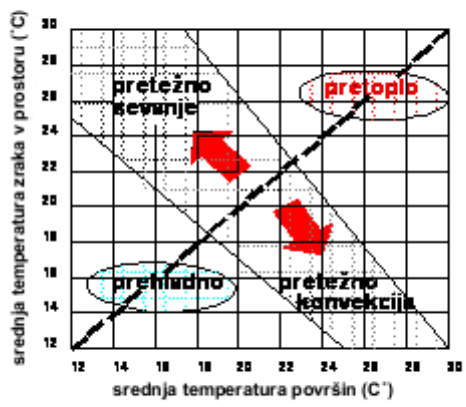
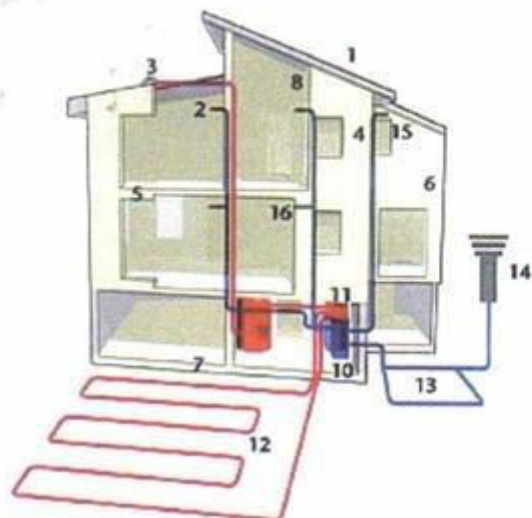


# Zagotavljanje ugodnega bivanja v nizkoenergijski in pasivni hiši

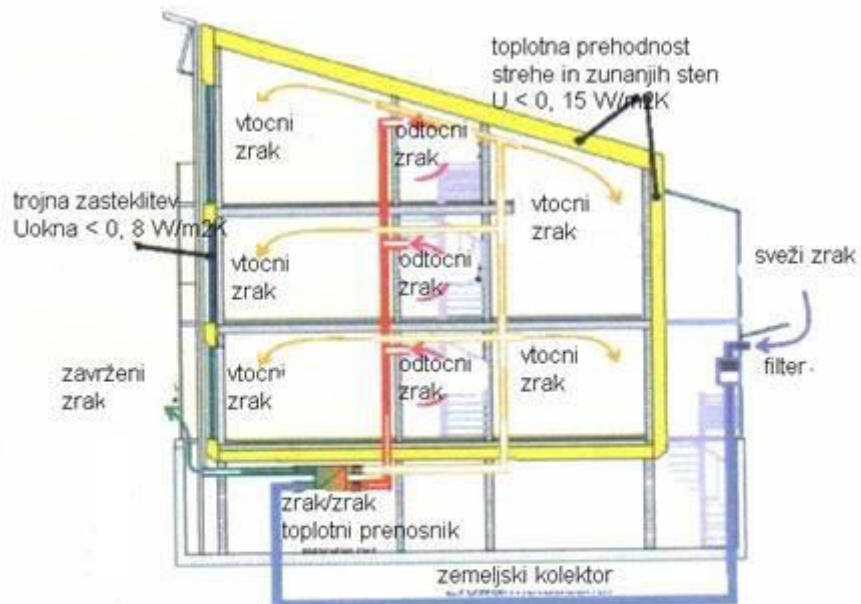
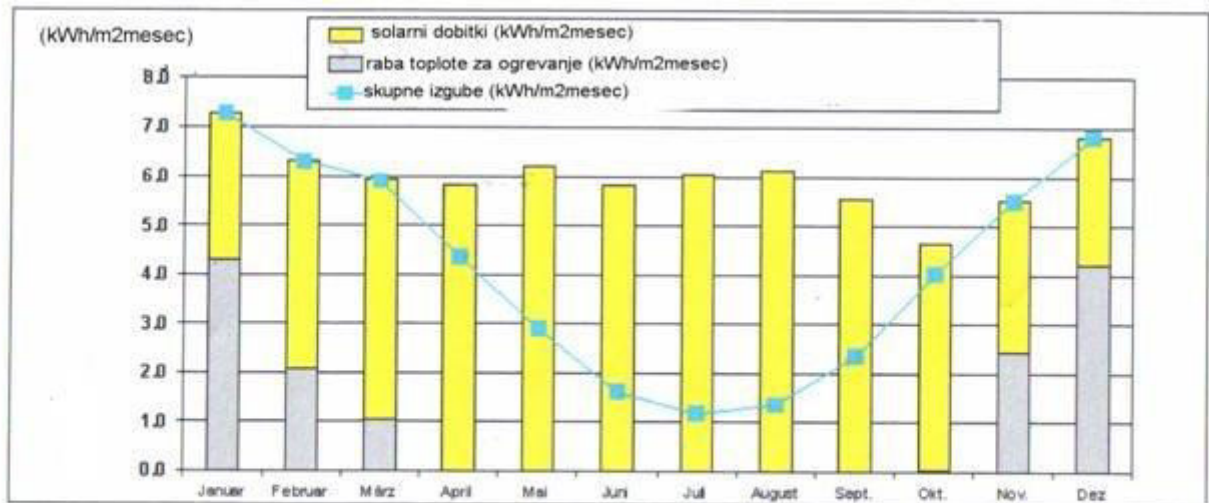
Toplotno ugodje določa termično ravnotežje med človekovim telesom in njegovim okoljem. Določimo ga kot stanje v prostoru, ko za večino uporabnikov ni prehladno in ne prevroče.

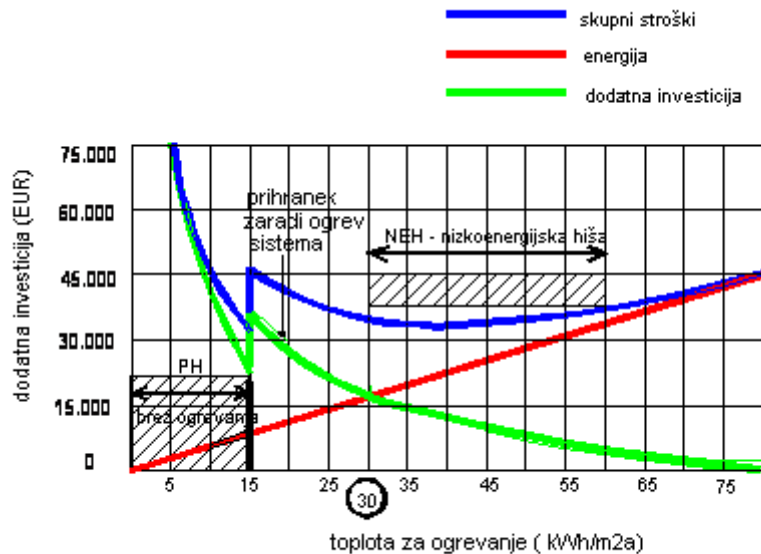




**LEGENDA**

- 1 - opt. topl. izolacija strešne konstruk.  $U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 2 - vstop svežega zraka predgretega/ohlajenega zraka
- 3 - SSE - sprejemniki sončne energije
- 4 - trojna zasklitev
- 5 - betonska masivna plošča  $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 6 - topl. izol. zun. stene  $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 7 - talna plošča  $U < 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 8 - masivna zunanja stena - hranilnik toplote
- 9 - hranilnik toplote  $V = 1000$  litrov (za povezavo na TC in SSE)
- 10 - centralna prezračevalna naprava s topl. prenosnikom zrak/zrak
- 11 - TC - toplotna črpalka
- 12 - zem. kolektor
- 13 - zem. kolektor za hlajenje zraka
- 14 - filter za zrak
- 15 - izstop zavrženega zraka
- 16 - kanali za odtočni zrak (kuhinja, kopalnica, dnevnik prostorov)





Doseganje ugodja v prostoru je dejansko glavna naloga ogrevalnega sistema in je v največji meri odvisna od pravilno izračunanih toplotnih potreb. Za toplotno ugodje pa ni dovolj doseči samo zahtevane temperature zraka v prostoru, temveč tudi ustrezne temperature tal, stropa in sten prostora, hitrosti gibanja zraka, relativne vlažnosti itd.

Novejši predpisi o toplotni izgubah v razvitejših državah nimajo toliko poudarka na razdelitvi toplotne energije v zgradbi (razvod, toplotni vir), temveč je poudarek bolj na prehodu toplote v prostoru oziroma samih ogrevalih. Za stanovalca je pomembno, da se dobro počuti v prostoru in da ga manj zanima, kako sistem deluje in po kakšnih predpisih. To pomeni, da ne zadostuje več, da ogrevalni sistem ustreza standardom, predpisom in zahtevanim tehničnim parametrom, temveč mora projektant upoštevati tudi specifične zahteve za udobje uporabnika.

Gradnja nizkoenergijskih hiš NEH in pasivnih hiš PH ne pomeni le debelejšje toplotne izolacije temveč zahteva tudi obvezno kontrolirano prezračevanje. Tako zagotovimo manjšo porabo energije, manjše emisije CO<sub>2</sub>, prijetno bivanje ter manjšo obremenitev pred zunanjim hrupom. Vgradnja zemeljskega prenosnika toplote v letnem času omogoča hlajenje prostorov. Pri načrtovanju pasivne hiše je potrebno poskrbeti predvsem za zaščito pred pregrevanjem v letnem času. To dosežemo z ustreznimi napuščmi, balkoni in pergolami.

Veliko dodatno prednost gradnje pasivne hiše je tudi v tem, da lahko v primeru vgradnje PV sistemov (sončnih modulov) pridobivamo lastno električno energijo. V primeru, da višek proizvedene električne energije oddajamo v omrežje, govorimo o plus energijski hiši. Nizkoenergijska gradnja vsekakor investicijo nekoliko podraži, vendar pa prijetna klima in ugodje, ki jo s tako gradnjo dosežemo, pomenita veliko prednost v primerjavi s klasično gradnjo.

## Temperatura obodnih površin

Človek skoraj polovico toplote odda s sevanjem. Za doseganje primerne toplotne ugodje so zato zelo pomembne temperature površin, ki obdajajo prostor (stene, stropovi, tla). Zaradi tega razloga morajo biti temperature obodnih površin primerno visoke. Doseganje ugodja bivanja v odvisnosti od

srednje temperature zraka v prostoru in srednje temperature površin, ki ga obdajajo, je prikazano na diagramu toplotnega ugodja, slika št.1.

[Slika 1: Diagram toplotnega ugodja](#)

Človek ne občuti toplotnega toka, ki zaradi temperaturne razlike prehaja iz njega na okolico in stene ali obratno. Zaradi tega, tudi ne moremo natančno oceniti temperature okolice. Človek oddaja toploto v okolico s prevodom toplote, konvekcijo, sevanjem ter dihanjem in potenjem. Razdelitev je približno sledeča, če upoštevamo temperaturo zraka 20 °C:

- sevanje 49 %.
- konvekcija 21 %.
- dihanje 23 %,
- prevod 7 %.

Velik vpliv na občutek ugodja ima sevanje, saj se največji del toplote izmenja s sevanjem, kar je odvisno od površinske temperature telesa in temperature okoliških sten. Če stojimo med stenama različnih temperatur, čutimo to razliko, ki jo imenujemo asimetrija sevanja. Če je razlika večja od 5 do 7 °C, občutimo to kot neugodje. To je tudi vzrok, zakaj naj bodo temperature sten čim bolj izenačene. Največji problem pri tem predstavljajo zunanje stene, predvsem steklene stene -okna, ki imajo vedno nižjo temperaturo. Površinska temperatura stene je odvisna od temperature okoliškega zunanjega zraka in toplotne prehodnosti materiala stene.

Oddajanje toplote človekovega telesa v okolico naj bo čim bolj enakomerno na vseh mestih v prostoru. Enostransko ohlajevanje ali ogrevanje človeka znižuje toplotno ugodje v prostoru. Občutek neugodja je posebej velik, če je strop topel, tla pa hladna. Pri tem je pomemben vpliv materiala talne obloge, ki ga opišemo s toplotno vpojnostjo materiala. Vsekakor je ugodneje, če imamo hladnejši strop in tople stene.

## Osnovni kriteriji za načrtovanje PH - pasivne hiše

Na osnovi vse večjih ekoloških problemov, ki jih povzročata uporaba fosilnih goriv (nafta, zemeljski plin), ter tudi vse višje njihove cene, postaja zamisel o gradnji pasivne hiše vse bolj realna. S pojmom »pasivna hiša« (PH) označujemo zgradbe, v katerih bomo dosegli pozimi in poleti ugodno počutje brez običajnih ogrevalnih in hladilnih naprav.

Pasivne hiše porabijo za ogrevanje več kot 85 % manj energije kot hiše grajene na klasični način. Pogoj za doseganje takšne porabe, ki znaša letno manj kot 15 kWh na kvadratni meter ogrevane površine, je primerna toplotna izolacija in kontrolirano prezračevanje z rekuperacijo toplote. Pomembni so tudi notranji viri - dobitki energije: sonce, oddajanje toplote oseb, ki bivajo v hiši in oddajanje toplote električnih naprav.

V primeru, da imamo ničelno rabo energije za ogrevanje govorimo o nični hiši (zero heating energy house). Če pa proizvedemo z vgrajenimi PV sistemi - fotovoltaičnimi moduli več električne energije kot jo porabimo (višek oddamo v omrežje) govorimo o plus energijski hiši (zero energy house). Pri načrtovanju pasivnih hiš upoštevamo določene nizkoenergijske standarde. Te standarde dosežemo z različnimi izvedbami stavb, instalacij v njej, formami in materiali.

Načrtovanje pasivne hiše vključuje pasivne in aktivne ukrepe. Pasivni sistemi obsegajo predvsem izrabo naravnih danosti okolja (teren, osenčenost, meteorološke posebnosti ipd) in primerno arhitekturno zasnovo (oblika zgradbe, optimalna debelina toplotne izolacije, vgradnja energijsko učinkovitih oken itd). Na ta način dosežemo približno 4 krat manjšo porabo energije za ogrevanje kot pri zgradbah, grajenih po veljavnih predpisih. To pomeni, da pri pasivni hiši znaša letna raba energije za ogrevanje manj kot 15 kWh/m<sup>2</sup>a. Pri tem ostanek potrebne toplote pokrijemo z energijo izrabljenega toplega zraka v prostoru (rekuperacija toplote). Z vgradnjo aktivnih solarnih sistemov (sprejemniki sončne energije, fotovoltaika - sončni moduli) zmanjšamo odvisnost objekta od javnega energetskega sistema. Pri načrtovanju PH je potrebno upoštevati sledeče kriterije:

- letna rabe energije za ogrevanje  $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ,
  - skupna raba primarne energija (topla voda, hišna elek.energija)  $\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ,
  - toplotne izgube  $\leq 10 \text{ W/m}^2$ ,
- izmerjena izmenjava zraka  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ .

Za manjšo porabo energije pri ogrevanju moramo zmanjšati toplotne izgube oziroma prenos energije od znotraj navzven. Pri tem ne smemo vplivati na bivalno ugodje v prostoru, ki je odvisno od sestave in temperature zraka v prostoru ter površinskih temperatur sten tal in oken.

Za dosego bivalnega ugodja je ena od možnosti izboljšanje toplotne izolacije gradbenih elementov kot so zunanje stene, strehe in okna. Bivalno ugodje lahko dosežemo pri višjih površinskih temperaturah tudi pri relativno nizki temperaturi zraka. Torej velja, da boljša kot je izolacija, toliko višja je ob isti temperaturi površinska temperatura na notranji strani. Prav tako smo z dobro izolacijo prihranili energijo pri ogrevanju. V tabeli št.1 je prikazano enako bivalno ugodje pri zunanji temperaturi - 10°C.

**Tabela 1**

Enako bivalno ugodje pri zunanji temperaturi - 10°C			
U-vrednost zun.stene (W/m <sup>2</sup> K)	Temperatura zraka (°C)	Površin. temperature (°C)	Porabljena energija (W/m <sup>2</sup> )
0,7	21	18,2	22
0,4	20,2	19	12
0,2	20	19,3	6

### Toplotna prehodnost gradbenih konstrukcij

Pri načrtovanju PH moramo zmanjšati toplotno prehodnost "U" gradbenih elementov (tabela 2) na minimum, kar pomeni:

**Tabela 2**

Zunanje stene	$\leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$
Streha, izoliran strop	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Okna	$\leq 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ - steklo

	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ - okvir
	$g \geq 50 \%$
Tla	$\leq 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Optimalna zasteklitev na južni strani, pomeni koriščenje približno 40 % solarne energije za ogrevanje prostorov.

### Zagotoviti tesnost ovoja zgradbe

Menjava zraka v zgradbi naj znaša  $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ , kar pomeni, da se celotna količina zraka zamenja v približno dveh urah. Da bo na prezračevalni napravi potrebna izmenjava zraka dosežena, se mora stavba zgraditi čim bolj tesno. Tesnost ovoja stavbe se dokazuje z »Blower - Door testom«, kjer se z ventilatorjem ustvarja nadtlak/podtlak 50 Pa med notranjostjo zgradbe in okolici.

### Rekuperacija toplote - izkoristek $\eta \geq 80 \%$

Kontrolirano prezračevanje vršimo skozi celotno stavbo z rekuperacijo toplote - izkoriščanjem toplote odtočnega zraka. Vgraditi je potrebno protismerni prenosnik toplote zrak/zrak. Količina zraka na osebo znaša približno  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ . Regulacija s konstantnim pretokom omogoča enakomeren volumski pretok vtočnega in odtočnega zraka, neodvisno od statičnega tlaka. Poleti se vgrajena obtočna loputa preklopi na obratovanje brez rekuperatorja toplote. Preklop se lahko izvede ročno ali avtomatsko glede na temperaturo zraka. Dovodni in odvodni ventili se lahko vgradijo v strop ali steno. Kanali za dovod in odvod zraka so izvedeni kot ploščati kanali. Vgradijo se pod izolacijo pod talnim estrihom.

### Izkoriščanje latentne toplote odtočnega zraka - vgradnja TČ

Vgradnja TČ - toplotne črpalke zrak/voda z električnim dogrevanjem za pokrivanje toplotnih izgub  $10 \text{ W/m}^2$ . Prav tako je možno dogrevanje vtočnega in svežega zraka ( $> 8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) s toplotno črpalko preko zemeljskega prenosnika toplote (kolektorja.)

Z povečevanjem izolacije lahko zmanjšamo "U" - vrednost na minimum, želenih vrednosti porabljene energije za ogrevanje pasivne hiše (pod  $15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) pa ne dosežemo. Šele z uporabo kontroliranega prezračevanja, dosežemo zelene vrednosti glede rabe energije za ogrevanje prostorov. Kontrolirano prezračevanje ponuja še sledeče prednosti:

- prijetno in zdravo klimo (vedno sveži zrak tudi pri zaprtih oknih),
- primerno zvočna izolacijo, ker se okna lahko zaprta,
- preprečevanje nastanka plesni,
- odvod vodne neprijetnih vonjav iz kuhinje in sanitarij,
- prihranek energije pri napravah z rekuperacijo toplote.

### Opremljenost z učinkovitimi napravami

Učinkovite in energijsko varčne hišne naprave (pralni stroj, sušilni stroj, varčne žarnice) zagotavljajo, da lahko v pasivni hiši brez omejitev uporabljamo vse potrebne gospodinjske aparate, tako da je poraba energije zmanjšana tudi do 50 %.

Za pasivne hiše je značilna takšna arhitektura, da v čim večji meri omogoča izkoriščanje sončne energije za ogrevanje v zimskem času. Z uporabo solarne energije (SSE) lahko pokrijemo 40 do 60 % potreb po energiji za pripravo tople sanitarne vode. Toplotno črpalko zrak/voda ali zemlja/voda koristimo za ogrevanje in prezračevanje. Vgradnja toplotne črpalke omogoča tudi hlajenje prostorov v letnem času.



Zaradi nizkih potreb po ogrevanju se najpogosteje kot vir ogrevanja uporablja toplotne črpalke v kombinaciji s sprejemniki sončne energije (SSE) za pripravo in hranjenje ogrevalne vode in sanitarne vode. Nadaljnje prihranke dosežemo s prisilnim prezračevanjem in vgradnjo naprav za vračanje toplote odtočnega zraka (kontrolirano prezračevanje z rekuperacijo toplote in zemeljskim kolektorjem - prenosnikom toplote).

Elementi za pretvarjanja sončnega obsevanja so v večini nameščeni na ovoju stavb in jih imenujemo tudi elementi za naravno ogrevanje stavb z soncem. Stavbo pripravimo tako, da sama sprejema sončno energijo, da je obenem hranilnik toplote in ogrevalni sistem. To naredimo tako, da stavbo dobro toplotno izoliramo in na severni strani predvidimo minimalne zastekljene odprtine. Za takšne hiše je značilna postavitev v smeri sever - jug. Južna stena je zastekljena z ustreznimi stekli, na severni steni pa je delež zasteklitve majhen.. Stavba naj bo z bivalnimi prostori obrnjena proti jugu, ter z ostalimi pomožnimi prostori obrnjena proti severu. Na južni strani lahko namestimo pasivne elemente (okna, zastekljene zidove, steklenike in prezračevane fasadne elemente), omogočimo dobro kroženje zraka med prostori ter predvidimo zaščito pred poletnim soncem. Da dosežemo bolj enakomeren prenos toplote med prostori, uporabljamo ventilatorje in kanale za prisilno kroženje zraka. Na sliki 3a je prikazana PH vsemi pripadajočimi sistemi in osnovnimi gradbenimi elementi.

[Slika 2: Pasivna hiša - prerez in osnovni elementi](#)

[Slika 3: Solarni dobitki in potrebna toplota - raba energija za ogrevanje PH po posameznih mesecih](#)

## Način ogrevanja in prezračevanja PH

Med ogrevanjem objekta se pojavijo transmisijske izgube (skozi zunanje stene, streho, okna) in izgube zaradi prezračevanja. Vendar so transmisijske izgube le del izgub in s povečevanjem izolacije zmanjšujemo le del celotnih izgub. Da zmanjšamo izgube zaradi prezračevanja je potrebno samo izrabiti toplotno energijo, ki jo vsebuje že segreti zrak v prostoru in ga moramo zaradi izrabljenosti odvajati. Z realizacijo kontroliranega prezračevanja dovajamo v prostor sveži zrak, ki ga pred vstopom v bivalni prostor segrejemo s toploto izrabljenega zraka in ga nato segretega dovajamo nazaj v prostor. Že ohlajen izrabljen zrak pa odvajamo iz objekta (slika 4).

[Slika 4: Prerez skozi pasivno hišo s kontroliranim prezračevanjem](#)

Za preprečevanje zmrzovanja kondenzata pri nizkih zunanjih temperaturah se prezračevalni napravi priključi zemeljski toplotni prenosnik- kolektor) ali električni grelni register. Ta v zimskem času predgreje zunanji zrak, v poletnem času pa ga ohladi ( naprava obratuje brez rekuperacije toplote). Zemeljski toplotni prenosnik se položi v zemljo v globini približno 1, 2 m in pod določenim padcem proti stavbi (približno 2 %). Izdelan je iz PE cevi premera 200 mm in dolžine 20 do 50 m. Lahko se položi tudi več vzporednih cevi v razmiku 1 m manjšega premera. Za suha in peščena je potrebno položiti večjo dolžino kot za mokra tla. Hitrost zraka v ceveh je od 1 do 1, 5 m/s, zajem zraka pa mora biti preko filtra minimalno j 1, 5 m nad tlemi.

Ker specifične toplotne izgube znašajo manj kot  $10 \text{ W/m}^2$  ogrevane površine, pasivna hiša stanovanjske površine  $100 \text{ m}^2$  potrebuje za ogrevanje le še 1,0 kW. Iz tega sledi, da se lahko klasičnemu ogrevalnemu sistemi odpovemo ter zgradbi ogrevamo le še z ogretim vtočnim zrakom. Za ogrevanje in prezračevanje pasivnih hiš vgrajujemo posebne toplotne kompaktne agregate, ki vsebujejo prezračevalno napravo z rekuperacijo toplote, hranilnik toplote (grelnik sanitarne vode) s priklopom na sončne sprejemnike toplote, toplotno črpalko zrak/voda in električnim dogrevanjem ter dogrevanje vtočnega zraka s toplotno črpalco.

## Dodatni stroški pri gradnji PH

Na diagramu (slika 5) je razvidno, koliko več je potrebno investirati več za vgradnjo dodatne toplotne izolacije ovoja pri načrtovanju PH v primerjavi z NEH in zgradbo grajeno po veljavnih predpisih.

[Slika 5: Dodatni stroški pri gradnji pasivne hiše](#)

Višji stroški pri gradnji PH v primerjavi z klasično hišo nastanejo zaradi vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, vgradnje optimalnega ogrevalnega sistema, vgradnje povečane debeline toplotne izolacije, vgradnje energijsko varčnih oken in tudi takšnega načina gradnje, da preprečimo pojav toplotnih mostov ter zagotovimo ustrezno zrakotesnost ovoja.