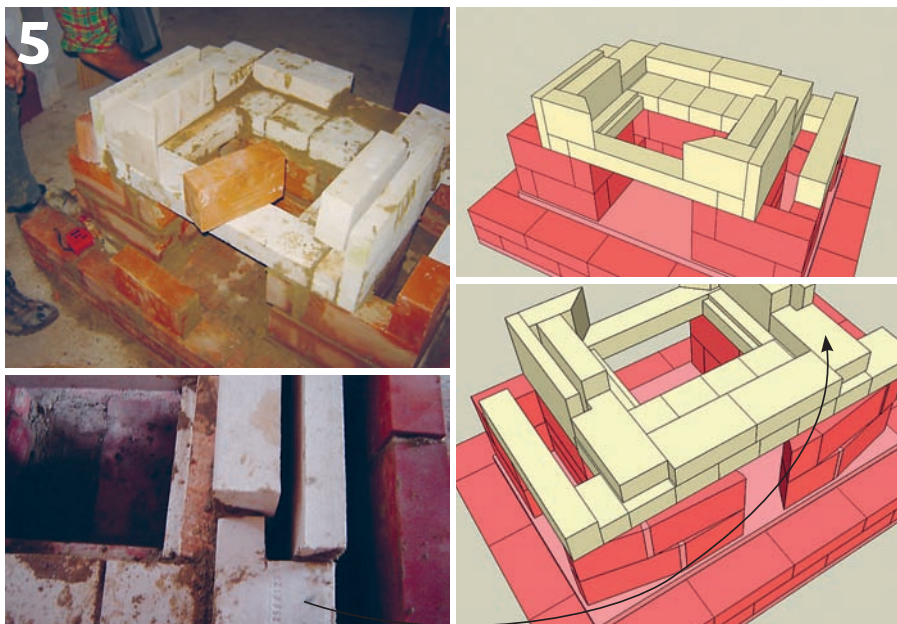
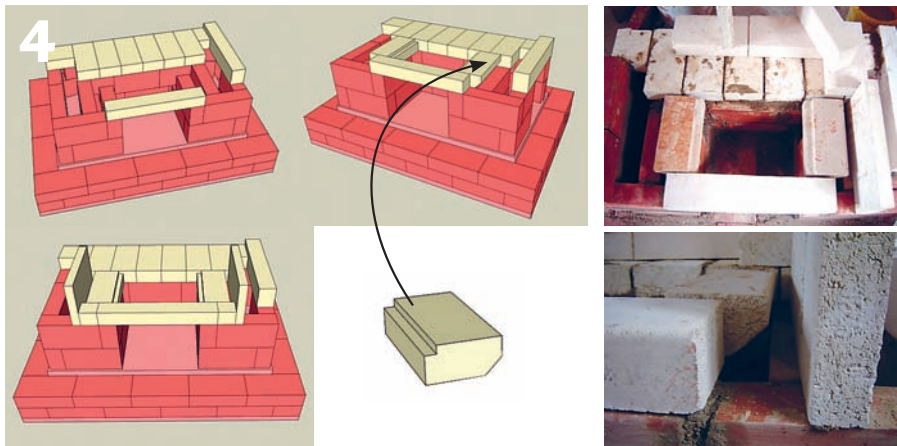
SLIKA
167

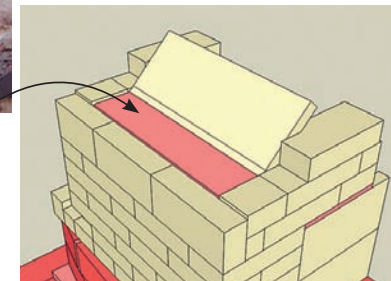
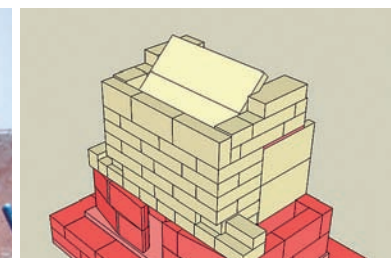
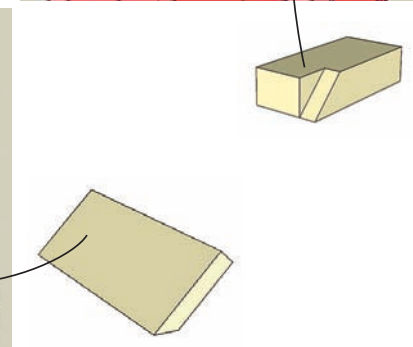
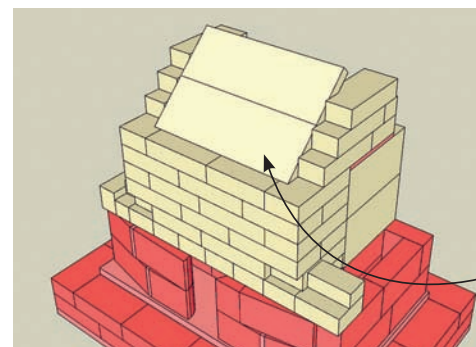
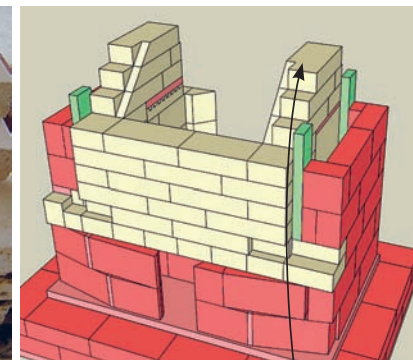
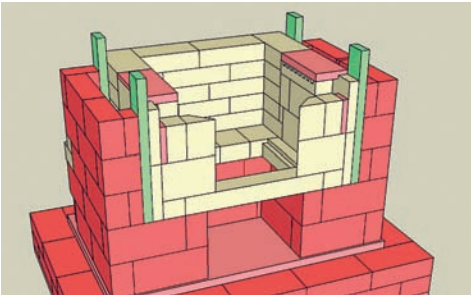
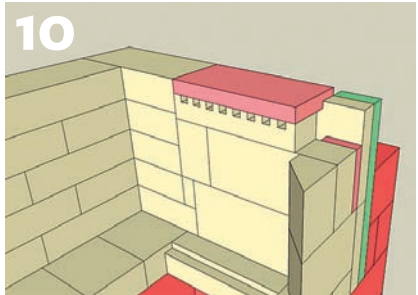
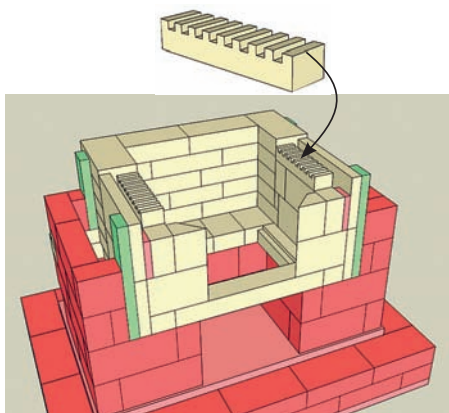
glinu najlakše je izmiješati pomoću bušilice s nastavkom za miješanje boje. Na taj način dobit ćete pastu od gline koja se miješa sa pijeskom za žbukanje granulacije o do 4 mm. Miješati možete ručno ili u miješalici za beton, a točne omjere glinene paste i pijeska morate utvrditi eksperimentalno jer svaka zemlja varira pa nema univerzalnih recepata.

U nastavku prilažemo crteže i fotografije gradnje jedne takve peći na Recikliranom imanju u Vukomeriću u tridesetak koraka. Imajte na umu da ovo nisu kompletni nacrti i ne sadržavaju dovoljno informacija da bi početnik mogao iz ovoga naučiti graditi finsku peć. Također, svaka finska peć se posebno dizajnira za specifičnu lokaciju tako da dizajn ovisi o potrebama korisnika, konfiguraciji prostora i toplinskoj zaštiti građevine. Peć koja je ovdje prikazana kao primjer efikasno grije kuću koja se sastoji od dvije etaže od kojih svaka ima oko 45 m² prostora. Ta kuća ima izuzetno dobru toplinsku izolaciju jer su zidovi od opeke dodatno izolirani balama slame što znači da zidovi imaju ukupno oko 60 cm debljine, pa niti finska peć u tako dobro izoliranoj kući ne mora imati veliku snagu. (SLIKA 168)



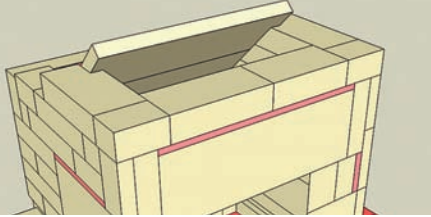
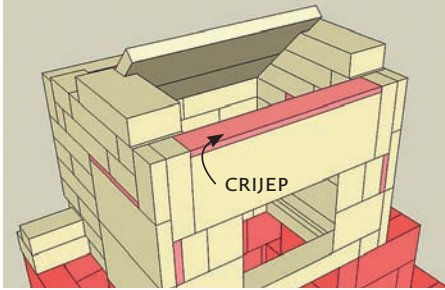
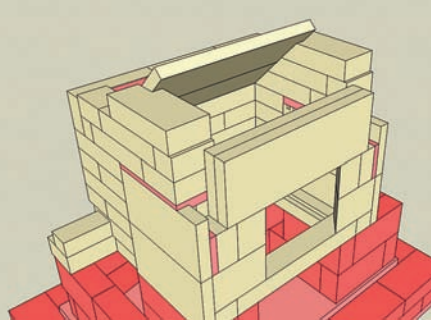




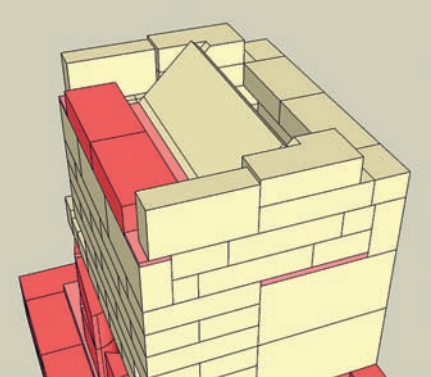


ISPUNITI GLINOM

13

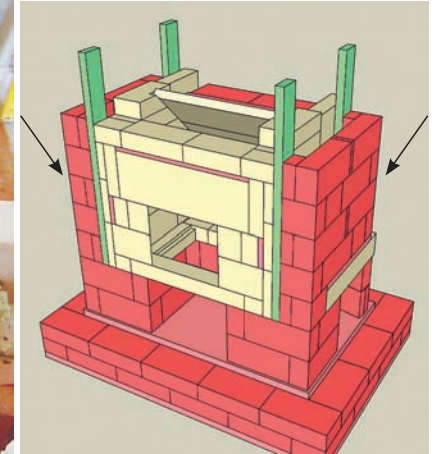
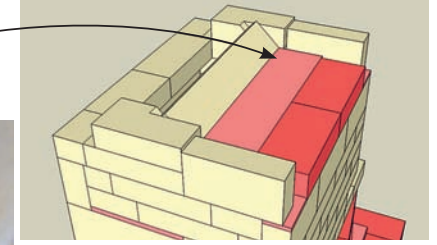


14

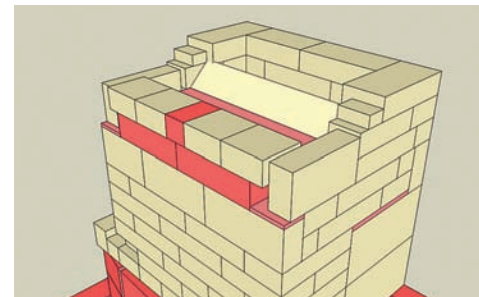
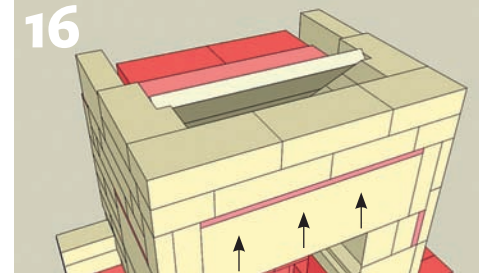


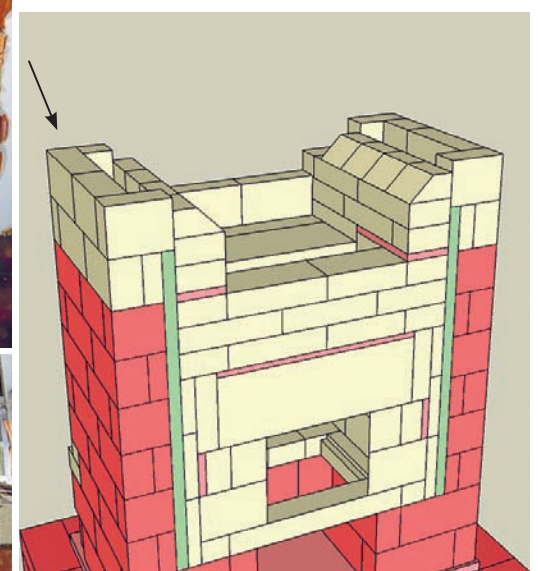
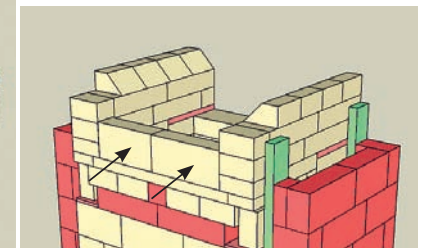
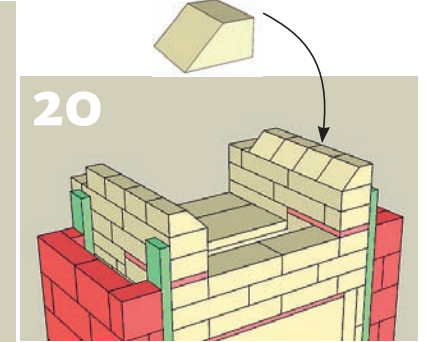
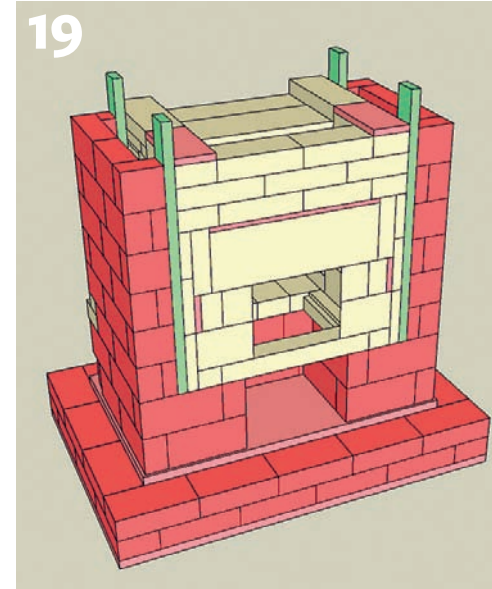
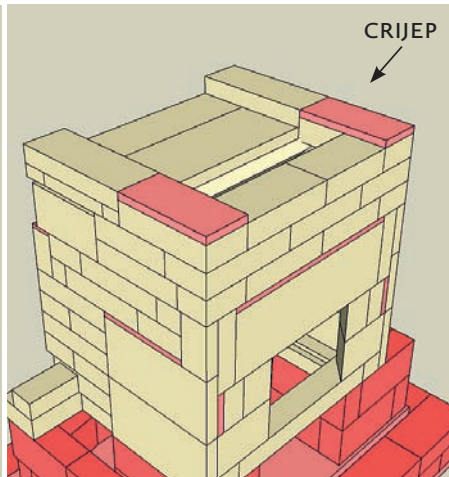
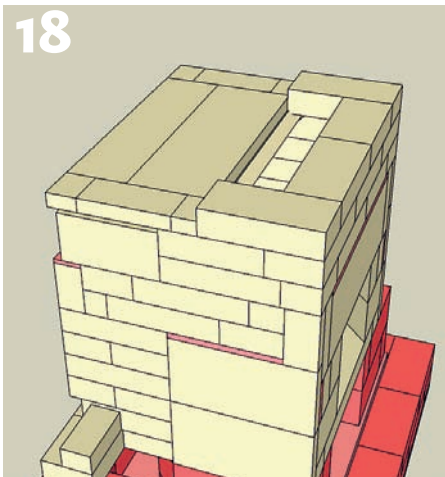
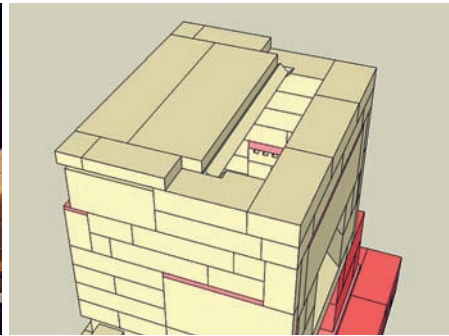
ISPUNITI GLINOM

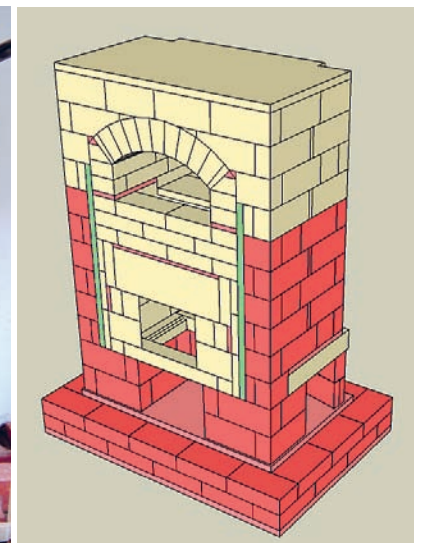
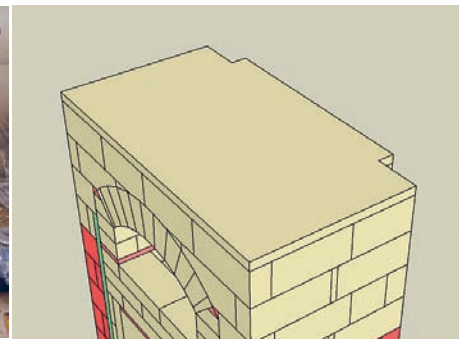
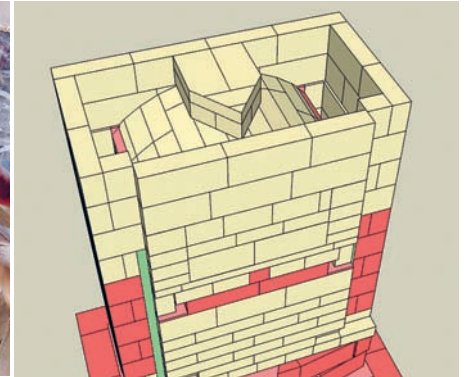
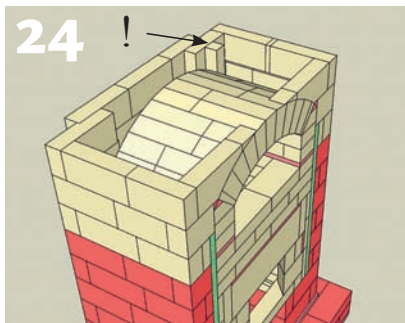
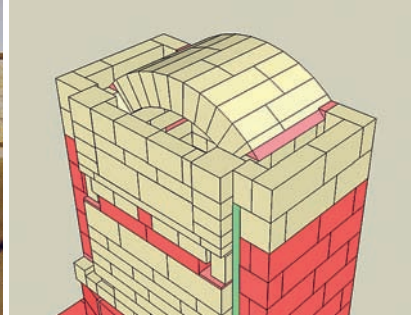
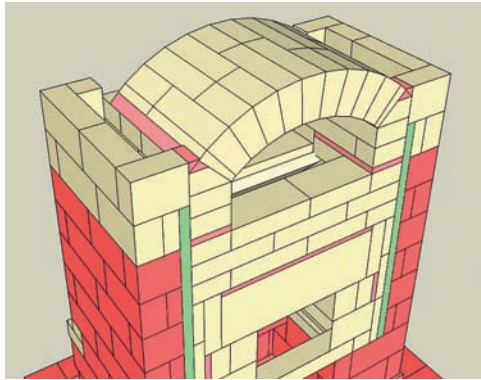
15

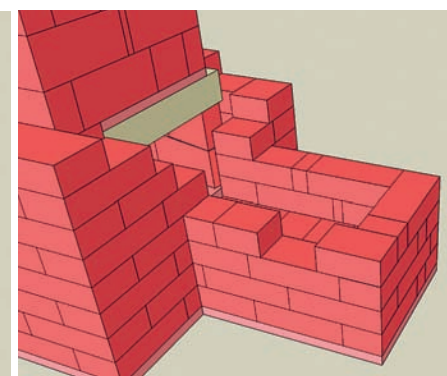
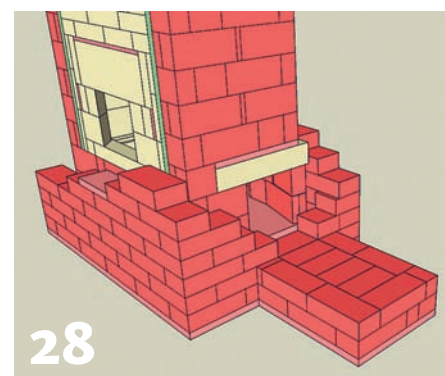
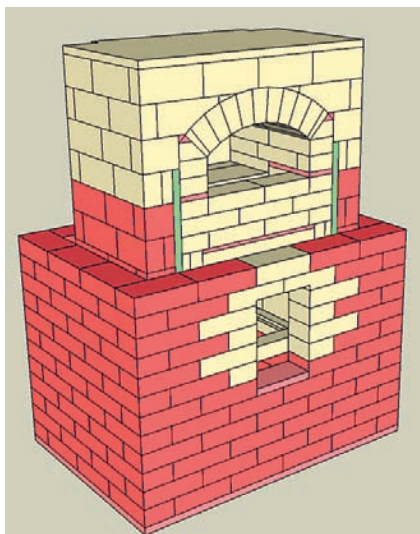


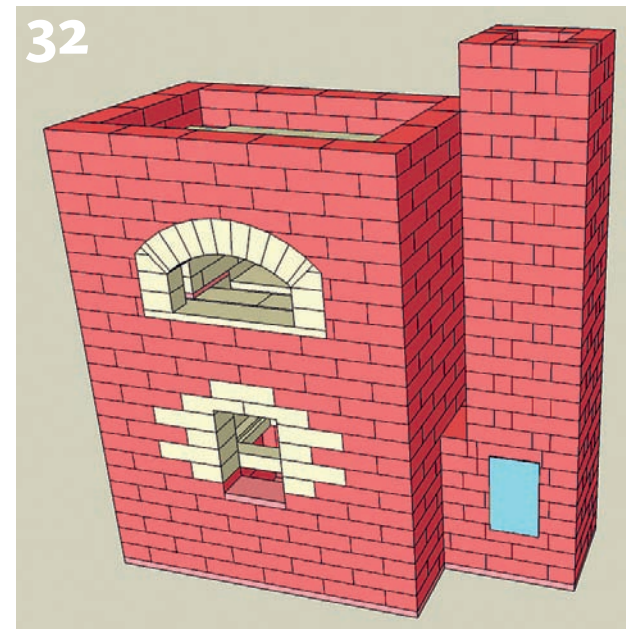
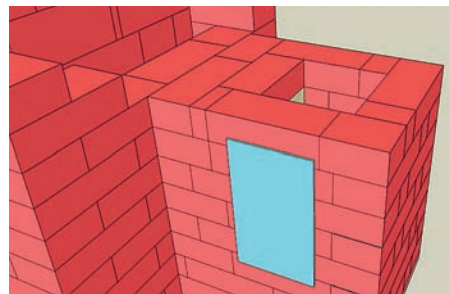
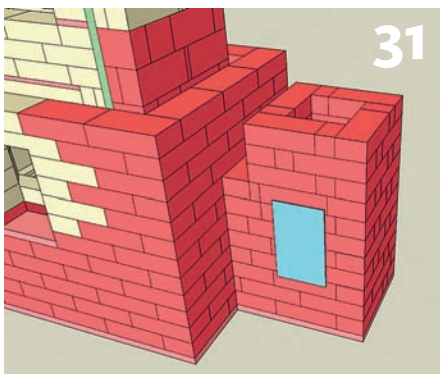
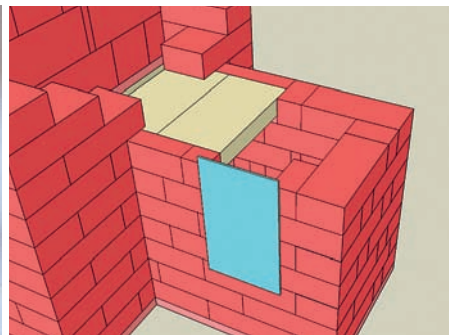
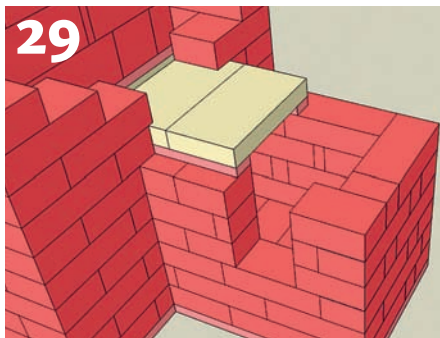
16











GRIJANJE KOMPOSTOM

Iako može zvučati čudno, grijanje kompostom je zapravo najefikasniji način iskorištavanja biomase za grijanje. Metodu je razvio francuski inovator Jean Pain koji je još 70-tih godina prošlog stoljeća eksperimentirao a grijanjem životnog prostora i staklenika za uzgoj povrća pomoću velikih kompostnih hrpa (SLIKA 169). Budući da je radio kao šumar imao je pristup golemim količinama drvene sječke koju je kompostirao na specifičan način.

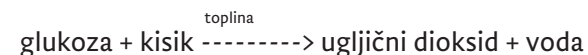


SLIKA
169

ŠTO JE KOMPOSTIRANJE**I KAKO TAJ PROCESI PROIZVODI TOPLINU?**

Kompostiranje je aeroban proces razgradnje organske materije pri kojem nastaju toplina, vodena para i ugljični dioksid. Razgradnju organske tvari obavljaju aerobni mikroorganizmi koji doslovce jedu ogransku tvar u kompostnoj hrpi. Organskim poljoprivrednicima i vrtlarima je dobro poznat taj proces zato što ga koriste kako bi od otpadnog organskog materijala napravili humus - vrlo vrijedan materijal bogat korisnim mikroorganizmima i hranjivim

tvarima koje trebaju biljkama. Prilikom razgradnje mikroorganizmi proždiru otpadnu biomasu uslijed čega nastaje toplina. Isto kao kada i mi jedemo hranu, ona se u našem tijelu razgrađuje i iz nje dobivamo energiju za život, a dio te energije je tjelesna toplina. U svakoj stanici našeg tijela se odvija proces koji je obrnut fotosintezi, a naziva se "stanično disanje":



Mikroorganizmi su izuzetno efikasni u pretvorbi biomase u toplinu. Na nama je samo da tu toplinu na neki način iskoristimo. Kompostna hrpa se u centru zagrije na oko 60°C što je dovoljna temperatura za zagrijavanje radiatora. Jean Pain u svojim knjigama ističe da su njegova istraživanja pokazala da grijanje na taj način postiže efikasnost od preko 95%! To je i logično jer u metaboličkim procesima mikroorganizama nema nepotpunog sagorjevanja. Također nema visokih temperatura pa su gubici puno manji, a i tehnološki je jednostavnije prikupljati toplinu pri nižim temperaturama.

Pritom trebamo uzeti u obzir da sagorjevanjem bilo kakve biomase (drvo, sječka, peleti) nastaje gotovo bezvrijedan pepeo, dok na ovaj način ne samo da iskorištavamo otpadnu biomasu niske kvalitete, već je pretvaramo u izuzetno vrijedan humus koji pored svih svojih kvaliteta u ekološkom smislu čak ima i tržišnu vrijednost.

SLAGANJE KOMPOSTNE HRPE

Biomasa idealna za kompostiranje na ovaj način je drvena sječka. Dakle bilo kakva vrsta drveta se može iskoristiti samo je bitno da bude nasjeckana na listiće. Jean Paine je u tu svrhu razvio posebnu sjeckalicu koja se danas može kupiti samo u Francuskoj. Velika prednost ove metode leži

upravo u činjenici da za ovakav tip grijanja ne trebamo rušiti cijela stabla! Može se koristiti bilo kakvo otpadno drvo, dakle otpaci iz pilana i drvne industrije, ostaci od krčenja šikara i raslinja uz ceste i sl. Ova metoda se može dobro kombinirati s relativno novim uzgojnim metodama proizvodnje biomase gdje se koriste brzorastuće kulture sa jakom izbojnom snagom poput topole i vrbe (SLIKA 169A).



SLIKA 169A

Takav oblik uzgoja u kratkim rotacijama ima veće prinose nego rušenje zrelih stabala u šumi.

U svijetu se za ovakav tip kompostne hrpe udomaćio i njemački naziv "biomeiler". Kompostna hrpa se slaže u obliku valjka jer se pokazalo da takav oblik najbolje zadržava toplinu. Tipičan volumen kompostne hrpe za grijanje je 20 m³ i takav biomeiler isporučuje toplinsku energiju kroz 18 mjeseci. Dakle, ako hrpu složimo na jesen, možemo očekivati da smo mirni dvije sezone grijanja. Drvna sječka se slaže sloj po sloj i zatim se na svaki sloj postavi polietilenska cijev (okiten) u obliku spirale koja služi kao izmjenjivač



SLIKA 170

topline (SLIKA 170). Prilikom slaganja hrpe drvna sječka se konstantno mora močiti jer je za proces kompostiranja potrebna vlaga. Biomeiler se može složiti unutar žičane ograde koja drži stranice okomitima, a može se i složiti u obliku stožca (SLIKA 171).

Jean Pain u svojim knjigama ne navodi da je koristio bilo kakvu drugu biomasu osim drvne sječke. No pokazalo se



SLIKA 171

da manja količina konjskog gnoja u kompostnoj hrpi može pospješiti zagrijavanje hrpe jer dodaje korisne aerobne kompostne mikroorganizme tamo gdje ih najviše trebamo.

Jednom složena kompostna hrpa, ako je dovoljno vlaža, spontano će se zagrijati na temperaturu od 50 do 60°C u svega nekoliko dana i u tom trenutku možemo početi koristiti toplinu. Cirkulacijska pumpa tjera tekućinu kroz polietilenske izmjenjivače topline koji prolaze kroz kompostnu hrpu te ju odvodi u radijatore ili cijevi za podno grijanje. Na taj način se oduzima toplina kompostnoj hrpi i odvodi tamo gdje nam treba.

Iako jednostavna i dovoljno isprobana, ova metoda grijanja je u Hrvatskoj još uvijek potpuna novost. Do ovog trenutka mi u ZMAGu smo čuli samo za jedan primjer ovakve mini toplane koju je uspostavio Perre Bosshard na svom permakulturnom imanju u blizini Karlovca (SLIKE 172 i 173). U nastavku je sažetak opisa koji je sam Pierre pripremio:

SLIKA
172SLIKA
173

OD ČEGA SE SASTOJI BIOMEILER?

Da bismo iskoristili toplinu iz sjeckane biomase nije potrebna visoka tehnologija. Potrebna vam je polietilenska cijev promjera 1" koja prolazi kroz kompostnu biomasu kao izmjenjivač topline. Također vam je potrebna pumpa za cirkulaciju te termostat ili automatika koja će uključivati pumpu u trenutku kada se unutrašnjost kompostne hrpe zagrije na 50°C, a ugasi kada temperatura padne na 38°C.

Uz drvenu sječku (sjeckani otpadni drveni materijal) do 25% volumena biomeilera može sačinjavati zeleni otpad - otkos, korijenje, trop od proizvodnje ulja ili vina, otpadno voće i povrće itd. Bitno je da je zeleni otpad uniformno raspoređen kroz cijelu kompostnu hrpu i dobro pomiješan sa drvnom sječkom.

KOLIKO BRZO SE BIOMEILER ZAGRIJE I NA KOJU TEMPERATURU?

Ako se biomasa dobro složila, nabije (svakih 20 cm) i zalije, iz našeg iskustva biomeiler postiže temperaturu od 55°C u roku od desetak dana tako da treba imati strpljenja prije

nego što se toplina počne koristiti. Bitno je da kompostnoj hrpi ne oduzimamo previše topline jer je mikroorganizmima potrebna temperatura od 40°C da bi obavljali svoj posao. Zbog toga je korisno imati automatiku sličnu kao kod solarnog sustava koja uključuje i isključuje pumpu.

Temperatura ne smije preći 65°C jer bi moglo doći do pasterizacije što znači da mezofilni aerobni mikroorganizmi ugibaju što nije dobro za našu kompostnu hrpu.

KAKO JEDNOSTAVNO KORISTITI BIOMEILER ZA ZAGRIJAVANJE POTROŠNE TOPLE VODE?

Voda iz bunara ili iz gradskog priključka se može direktno spojiti na izmjenjivač topline u biomeileru bez ikakve pumpe. Na izlazu imamo toplu vodu.

KAKO SPOJITI BIOMEILER NA SUSTAV GRIJANJA?

Izmjenjivači topline iz biomeilera se mogu spojiti na postojeći sustav grijanja slično kao solarni sustav. Izmjenjivači topline spajaju se direktno na cirkulaciju sustava za centralno grijanje pa dokle god isporučuje toplinu, plamenik centralnog grijanja se neće paliti.

KAKO ZAGRIJATI ZRAK UZ POMOĆ BIOMEILERA?

U ovom slučaju izmjenjivači topline su od polietilenskih cijevi promjera 10 do 20 cm. Biomeiler mora biti što bliže zidu prostorije koju želimo grijati. Cijev koja vuče hladan zrak iz prostorije mora biti postavljena uz pod prostorije, izlaz toploga zraka u gornjem dijelu prostorije tako da dolazi do prirodne konvekcije. Za veće sustave moguće je koristiti i ventilator za izmjenu toplog zraka.

GUBI LI BIOMEILER TEMPERATURU U TOKU ZIMSKOG PERIODA?

U principu ne ako je dovoljno velik. Zato se preporučuje da

minimalni volumen biomeilera bude 10 m³ za zagrijavanje tople vode, a minimalno 20 m³ za zagrijavanje prostora.

Biomeiler se može obložiti, ali materijal mora biti propustan, kao što je drvo, propusna folija, karton i sl. Također se može i toplinski izolirati i za to su idealne bale slame.

KOJA JE POTREBNA VELIČINA BIOMEILERA?

To ovisi o veličini prostora koji želimo zagrijati te toplinskoj zaštiti istog. U tablici je prikazan omjer volumena i snage koju biomeiler isporučuje uz koristan podatak koliko je cijevi potrebno za izmjenjivač topline.

SNAGA U kW	VOLUMEN U m ³	MASA U t	PROMJER U m	VISINA U m	SLOJEVI CIJEVI	UKUPNA DUŽINA CIJEVI U m
1	10	3,5	2,5	2	2	75
2	20	7	3,6	2	2	75
3	30	10,5	4,4	2	2	100
4	40	14	4,5	2,5	3	150
5	50	17,5	5	2,5	3	150
6	60	21	5,5	2,5	3	150
7	70	24,5	6	2,5	3	175
8	80	28	6	3	4	250
9	90	31,5	6,2	3	4	250

KOLIKO DUGO BIOMEILER ISPORUČUJE TOPLINU?

To ovisi o nekoliko faktora, a to su: sastav i kvaliteta materijala koji se kompostira, veličina i mjesto na kojem se nalazi. U prosjeku biomeiler od 10 do 50 tona isporučuje toplinu u periodu od 15 do 18 mjeseci.

MORA LI BIOMEILER BITI OKRUGAO?

Biomeiler može biti i nekog drugog oblika, ali postoji opasnost hlađenja u kutovima. Okrugao oblik je praktičan

zbog motanja cijevi izmjenjivača topline. Kod okruglog oblika cijev izmjenjivača mora biti odmaknuta 30 cm prema unutrašnjosti biomeilera. Ako je biomeiler četvrtastog oblika onda se preporučuje cijevi odmaknuti i do 70 cm od ruba.

MOGU LI SE CIJEVI I IZMJENJIVAČI PONOVRNO KORISTITI?

Naravno, sve cijevi, za vodu ili zrak mogu se ponovno koristiti kao i svu ostalu opremu. Samo mijenjamo biomasu.

KAD JE IDEALNO VRIJEME ZA GRADNJU BIOMEILERA?

Idealno vrijeme za pripremu biomeilera je listopad, pred zimu.

ŠTO UČINITI S TOPLINOM BIOMEILERA ZA VRIJEME LJETNIH MJESECI?

Budući da biomeiler isporučuje toplinu 365 dana u godini nameće se pitanje što sa toplinom u periodu kada nam nije potrebno grijanje. Toplina se i dalje može koristiti za proizvodnju potrošne tople vode dakle za tuširanje, pranje, te za uređaje kao što su perilica rublja i posuđa.

4. Zaključak umjesto kraja...

Evo stigli smo i do kraja, tj. zaključka ove duge priče. Na početku smo govorili o ovisnosti koje naše društvo proizvodi enormnom potrošnjom i gomilanjem te zapravo smanjuje otpornost svih nas na promjene, bilo ekonomske, klimatske ili društvene. Na Recikliranom imanju udruge ZMAG u zadnjih desetak godina pokušavali smo kroz radionice, tečajeve i razne oblike (samo)edukacije isprobavati tehnologije o kojima smo govorili u knjizi. Neke od njih smo uspješno savladali, o nekima još učimo, ali ono najbitnije je da smo čak i nakon nedovršenih priča dobili neku vrstu osobne nagrade u obliku samopouzdanja – “Pa mi zaista možemo grijati kuću samo Suncem i s par metara drva!”. Drugim riječima nagrađeni smo jer smo isprobavali, igrali se sa solarnim kahalima i kolektorima, prvi gradili finske masivne peći, koje su ponekad dimile kao lude... Možda zvuči neskromno, ali postigli smo jednu razinu otpornosti na promjene, i svakako nećemo stati s istraživanjem jer nas to tjera naprijed. U pripremi je “biomeiler” koji će jednog dana istovremeno proizvoditi kompost i grijati kuće bez izgaranja, također i mikro bioplinsko postrojenje kojim ćemo proizvoditi plin za kuhanje od bio-otpada. Počeci su uvijek teški, spori i obeshrabrujući, ali upravo to je prvi test tehnologije koju radite sami. Sljedeći korak je već

lakši, a nakon napornog dana na krovu montirajući solarne kolektore, zasluženno ćete u hladu popiti s prijateljima piće i uživati. Kroz ovu knjigu pokušali smo, koliko smo mogli, pojednostaviti jezik moderne tehnologije koji razumijevanje ograničava samo na uski krug stručnjaka i zapravo na kraju krajeva malo doprinosi rješavanju lokalnih problema.

Ovu priču ne bismo mogli ostvariti bez pomoći i podrške divnih ljudi koji također rade ovakve stvari širom svijeta, od Slovačke i Austrije preko Rumunjske i Engleske do Francuske, Bosne i dalje. Jer na kraju, bez obzira na to koliko kilovat sata uštedimo, važno nam je da povežemo ljude koji žele znati, širimo znanje i predajemo tu energiju i zanos u “dobre ruke”.

Literatura

- Zagrebačka županija, potencijal obnovljivih izvora energije, Energetski institut Hrvoje Požar, A. Bačan, H. Bašić, Ž. Fištrek, L. Horvath, D. Jakšić, N. Karadža, A. Kojaković, V. Vorkapić, S. Živković, 2012.
- IPCC's Fifth Assessment Report (AR5), Summary for policy makers, 2012.
- Sunčevi toplinski sustavi za kampove, Društvo za oblikovanje održivog razvoja, Robert Pašičko, Daniel Rodik, 2010.
- Edward Mazria: The Passive Solar Energy Book, Rodale Press, Emmaus, Pa, 1979.
- HEP Toplinarstvo d.o.o. : 'Energetska učinkovitost u zgradarstvu', vodič za sudionike u projektiranju, gradnji, rekonstrukciji i održavanju zgrada, Zagreb, 2007.
- Bernard Rudofsky: Architecture Without Architects, A Short Introduction To Non-Pedigreed Architecture, Doubleday&Company, Inc., Garden City, New York, 1964
- Prof. Dr. Branko Lalović: Solarne kuće, specijalno izdanje časopisa 'Glaksija' u suradnji s RO 'Naš stan', Beograd, 1982
- Krunoslav Ivanišin: Nikola Dobrović i vizija demokratskog grada, znanstveni rad, Dubrovnik, 2000.
- Vedrana Biškup: Smanjivanje uporabe energije u zgradama/ Ekološki osviješteno stanovanje/ Pasivna kuća, studentski rad pod mentorstvom dr. sc. Alenke Delić, Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski Fakultet, Zagreb, 2010./2011.

- Predavanja prof. Ljubomira Miščevića na Arhitektonskom Fakultetu u Zagrebu pri Danima pasivne kuće Predavanja dipl.ing.šum. Željka Sučića; 'Toplifikacija naselja na obnovljive izvore energije'; Sisak, 27.-28.11.2008.
- Predavanja mr. sc. Danka Kurica; Razvojna strategija i doprinos Hrvatskih šuma d.o.o. sektoru OIE; 2011.
- Predavanja prof. dr. sc. Davora Kralika; Energetski produkti iz biomase; Poljoprivredni fakultet u Osijeku
- Predavanja doc.dr.sc. Dražena Lončara; Biomasa u proizvodnji električne energije; Zagreb, 19.02.2010.
- Predavanja prof.dr.sc. Zdenka Šimića; Korištenje energije biomase za proizvodnju el. energije (topline i goriva); FER; 2010.
- Predavanja dipl.ing.stroj. Matka Perovića; Toplinsko iskorištavanje biomase i sunčeve energije; Energetski Institut Hrvoje Požar
- Sam svoj majstor; Specijalno izdanje; Sve o grijanju; dipl. inž. Branko Iljaš, 1990.
- <http://www.rocketstove.org>
- <http://www.solarcities.blogspot.com>
- <http://www.dennisrhollowayarchitect.com/simpledesignmethodology.html>
- <http://www.passipedia.org/>
- <http://www.pasivnakuca.hr/>
- <http://passiv.de/en/>
- <http://www.wikipedia.org/>
- <http://passivesolar.sustainablesources.com/>
- <http://inhabitat.com/tag/passive-solar-design/>
- Iva Sučić: Povijest korištenja energije Sunca, preneseno sa: <http://www.obnovljivi.com>
- PRIRUČNIK ZA ENERGETSKE SAVJETNIKE, PROGRAM UN ZA RAZVOJ U HR 2008

Supported by



**ROSA
LUXEMBURG
STIFTUNG
SOUTHEAST
EUROPE**

