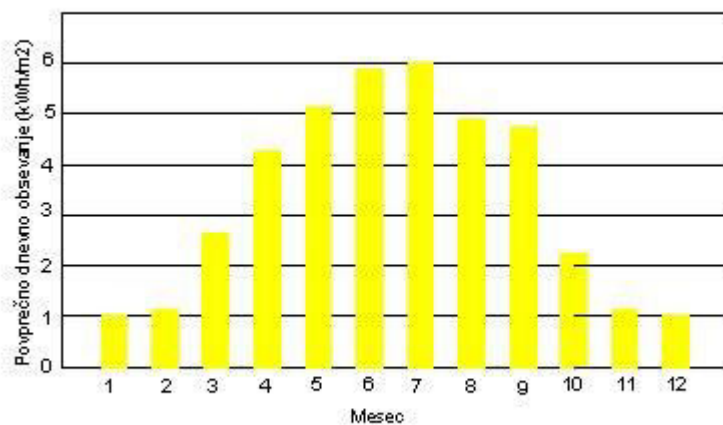
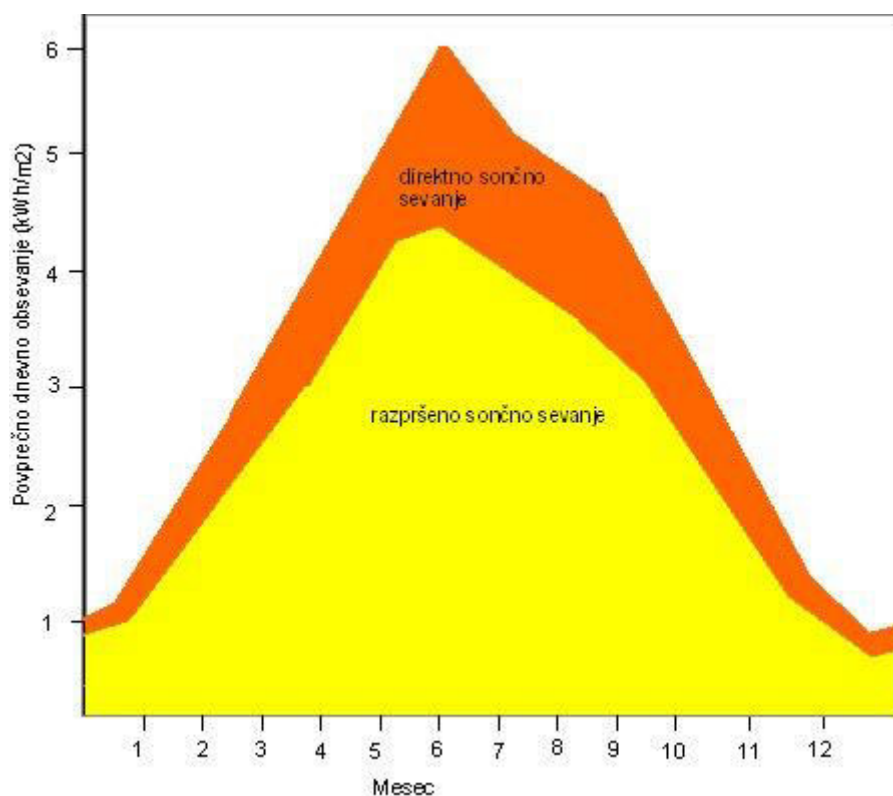
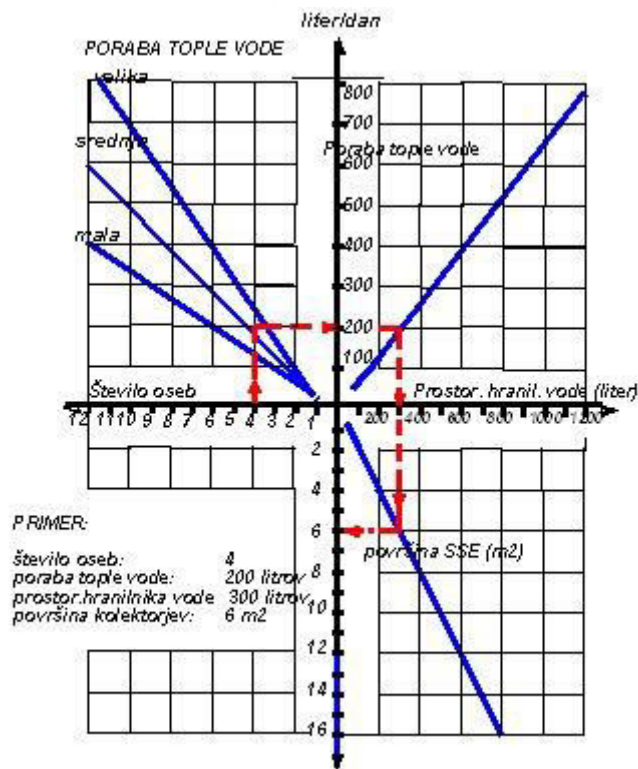
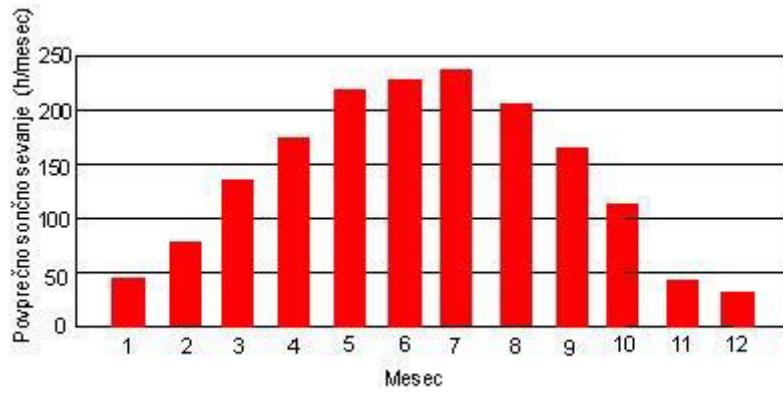
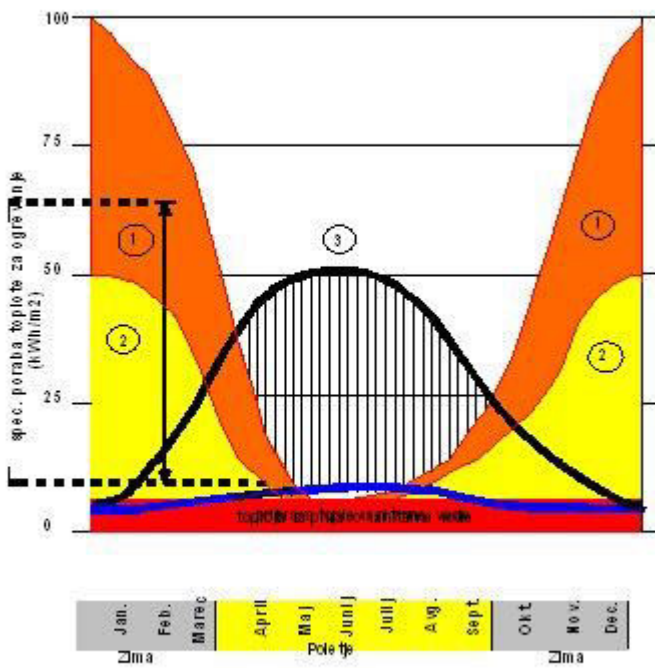
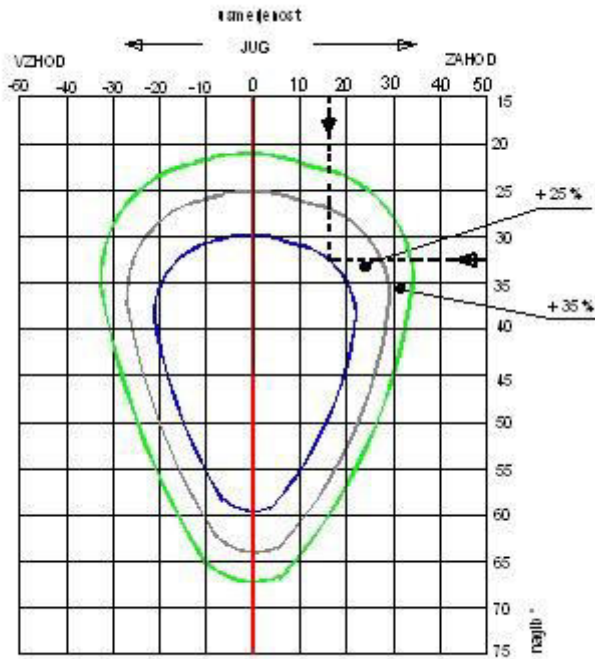


## SOLARNI SISTEMI

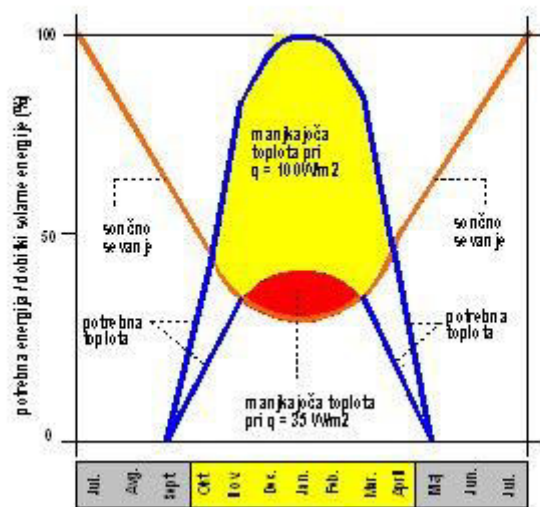
Pri nizkoenergijskih hišah (NEH) in pasivnih hišah (PH) so sistemi za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode (PTV) nadgrajeni s solarnimi sistemi. Nizkoenergijske hiše imajo letno specifično porabo toplote za ogrevanje od 30 do 50 kWh/m<sup>2</sup>a, pasivne hiše ≤ 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Predvsem pri pasivnih hišah velja, da je letna poraba toplote za ogrevanje že skoraj enaka potrebni letni specifični porabi toplote za pripravo tople sanitarne vode (normativ ≤ 12,5 kWh/m<sup>2</sup>a). Pri načrtovanju solarnih sistemov je potrebno upoštevati, da sodobne posamezne komponente še niso garancija za dobro delovanje sistema. Pomembnejše je, da so komponente med seboj usklajene in optimalno integrirane v hišni sistem za ogrevanje in PTV.

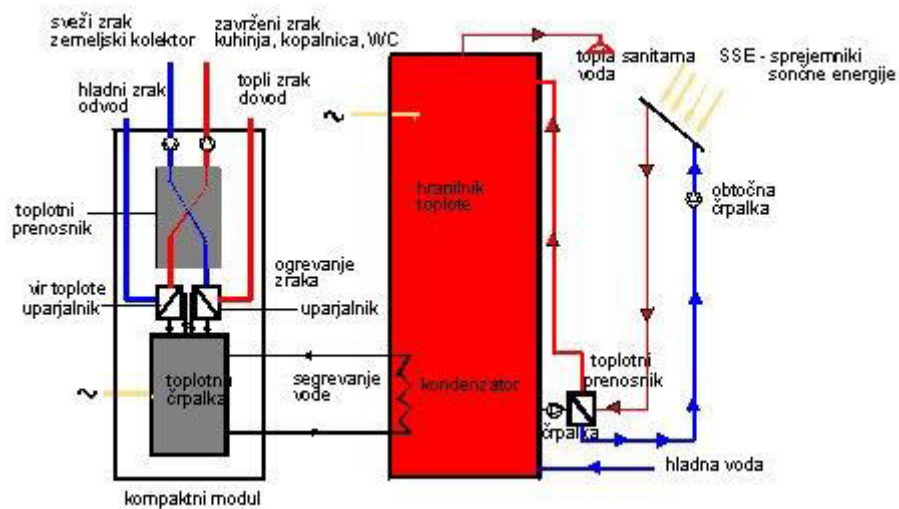






- 1 potrebna toplota za ogrevanje - klasična gradnja
- 2 potrebna toplota za NEH (nizkoenergijska hiša)
- 3 višek solarne energije
- solarna energija pri 30 m<sup>2</sup> SSE
- solarna energija pri 6 m<sup>2</sup> SSE





## Sončno sevanje

Intenzitete sončnega sevanja se spreminja glede na čas dneva, letni čas in vremenske pogoje. Gostota moči sončnega sevanja nad zemeljsko atmosfero znaša med  $1,33$  in  $1,42 \text{ kW/m}^2$ . Povprečje sevanja je sončna konstanta, ki znaša pri srednji oddaljenosti od zemlje  $1,36 \text{ kW/m}^2$ . Zemeljska površina sprejema le del vpadnega sončnega sevanja. Pri prehodu skozi atmosfero sevanje Sonca zaradi sipanja, odboja in absorpcije delcev oslabi. Ob jasnem vremenu in zenitni legi sonca pade na zemeljsko površino približno  $1000 \text{ W/m}^2$ . Globalno sončno sevanje je sestavljeno iz direktnega in difuznega (razpršenega) sevanja. Direktno sevanje prihaja neposredno od Sonca skozi atmosfero, difuzno sevanje pa vpada z vseh strani neba. Delež difuznega sevanja glede na celotno sevanje znaša za osrednjo Evropo od 40 odstotkov (maja) do 80 odstotkov (decembra).

V primeru, ko je nebo povsem oblačno, prispe na zemeljsko površino le difuzno sevanje. Gostota sevanja se spreminja in je odvisna od vremenskih pogojev (tabela 1). Najmočnejše sevanje je opoldne, najmanjše pa zgodaj zjutraj in popoldne.

**Tabela 1**

Vremenski pogoji	Globalno sevanje - celotno sevanje ( $\text{W/m}^2$ )	Difuzni delež (%)
jasno	500 - 1000	10 - 20
megleno - oblačno	200 - 400	20 - 80
oblačno	500 - 150	80 - 100

Energijo sevanja imenujemo obsevanje in podajamo v kWh/m<sup>2</sup>. Letna porazdelitev sončnega sevanja je prikazana na sliki 1.

[Slika 1: Letna porazdelitev sončnega sevanja](#)

V naših krajih znaša vsota direktnega in difuznega sevanja, ki ga imenujemo globalno sevanje v letnem povprečju približno 1200 kWh/m<sup>2</sup>. Ta energija je na razpolago od aprila do oktobra, le približno 200 do 250 kWh/m<sup>2</sup> je na voljo v zimskem času (slika 2).

[Slika 2: Letna porazdelitev globalnega sončnega sevanja](#)

Od 8760 letnih ur je na razpolago približno 1500 do 1900 sončnih ur. Mesečna porazdelitev v teku enega leta je prikazana na slika 2.

[Slika 3: Mesečno število sončnih ur](#)

## Elementi solarnega sistema za NEH in PH

Pri NEH in PH uporabljamo sprejemnike sončne energije (SSE) za pripravo tople sanitarne vode in v kombinaciji z drugi ogrevalnimi sistemi tudi za ogrevanje. Vgrajujemo samo SSE, ki so izdelani s sodobno tehnologijo, da povečamo učinkovitost pretvarjanja sončne energije v toploto. Značilnost sodobnih SSE je predvsem ta, da lahko tudi pri manjši intenziteti sončnega sevanja ali nižjih temperaturah okolice segrejemo vodo na potrebno temperaturo. Količina zbrane toplote je pri sodobnih SSE večja, kar je posledica manjših toplotnih izgub med segretim absorberjem in steklenim pokrovom.

V primerjavi z nezastekljenimi SSE, kjer je letna količina zbrane toplote približno 125 kWh/m<sup>2</sup>SSE, znaša pri sodobnih zastekljenih SSE količina zbrane toplote do 400 kWh/m<sup>2</sup>SSE (prenos toplote s sevanjem je zmanjšan zaradi selektivnega nanosa, ki odlično absorbira kratkovalovno sončno sevanjem medtem ko dolgovalovnega toplotnega sevanja ne oddaja proti steklenemu pokrovu).

Prenos toplote s konvekcijo lahko učinkovito zmanjšamo tako, da iz notranjosti SSE izsesamo zrak, kar je značilnost vakuumskih SSE. Pri teh SSE zberemo letno od 500 do 600 kWh/m<sup>2</sup>SSE toplote.

Pomemben element solarnih sistemov za ogrevanje so tudi hranilniki toplote. Hranilniki toplote (HT) so lahko kratkotrajni, ki shranjujejo toploto za nekaj dnevno delovanje, ali pa shranjujejo toploto nekaj mesečno delovanje. Dimenzioniranje cevne razvoda, regulacijskih in varnostnih elementov (ekspanzijske posode, varnostnih ventilov, varnostnih termostатов, ostala oprema) je podobno kot pri standardnih ogrevalnih sistemih.

## Izvedbe solarnih sistemov za pripravo tople sanitarne vode

Solarne sisteme, s katerimi oskrbujemo stavbe s toploto, delimo v dve skupini in sicer v sisteme za pripravo tople sanitarne vode (TSV) in sisteme za ogrevanje. Za pripravo TSV in podporo ogrevalnemu sistemu se pri NEH in PH se v večini primerov koristi toplotna črpalka in sprejemniki sončne energije (površina SSE med 12 in 30 m<sup>2</sup>). V primeru, da vgradimo samo sistem za pripravo TSV, bi zadoščala za eno družino površina SSE od 4 do 9 m<sup>2</sup> (tabela 2).

**Tabela 2**

Število oseb	Velikost SSE (m <sup>2</sup> )	Velikost HT (prostornina v litrih)
3 - 4	5 - 6	300 - 400
4 - 6	6 - 7	400 - 500
6 - 8	7 - 8	500 - 750

Število oseb	Velikost SSE (m <sup>2</sup> )	Velikost HT (prostornina v litrih)
12 - 30 m <sup>2</sup> SSE podpora ogrevanju		

Za optimalno delovanje solarne naprave je potrebno natančno dimenzionirati sistem za pripravo tople sanitarne vode in sistem za podporo ogrevanju. Poraba tople sanitarne vode na osebo znaša dnevno od 30 do 100 litrov. Za dimenzioniranje manjših sistemov za pripravo TSV za enodružinske ali dvodružinske hiše lahko uporabimo diagram na sliki 4, ki nam prikazuje odvisnost specifične porabe vode, površino SSE in velikost hranilnika toplote (HT).

[Slika 4: Diagram za izbiro hranilnika toplote in sprejemnikov sončnega sevanja v odvisnosti od porabe vode](#)

V naših krajih je možno v poletnih mesecih doseči skoraj 100 % pokritje potreb po TSV s solarnim sistemom. Pri običajnih sistemih lahko računamo z naslednjimi orientacijskimi vrednostmi:

- površina SSE približno 1,5 m<sup>2</sup>/osebo,
- prostornina hranilnika toplote približno 100 litrov/osebo.

Običajne velikosti hranilnikov toplote so 200, 300 750 in 1000 litrov. Navedene orientacijske vrednosti lahko privedejo pri optimalni usmeritvi SSE in dolžini cevne instalacije < 20 m do predimenzioniranja. V primeru večjih dolžin instalacijskih vodov je potrebno računati na večje toplotne izgube, ki jih zmanjšamo z ustrezno toplotno izolacijo (v določenih primerih tudi z povečanjem površine SSE). Sprejemniki sončne energije naj bodo obrnjeni proti jugu in nagnjeni pod kotom 45 ° proti vodoravni ravnini. Odstopanje od južne smeri povzroča zmanjšanje vpadle sončne Energije. Optimalni nagibni kot SSE je odvisen od časa koriščenja, ker se položaj Sonca preko leta spreminja. Glede na čas koriščenja je za naše področje najprimernejši nagib SSE med 35 in 45 °, kar predstavlja kompromis med najvišjim položajem sonca poleti (nagibni kot 30 °) in najnižjim položajem sonca pozimi (nagib 60 °). Maksimalno količino sončne energije, ki jo lahko sprejme absorber SSE dobimo v primeru, ko je površina SSE pravokotna na vpadno sončno sevanje. Razen vgradnje SSE v smeri proti jugu je spremenljiva še vgradnja v smereh JV in JZ z naklonom 20 do 65 °. Odstopanja v smeri jug do 20 ° v poletnih mesecih nimajo velikega vpliva na izkoristek sončne energije, saj glede na letno učinkovitost sončnega sevanja znaša razlika manj kot 2 odstotka. Diagram, s katerim lahko določimo povečanje površine SSE pri neugodni legi, je prikazan na sliki 5.

[Slika 5: Povečanje površine SSE v odvisnosti od usmeritve in nagiba](#)

Opisani sistem načrtovanja PTV je primeren le za manjše in enostavne objekte. Za zahtevne objekte se uporabljajo Inženirske metode, ki omogočajo, da lahko na osnovi velikostnih razmerij elementov določimo mesečne deleže sončne energije za PTV in tudi ogrevanje (na primer programski paket »SIMPLY«, kjer je uporabljena metoda »f diagrama«). Program omogoča razen energijskega vrednotenja solarnega sistema za PTV tudi ekonomsko vrednotenje sistema.

## Izvedbe solarnih sistemov za NEH in PH

Površina SSE in površina ogrevanih prostorov so pri vgradnji NT ploskovnega ogrevalnega sistema v razmerju 1 : 5. Deleža ogrevanja s solarnimi sistemi lahko znaša pri NEH in PH od 30 do 70 odstotkov ali celo več (pri vgradnji sezonskih vodnih ali zemeljskih hranilnikov toplote). Za ogrevanje prostorov enodružinskih NEH brez sezonskega hranilnika se priporoča SSE s površino 15 do 30 m<sup>2</sup> in toplotnim

vodnim hranilnikom 80 do 130 litrov na 1 m<sup>2</sup> SSE. Pri uporabi vodnega sezonskega hranilnika toplote znaša njihova velikost 1 - 3 m<sup>3</sup> za vsak m<sup>2</sup> SSE. Pri uporabi zemeljskega sezonskega hranilnika znaša njihova prostornina 5 do 10 m<sup>3</sup> na vsak m<sup>2</sup> SSE. Shranjeno toploto črpamo s toplotno črpalko, s čimer dosežemo boljši toplotni izkoristek. Hranilniki morajo biti dobro toplotno izolirani, da se ne ohlajajo prehitro.

Na sliki 6 je prikazan poenostavljen diagram, ki prikazuje upravičenost koriščenja solarne energije za ogrevanje stavb z nizko rabo energije. Potrebna letna toplota za ogrevanje NEH znaša 50 kWh/m<sup>2</sup>a, pri klasični gradnji pa 100 kWh/m<sup>2</sup>a. Višek solarne energije pridobljene poleti je v diagramu prikazan šrafirano. V diagramu je prikazana tudi solarna energija za pripravo TSV. Površina 6 m<sup>2</sup> SSE zadostuje za pripravo TSV v poletnem času in je pokritje 100 odstotkov, preko celega leta pa je pokritje s solarno energiji med 80 in 90 odstotki.

[Slika 6: Potreba toplote za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode in pridobljena solarna energija](#)

Diagram na sliki 6 prikazuje potrebno toploto za ogrevanje in razpoložljivo solarno energijo za stavbo s toplotnimi izgubami 100 W/m<sup>2</sup> in NEH s toplotnimi izgubami 35 W/m<sup>2</sup>. Osenčeno polje prikazujejo manjkajoči količini toplote za oba primera. Razmerje med površino prostorov in površino SSE je 1 : 5.

Orientacijski podatki NEH s toplotnim so sledeči:

- neto ogrevana površina 150 m<sup>2</sup>
- toplota potrebna za ogrevanje 45 kWh/m<sup>2</sup>a
- toplotne izgube 35 W/m<sup>2</sup>
- toplota pridobljena s solarno energijo 18 kWh/m<sup>2</sup>a (40 % pokritje)
- raba toplote za ogrevanje 27 kWh/m<sup>2</sup>a
- površina SSE: 30 m<sup>2</sup> (varianta 1 - ogrevanje in priprava tople sanitarne vode)
- površina SSE: 6 m<sup>2</sup> (varianta 2 - samo priprava tople sanitarne vode)
- letne potrebe po TSV pokrite s solarno energijo: 85 %

Toplotne prehodnosti gradbenih konstrukcij so sledeče:

- zunanji zidovi:  $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- streha:  $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
- tla:  $U \leq 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- okna (steklo + okvir):  $U \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$

[Slika 7: Potrebe toplote za ogrevanje in razpoložljiva solarna energija](#)

Sliki 8 in 9 prikazujeta NEH z vgrajenim solarnim sistemom za ogrevanje in pripravo TSV.

[Slika 8: NEH s solarnim sistemom](#)

[Slika 9: Večdružinska NEH s solarnim sistemom](#)

Solarni sistemi s SSE pri nas v povprečju letno proizvedejo od 350 do 400 kWh na vsak m<sup>2</sup> sprejemnikov. Pri NEH znaša potrebna letna toplota za ogrevanje 30 kWh/m<sup>2</sup>a in manj, zato lahko s solarnimi sistemi zagotovimo skoraj celotno letno potrebno energijo za ogrevanje in pripravo TSV. V tem primeru potrebujemo dobro toplotno izoliran sezonski hranilnik toplote kapacitete 14 m<sup>3</sup>.

Minimalno dodatno potrebno toploto za ogrevanje zagotovimo z električno energijo ali toplotno črpalko. Na sliki 9 je prikazan ogrevalni sistem PH v kombinaciji s solarnim sistemom. Za enodružinske NEH in PH predstavlja vgradnja sezonskega hranilnika veliko investicijo, zato se običajno vgrajujejo solarni sistemi brez sezonskih hranilnikov toplote (večje sezonske hranilnike



toplote vgrajujemo predvsem pri ogrevanju več družinskih hiš in solarnih sistemih za ogrevanje naselij). Za nekaj dnevno shranjevanje toplote vgradimo hranilnik s prostornino 80 do 130 za vsak m<sup>2</sup> sprejemnikov sončne energije. Pri tem je kvaliteta SSE zaradi manjšega sončnega obsevanja in nižjih temperatur pozimi zelo pomembna.

[Slika 10: Kompaktni toplotni modul za PH v povezavi s SSE](#)

Pri stavbah brez porabe toplote (zero energy house), so solarni sistem kombinirani z drugimi tehnologijami (naravno ogrevanje, sodobni prezračevalni sistem) in lahko z njimi v celoti zagotovimo potrebno toploto za ogrevanje.

## Zaključek

Majhne toplotne izgube zahtevajo ustrezen ogrevalni sistem, katerega nadaljnji razvoj je opredeljen s ciljem zmanjšanja emisij ogljikovega dioksida. Z izboljšanjem toplotne zaščite, se zmanjšujejo tudi specifične toplotne izgube. Te se od nekdanjih 100 W/m<sup>2</sup> pri klasičnih zgradbah, postopoma pomikajo na približno 40 W/m<sup>2</sup>, kar velja za NEH. Pasivne hiše, zgrajene po nizkoenergijskih standardih imajo pri uporabi kontroliranega prezračevanja in rekuperaciji toplote še manjše toplotne izgube. Te znašajo na kvadratni meter ogrevane površine manj kot 10 W/m<sup>2</sup>. Enodružinska PH ali NEH stanovanjske površine 100 m<sup>2</sup> potrebuje za ogrevanje le še vir toplote moči med 1 in 4 kW. Zaradi malih toplotnih moči, klasična kotlovnica ni potrebna. Za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode lahko vgradimo kompaktne toplotne module s toplotno črpalko v kombinaciji s solarnimi sistemi.