

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR**

DIPLOMSKO DELO

**GRADNJA ENERGIJSKO VARČNIH
MONTAŽNIH HIŠ Z EKO MATERIALI**

Kandidatka: Cvetka Bratušek

Študentka študija ob delu

Številka indeksa: 11190122782

Program: gradbeništvo

Mentor: Benedikt Boršič, univ. dipl. ing. grad.

Maribor, december 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisana Cvetka Bratušek, št indeksa 11190122782, sem avtorica diplomskega dela z naslovom:

GRADNJA ENERGIJSKO VARČNIH MONTAŽNIH HIŠ Z EKO MATERIALI

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih pravicah; UL št. 16/2007; (v nadaljevanju ZAPS), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. členom ZAPS dovoljujem VSŠ Academia objavo diplomske naloge na spletnem portalu šole.

Maribor, december 2011

Podpis:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Benediktu Boršiču, univ. dipl. ing. grad., za pomoč pri izdelavi diplomskega dela, vsem predavateljem na šoli za njihov trud in razumevanje, še posebej mag. Mirjani Ivanuša-Bezjak za nesebično vzpodbudo tekom celega študija.

Hvala prof. Tatjani Hren Dizdarević, prof. slo., za lektoriranje diplomske naloge.

Nenazadnje hvala partnerju za trud, podporo in razumevanje v času mojega študija.

POVZETEK

Energetsko varčna hiša, zgrajena z eko materiali, pomeni zasnovo, ki upošteva izbor gradiv in tehnologij gradnje, ki so za ljudi in okolje prijazni ter v svojem celotnem življenjskem ciklusu nimajo negativnega vpliva na okolje. Bistvo energetske varčne ekološke gradnje je izbira ustreznih ekoloških gradiv, uporaba obnovljivih virov energije za ogrevanje in prilagajanje okolju s pravilno zasnovo in orientacijo hiše, ki pripomore k pasivnemu ogrevanju pozimi in hlajenju v poletnem času.

Pri izgradnji lesenih montažnih hiš se najpogosteje uporablja panelni sistem, pri katerem zagotavljajo nosilnost in stabilnost konstrukcije linijski elementi iz masivnega lesa. K togosti konstrukcije pa pripomorejo obojestranske obloge, kot na primer OSB plošče in mavčno-vlaknene plošče. Pri sestavi posameznih konstrukcij, kot so zunanje stene, stropi in strešna konstrukcija, je pomembna pravilna izbira in zaporedje gradiv.

Toplotni ovoj hiše je energetsko varčen s kvalitetno vgrajeno toplotno izolacijo ustrezne debeline, z vgraditvijo parne ovire, ki ohranja toplotno izolativnost toplotne izolacije in zrakotesnost celotnega ovoja hiše ter z vgraditvijo energetske varčnega stavbnega pohištva s senčili.

Ekološka energetsko varčna hiše je hiša prihodnosti, saj se končuje obdobje energetskega izobilja, zato je nujno potrebno zmanjšati porabo energije, oziroma povečati rabo energije iz obnovljivih virov energije

Ključne besede: ekološka energetsko varčna hiša, eko materiali, obnovljivi viri energije.

ABSTRACT

BUILDING ENERGY-SAVING PREFABRICATED HOUSES WITH ECO MATERIALS

Energy-saving house, built with eco materials, means a design that considers a selection of materials and building technology that are people and environmentally friendly and do not have negative influence on the environment during their life cycle. The main point of energy-saving eco building is the choice of suitable eco materials, the use of renewable energy sources for heating and adjusting to the environment with the right scheme and house orientation that contributes to passive heating in the winter and cooling in the summer time.

The most commonly used system in building wooden prefabricated houses is panel system. Carrying capacity and constructional stability are assured with line elements from solid wood. Rigidity of construction is assured with bilateral lining like OSB and gypsum fiber boards. The right choice and succession of material is important, especially in structuring individual compositions like external walls, ceilings and roof construction.

Heat package of the house is energy-saving with quality built heat isolation of appropriate thickness, with built in vapour obstacle that keeps heat isolation and air tightness of the whole house package and with built in energy-saving building furniture with shades.

Eco energy-saving house is a house of the future, because the era of energy abundance is coming to an end. It is necessary to reduce energy consumption or increase usage of energy from renewable energy sources.

Key words: eco energy-saving house, eco materials, renewable energy sources.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	10
1.1	<i>Opredelitev obravnavane teme.....</i>	<i>10</i>
1.2	<i>Namen in cilji diplomskega dela.....</i>	<i>11</i>
1.3	<i>Hipoteze, ključne trditve.....</i>	<i>11</i>
1.4	<i>Predpostavke in omejitve.....</i>	<i>12</i>
1.5	<i>Predvidene metode raziskovanja:</i>	<i>12</i>
1.6	<i>Potek raziskovalnega dela diplomske naloge:</i>	<i>13</i>
2	OPREDELITEV ENERGETSKO VARČNE MONTAŽNE HIŠE IN UPORABA EKO MATERIALOV.....	14
2.1	<i>Standard energetske varčne montažne hiše z uporabo eko materialov.....</i>	<i>14</i>
2.2	<i>Okoljsko osveščena gradnja.....</i>	<i>16</i>
2.3	<i>Ekološka izbira gradiv.....</i>	<i>19</i>
3	NAČRTOVANJE IZGRADNJE ENERGETSKO VARČNE HIŠE.....	22
3.1	<i>Lokacija, orientacija in oblika zgradbe</i>	<i>22</i>
3.1.1	<i>Orientacija energetske varčne hiše</i>	<i>23</i>
3.1.2	<i>Oblika energetske varčne hiše.....</i>	<i>25</i>
3.2	<i>Uporaba obnovljivih virov energije</i>	<i>26</i>
3.2.1	<i>Voda – hidroenergija.....</i>	<i>28</i>
3.2.2	<i>Sončna energija</i>	<i>29</i>
3.2.3	<i>Vetrna energija</i>	<i>30</i>
3.2.4	<i>Biomasa</i>	<i>31</i>
3.3	<i>Sprejemniki sončne energije – sončni kolektorji</i>	<i>32</i>
4	UPORABA EKO MATERIALOV PRI IZGRADNJI ENERGETSKO VARČNE MONTAŽNE HIŠE	35
4.1	<i>Les</i>	<i>35</i>
4.2	<i>Toplotne izolacije.....</i>	<i>38</i>
4.3	<i>Parne ovire.....</i>	<i>41</i>
4.4	<i>Konstruktivske plošče</i>	<i>43</i>
5	TEHNIČNI OPISI MONTAŽNIH KONSTRUKCIJ Z UPORABLJENIMI EKO MATERIALI PRI IZGRADNJI LESENE ENERGETSKO VARČNE HIŠE	47
5.1	<i>Montažni elementi Marles sistem EKO</i>	<i>47</i>
5.2	<i>Montažna zunanja stena Marles sistem EKO</i>	<i>47</i>

5.3	<i>Montažni strop nad pritličjem Marles sistem EKO</i>	49
5.4	<i>Strešna konstrukcija, strešna poševnina – strop mansarde Marles sistem EKO</i>	49
6	OKNA, VHODNA VRATA IN SENČILA ENERGETSKO VARČNE HIŠE	51
6.1	<i>Okna in vhodna vrata</i>	51
6.2	<i>Senčila</i>	53
7	ZRAKOTESNOST ENERGETSKO VARČNE HIŠE	56
7.1	<i>Načrtovanje in preverjanje zrakotesnosti</i>	56
7.2	<i>Ogled preverjanja zrakotesnosti hiše v praksi</i>	56
7.3	<i>Pomembnost zrakotesnosti</i>	57
8	IZRAČUN GRADBENE FIZIKE S PROGRAMOM ENERGIJA 2010 - KNAUFINSULATION	58
9	TERMINSKI PLAN IZGRADNJE ENERGETSKO VARČNE HIŠE V EKO SISTEMU MARLES HIŠE	62
10	ZAKLJUČEK	63
11	UPORABLJANA LITERATURA IN VIRI	65
11.1	<i>Literatura</i>	65
11.2	<i>Viri</i>	65
11.3	<i>Internetni viri</i>	66

KAZALO SLIK

Slika 1: Življenjski cikel gradiv. Vsaka od navedenih faz ima neposredne negativne vplive na okolje in človeka, hkrati pa porabi energijo.....	14
Slika 2: Primer izgradnje hiše, kjer se ne poseže grobo in nepovratno v naravno okolje. Globokih izkopov, ki bi povzročili spreminjanje prvotne oblike zemljišča, ni potrebno izvajati.	17
Slika 3: Razmak med objekti. Hiš ne smejo zasenčiti sosednji objekti.....	23
Slika 4: Izraba sončnega sevanja pri različnih orientacijah.....	23
Slika 5: Prikaz situacijskega načrta z osončenjem, zasaditvijo in vetrno zaščito.....	24
Slika 6: Oblikovni faktorji po obliki	26
Slika 7: Neprestano kroženje vode zaradi sončnega obsevanja se imenuje hidrološki krog. Hidroenergija je del hidrološkega kroga in spada med obnovljive vire energije	28
Slika 8: Vetrna elektrarna pretvarja energijo vetra v električno energijo.....	31
Slika 9: Sprejemnik sončne energije	32
Slika 10: Koprene parne ovire so difuzijsko bolj tesne in nudijo zaščito toplotni izolaciji pred vlago. V poletnem času svojo difuzijsko upornost zelo spustijo in s tem ustvarijo pogoje za sušenje konstrukcije	42
Slika 11: Prerez zunanje stene sistema EKO Marles hiše	43
Slika 12: Prerez hiše v EKO sistemu Marles hiše, uporaba konstrukcijskih plošč	44
Slika 13: OSB plošča.....	44
Slika 14: Mavčno-vlaknene plošče.....	45
Slika 15: MDF plošče	45
Slika 16: Prerez stene, v kateri je vgrajena MDF plošča.....	46
Slika 17: Prerezi posameznih konstrukcij v EKO sistemu Marles hiše Maribor	48
Slika 18: Prerez lesenega okna s troslojno zasteklitvijo.....	51
Slika 19: Delovanje zunanje sončne zaščite in delovanje notranje sončne zaščite	55
Slika 20: Tloris pritličja, tloris mansarde, jugovzhodna in jugozahodna fasada hiše tip Ventaja.....	58
Slika 21: Konstrukcijski prerez zunanje montažne EKO stene.....	59
Slika 22: Konstrukcijski prerez montažnega stropa Marles EKO z lastnim izborom debeline estriha in finalnega poda.....	60
Slika 23: EKO sistem Marles hiše Maribor, prerez strešne poševnine in kapne stene.....	61

KAZALO TABEL

Tabela 1: Kriteriji okoljsko osveščene gradnje	18
Tabela 2: Sklop eko materialov za leseno montažno hišo z opisi lastnosti materiala in s faznim zamikom	21
Tabela 3: Globalni trg – obnovljivi viri energije s prihodki, 2010.....	27
Tabela 4: V Sloveniji znaša letno povprečno obsevanje sonca na kvadratni meter 950 kWh/leto, kar je primerljivo s kalorijsko vrednostjo 100 litrov nafte	30
Tabela 5: Izkoristek sprejemnika sončne energije je definiran kot kvocient uporabne toplotne energije in vpadne sončne energije. Med zunanjimi toplotnimi izgubami izstopajo optične izgube. Optični izkoristek predstavlja odstotek sončnega sevanja, ki preide skozi prozorno vrhnjo ploskev sprejemnika sončne energije in ga absorber prejme	34
Tabela 6: Fizikalne in mehanske lastnosti lesa.....	36
Tabela 7: Preglednica ekoloških toplotnih izolacij s podatki toplotne prevodnosti in paroprepustnosti	39
Tabela 8: Toplotne prehodnosti posameznih gradbenih konstrukcij.....	50
Tabela 9: Količina zraka V, ki vdira v stavbo skozi sloj debeline d skozi reko širine b na 1 m dolžine rege (levo); vdor zraka V skozi protivetno folijo z okroglo odprtino premera D.....	57
Tabela 10: Terminski plan izgradnje montažne energetske varčne hiše	62

1 UVOD

Naslov diplomskega dela

GRADNJA ENERGIJSKO VARČNIH MONTAŽNIH HIŠ Z EKO MATERIALI

1.1 *Opredelitev obravnavane teme*

Obravnavani energijsko varčni leseni montažni objekti imajo največjo univerzalno uporabno vrednost in so z uporabo ustreznih sodobnih izolacijskih materialov ter s pravilno vgradnjo letih energetske učinkoviti ter delujejo povsem brez energetskih težav.

Z vgradnjo eko materialov, ki so okoljsko neoporečni in v proizvodnem procesu ne potrebujejo veliko energije, ter z izdelavo pravilnih detajlov in upoštevanjem sodobne oblike oziroma ustreznih arhitekturnih rešitev so ti objekti trajnostno naravnani in prijetni za bivanje.

Energetsko varčne montažne hiše so zgrajene zelo ekonomično, dodana debelina toplotno-izolacijskih eko materialov finančno ne pomeni veliko, pomembno pa vpliva na ustrezne rezultate izračuna gradbene fizike in posledično zmanjšujejo porabo energije, saj je kljub napredku hišne tehnike dobra izolacija osnova varčnosti.

Značilnost energijsko varčnih objektov je teoretično izračunana letna poraba energije za ogrevanje $\leq 30 \text{ kWh/m}^2$. Običajno imajo kontrolirano prezračevanje preko rekuperatorja – toplotnega izmenjevalca, saj je hiša izvedena zrakotesno, dopuščajo pa tudi nekoliko več svobode pri izbiri materialov.

Energetsko varčni objekti imajo predviden sistem sončnih kolektorjev za znižanje stroškov pri pripravi tople vode ter ogrevanja in s tem zadostijo ukrepom za učinkovito rabo obnovljivih virov energije.

Vedno strožji kriteriji s strani Evropske direktive o energetske učinkovitosti stavb predvidevajo osnovne smernice pri izbiri in vgradnji oken ter vhodnih vrat, da skupna toplotna prehodnost okna (steklo + krilo s podbojem) ne sme presegati $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Objekti so z vidika višine investicijske vrednosti in nizke porabe energije za ogrevanje ekonomični.

1.2 Namen in cilji diplomskega dela

Namen diplomskega dela je opisati izgradnjo enostanovanjske lesene montažne hiše iz ekoloških materialov, ki je sodobna ter ekonomsko in ekološka sprejemljiva za današnje potrebe, tako za posameznika kot za širše okolje in zadostuje tudi mnogim drugim kriterijem, ki jih uporabniki pričakujejo od sodobne hiše, kot so zdrava mikroklima, dobro počutje in skrb za čistejše okolje, saj nas narava v zadnjem obdobju s pojavom hudih neurij pogosto opozarja na podnebne spremembe. Vse to nas sili v razmislek in k pristopu k inovativnejši, gospodarnejši in trajnostno naravnani gradnji.

Z diplomsko nalogo želim predstaviti boljše razumevanje lesene montažne gradnje, njeno pravilno vrednotenje, njene prednosti, vpogled v praktično izvedbo in predvsem prikazati to, kako varčna je ter iz katerih materialov bo zgrajena enostavna, širše dostopna energetska varčna lesena montažna hiša.

Izgradnjo energetske varčnih objektov želim osvetliti z različnih zornih kotov – z racionalnimi rešitvami posameznih presekov konstrukcij (ovoj hiše, stropi) vključno z izračunom toplotne zaščite s programom gradbene fizike Energija 2010 – Knaufinsulation in v skladu s pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES 2010, katerega bistvo je zmanjšati porabo energije v stavbah in zadostiti zahtevi po uporabi 25 % obnovljivih virov energije.

Spodbudo za izbiro teme sem dobila na strokovnih predavanjih v službi, pri predmetu visoke gradnje in v strokovnih revijah, ki v zadnjem obdobju pogosto obravnavajo tematiko ekoloških izolacijskih materialov, varčevanje z energijo in trend trajnostno naravnane gradnje.

1.3 Hipoteze, ključne trditve

Prednosti sodobne energijsko varčne lesene montažne hiše so energetska varčnost v celotnem življenjskem obdobju, dobra izolacija in zrakotesnost celotnega zaključenega ovoja hiše.

Možnost varčevanja z energijo sorazmerno z vrednostjo investicije, vgradnja ekoloških materialov, možnost reciklaže montažne hiše, dobra mikroklima, združena s prijetnim bivanjem in zdravim bivanjem, protipotresna varnost in hitrost gradnje.

Montažna gradnja je sožitje v preteklosti preizkušenih klasičnih gradbenih tehnik z uporabo lesa in sodobnih postopkov industrijske izdelave.

Zgodovinsko gledano je les osnovni gradbeni material, ki v kombinaciji z drugimi materiali omogoča izjemne konstrukcijske in estetske rešitve, je naraven, obnovljiv material z negativno toplogredno bilanco. Z novimi tehnološkimi procesi postaja kakovostnejši, saj se zmanjšujejo oziroma odpravljajo njegove slabosti.

Z vgradnjo naravnih ekoloških izolacijskih materialov varčujemo pozimi in poleti, saj pravilno izvedene hiše ni potrebno hladiti ali pa jo je potrebno bistveno manj.

1.4 Predpostavke in omejitve

Les je obnovljiv vir in ima negativno toplotno bilanco, po izteku življenjske dobe se vrne v naravni tokokrog.

Uporaba eko materialov v Sloveniji je trenutno manjša v primerjavi s klasičnimi gradbenimi materiali, vendar se povečuje. Zaradi krajšega obdobja uporabe posameznih eko materialov, njihove lastnost niso povsem raziskane in dokazane.

Pri sestavi posameznih konstrukcij, kot so zunanje stene, stropi in strešna konstrukcija, je pomembna pravilna izbira in zaporedje gradbenih materialov.

Pri pisanju diplomske naloge se bom opirala na ključne predpostavke, kot so: načrtovanje eko energetske varčne stanovanjske hiše, preseki osnovnih konstrukcij (zunanja stena, strop in strešna konstrukcija), opisi eko materialov in njihova uporaba v posameznih konstrukcijah z izračuni toplotne prehodnosti s programom gradbene fizike Energija 2010 Knaufinsulation in z izdelavo terminskega plana s prikazom zaporedja in časovno opredelitvijo vgradnje posameznih materialov pri izgradnji hiše.

1.5 Predvidene metode raziskovanja:

- strokovna literatura, knjige Univerze v Ljubljani;
- strokovni članki v revijah s področja gradbeništva;
- razgovori s sodelavci z razvojnega oddelka v podjetju Marles hiše;
- obstoječi tehnični opisi v podjetju;
- korespondenca z dobavitelji eko materialov;
- ogled mednarodnega obrtniškega sejma v Celju;
- internet.

1.6 Potek raziskovalnega dela diplomske naloge:

- opis energetske varčne hiše in izbira eko materialov;
- osnovna predstavitev sistema sončnih kolektorjev;
- izvedba in sestava posameznih konstrukcijskih sklopov;
- predstavitev in opisi eko gradbenih materialov;
- izbira oken in vhodnih vrat;
- predstavitev zrakotesnosti in njen pomen;
- obdelava opisanih konstrukcij s programom Energija 2010 – Knaufinsulation;
- terminski plan z zaporedji in s časovno opredelitvijo vgradnje gradbenih materialov.

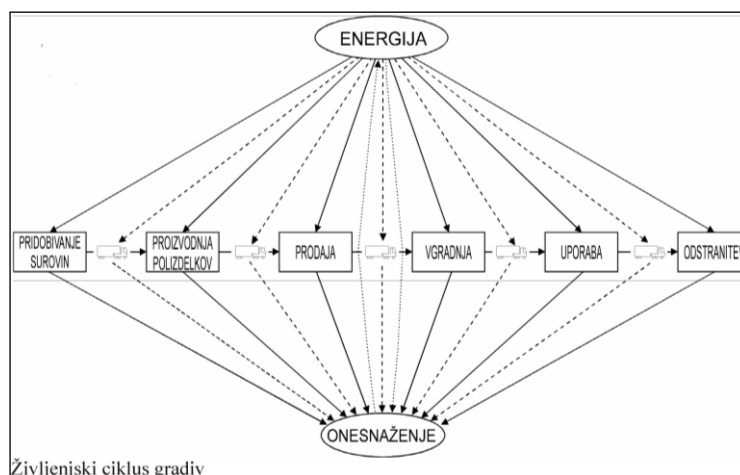
2 OPREDELITEV ENERGETSKO VARČNE MONTAŽNE HIŠE IN UPORABA EKO MATERIALOV

2.1 Standard energetska varčne montažne hiše z uporabo eko materialov

V preteklosti so bile hiše večinoma zgrajene iz materialov iz lokalnega okolja in odvisne od energije ter vode iz neposrednega okolja. Bile so del krajevnega eko sistema, v katerem je potekala tudi reciklaža odpadkov.

Ekologija je bila v sodobni arhitekturi in gradbeništvu v drugi polovici prejšnjega stoletja potisnjena v ozadje. Sodobne hiše so bile velike potrošnice energije in onesnaževalke okolja. Uporabljeni gradbeni materiali in graditeljske tehnologije so povzročile škodljive posledice na okolju in človeku, saj imajo gradiva izjemen vpliv na klimo v prostoru. Posledice so dolgoročne, zrak in voda sta onesnažena, zmanjšujejo se količine nekaterih naravnih virov, pojavljajo se huda neurja kot posledica podnebnih sprememb (Pearson, 1994, 68).

V zadnjem desetletju se vedno bolj zavedamo škodljivih vplivov nekaterih gradiv in gradbene tehnologije. Dnevi, ko so ljudje gradili in pri tem niso mislili na to, kakšen vpliv bo gradnja imela v prihodnosti, so že skoraj minili, zato se pomen trajnostne gradnje izjemno povečuje, pogosteje se porabljajo gradbeni materiali, ki so človeku in okolju prijaznejši.



Slika 1: Življenjski cikel gradiv. Vsaka od navedenih faz ima neposredne negativne vplive na okolje in človeka, hkrati pa porabi energijo

Vir: Zbašnik-Senegačnik, 2008, 2

Energetsko varčna hiša, zgrajena z eko materiali, pomeni zasnovo, ki upošteva izbor gradiv in tehnologij gradnje, ki so za ljudi in okolje prijazni ter v svojem celotnem življenjskem ciklusu nimajo negativnega vpliva na okolje. Poudarek je na izboru okolju prijaznih, razgradljivih, tehnološko učinkovitih in obnovljivih materialih, proizvedenih z minimalno količino uporabljene energije, izbiri obnovljivih virov ogrevanja, kot je na primer sončna energija, ter predstavlja predvsem način gradnje, ki varčuje z energijo na vseh ravneh (Zbašnik-Senegačnik, 2008, 6).

Energetsko učinkovita gradnja z uporabo eko materialov je gradnja prihodnosti, ekološko neoporečna in je ponekod v Evropi že nekaj časa uveljavljena. Pojem gradnje energetsko učinkovite hiše predvideva:

- izvedbo, ki dopušča nekoliko več svobode in ne zahteva zadnjih dosežkov tehnike;
- uporabo okoljsko neoporečnih materialov, ki v proizvodnem procesu ne potrebujejo veliko energije;
- dobro toplotno zaščito, uporabo paroprepustne in voodoodporne toplotne izolacije, ki zagotavlja prevajanje kondenza preko stene navzven;
- ustrezni izbor fasadnega zaključnega sloja, ki mora prav tako omogočati prehod kondenza;
- izbor glavnega konstrukcijskega materiala, kot je les, ki je obnovljiv gradbeni material;
- nizko toplotno prehodnost (U-vrednost) konstrukcije – predvidoma $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- ustrezno kvaliteto in debelino toplotne izolacije ovoja stavbe, ki pozimi zmanjša izgube, poleti pa preprečuje prekomerno pregrevanje;
- toplotno stabilnost stavbe in zrakotesnost objekta;
- uporabo obnovljivih virov energije za ogrevanje in hlajenje;
- upoštevanje dodelanih tipiziranih detajlov v izogib toplotnim mostovom in kondenzaciji;
- uporabo eko materialov, ki omogočajo zdravo mikroklimo;
- ugoden oblikovni faktor, kompaktno obliko in pravilno orientacijo;
- čim manjše površine ovoja glede na volumen hiše;
- zaključen toplotni ovoj hiše;
- porabo $\leq 30 \text{ kWh/m}^2$ toplote za ogrevanje;
- kontrolirano prezračevanje;
- vgradnjo kakovostnih oken, s skupno toplotno prehodnostjo $U \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$;
- vgradnjo stavbnega pohištva po smernicah RAL.

Za sodobno energetske varčno montažno hišo, izdelano iz eko materialov, so značilne številne dobre lastnosti, kot npr. predvsem možna uporaba avtohtonega lesa, hitrost gradnje, trajnost, dobre gradbeno-fizikalne lastnosti, bistveno manjša poraba energije že pri proizvodnji materialov, predvidenih za vgradnjo, majhna teža konstrukcije ustreza gradnji na slabo nosilnih tleh, dobra potresna varnost, več uporabne stanovanjske površine v primerjavi s klasično gradnjo ob enakih zunanjih gabaritih, ekološka ustreznost z možnostjo reciklaže vgrajenih materialov, ogrevanje na obnovljive vire energije, zdravo bivalno okolje, na podlagi izkušenj dodelani izvedbeni detajli (Boršič, 2008, 8-12).

Visoka kvaliteta tovrstne gradnje montažnih objektov je možna zaradi izdelave montažnih elementov v proizvodnji, ob kontrolirani klimi in suhih prostorih, kjer so pogoji dela neprijemno ugodnejši kot na gradbiščih, zagotovljena je večja natančnost, vpeljane so interne kontrole kakovosti vgrajenih materialov ter zunanje kontrole s strani neodvisnih institucij.

Z gradnjo energetske varčnih in okolju prijaznih stanovanjskih hiš prispevamo k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov in hkrati privarčujemo pri letni porabi energije. Področje energetske varčne gradnje v Sloveniji sledi evropski direktivi o energetske učinkovitosti stavb in je v Slovensko zakonodajo prenesena preko več zakonskih in podzakonskih aktov.

2.2 Okoljsko osveščena gradnja

Zdrave sodobne ekološke energetske varčne hiše so zgrajene tako, da ne škodijo okolju, temveč se mu prilagajajo in pomagajo obnavljati. Zdravje in ekologija se združujeta v sodobni ekološki arhitekturi, ki je neškodljiva in razpolaga z vedno večjim izborom naravnih in ekoloških gradiv. Povečuje se zanimanje za tradicionalne gradbene materiale in za odpadne materiale, ki se reciklirajo v sodobna gradiva, s katerimi učinkovito nadomeščamo materiale, ki so izdelani z veliko porabo fosilne energije. Če spremenimo hišo v reciklažni sistem in uporabljamo naravne vire skrbno in ekonomično, postane hiša kot je bila nekoč, del lokalnega ekosistema, ki pomaga k njegovemu zdravju in ohranjanju.

Energetske varčna ekološka gradnja se začne pri izboru lokacije, izbiri ekoloških gradbenih materialov in se konča pri odlaganju odpadnih snovi in njihovi predelavi ter ponovni uporabi po preteku amortizacijske dobe zgradbe.

Temeljna načela ekološko varčne gradnje so, da za gradnjo porabimo manj energije, manj onesnažimo naravo in je ne zmotimo v njenem naravnem ritmu. Pomembno je, da se ustvari čim manj hrupa, dima, prahu, odpadkov, smrada, sekanja dreves in da se ne izvaja globokih izkopov z velikimi količinami betona, ki bi povzročili spreminjanje prvotne oblike zemljišča. Pri izgradnji takšne hiše se ne poseže grobo in nepovratno v naravno okolje, saj se vanjo vgrajujejo ekološki in naravni gradbeni materiali, ki niso prekriti s strupenimi umetnimi barvami in plastičnimi oblogami. Ker je osnovno poslanstvo takšne hiše odnos do okolja in varčevanje z energijo na vseh ravneh, se tudi energija za bivanje črpa iz narave, in sicer iz obnovljivih virov energije, kot so sonce, voda in veter (Pearson, 1994, 69).



Slika 2: Primer izgradnje hiše, kjer se ne poseže grobo in nepovratno v naravno okolje. Globokih izkopov, ki bi povzročili spreminjanje prvotne oblike zemljišča, ni potrebno izvajati.

Vir: <http://www.krageljarhitekti.si/individualna-gradnja/>, dne 18.11.2010

<i>SEZNAM KRITERIJEV OKOLJSKO OSVEŠČENE GRADNJE</i>
➤ LOKACIJA, ORIENTACIJA IN OBLIKA V SKLADU NARAVNE PODOBE POKRAJINE
➤ NAČRTOVANA UPORABA ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH VIROV
➤ NAČIN BIVANJA, KI NE OBREMENJUJE OKOLJA
➤ UPORABA LESA KOT OSNOVNEGA KONSTRUKCIJSKEGA MATERIALA
➤ ZAGOTAVLJANJE POGOZDOVANJA IN VAROVANJE ZELENIH POVRŠIN
➤ GRADNJA Z EKO MATERIALI
➤ UPOŠTEVANJE OMEJENOSTI NARAVNIH VIROV
➤ RAZUMNA OMEJITEV PRI NAČRTOVANJU UPORABNE STAN. POVRŠINE cca. 35 m ² / OSEBO
➤ TOPLOTNA HIERARHIJA PROSTOROV NA OSNOVI USTREZNE ORIENTACIJE
➤ UČINKOVITA RABA PITNE VODE, RABA DEŽEVNICE, PREČIŠČEVANJE ODPADNIH VODA
➤ ODDALJENOST OD DALJNOVODOV ZARADI ELEKTROMAGNETNIH POLJ
➤ SPREMEMBA GRADBENE KULTURE IN UPOŠTEVANJE NOVIH VARNIH TEHNOLOGIJ
➤ IZGRADNJA KAKOVOSTNE EKOLOŠKE HIŠE, V KATERI SE LAHKO ŽIVI CENEJE

Tabela 1: Kriteriji okoljsko osveščene gradnje

Vir: 1. <http://montazne-hise-on.net/ekoloske-hise.html>, dne 10. 9. 2010

Gradbeni predpis, ki okoljsko osveščeno gradnjo opredeljuje v smislu varčevanja z energijo in ohranjanja toplote, je Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. V tem pravilniku in v Tehnični smernici o učinkoviti rabi energije so določene zahteve ter pogoji za učinkovito rabo energije v stavbah s področja zagotavljanja deleža obnovljivih virov energije v objektih, toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja, priprave tople pitne vode, razsvetljave ter načina izračuna energijskih lastnosti stavbe.

V podporo energetske varčni gradnji se je vključila tudi država z Eko skladom, s pomočjo katerega uresničuje nacionalni načrt za energetsko učinkovitost stavb. Eko sklad je slovenski okoljski javni sklad, ki s financiranjem v obliki ugodnih kreditov, nepovratnih sredstev in poroštev vzpodbuja naložbe s področja varstva okolja, izrabo obnovljivih virov energije ki

dajejo okoljske učinke, ter ostale okoljske naložbe, ki so skladne z nacionalnim programom varstva okolja in z okoljsko politiko Evropske unije.

V Sloveniji je po skoraj dveletnem obdobju izvajanja razpisov Eko sklada opazen dvig zanimanja za okolju prijaznejše gradnjo, prepoznavnejša sta pojma, kot je nizkoenergetska in pasivna hiša, organizirana so strokovna izobraževanja, objavljajo se članki in prispevki v strokovnem in poljudnem tisku, bistven je napredek stroke, ki se na povečano povpraševanje s konkurenčno ponudbo ustrezno odziva, in čedalje obsežnejša ponudba gradbenih materialov, ustreznih za ekološko-energetsko varčno gradnjo.

2.3 Ekološka izbira gradiv

V zgodovini, pred razvojem transporta, so se uporabljali materiali za hiše, ki so bili na razpolago v bližnji okolici. To so bili predvsem les, kamen, glina, trsje in slama. Z razvojem transporta se je pričel proces odtujevanja od lokalnih materialov, industrijska revolucija je ta proces odtujevanja pospešila, pojavili so se novi materiali, kot so jeklo, železo in beton. Vzporedno je kemična industrija pričela proizvajati materiale na petrokemični bazi, katerih sestavo je včasih težko ugotoviti, saj so mešanica večih sintetičnih snovi. Ti materiali so ceneni in s tem neprimerno cenovno bolj dostopni, vendar zelo potratni v fazi izdelave in odstranitve, nekateri pa celo povzročajo v svojem življenjskem ciklusu strupene emisije, obremenjuje bivalne prostore in s tem negativno vplivajo na zdravje stanovalcev (Pearson, 1994, 126).

Zdravo bivalno okolje in težnja po trajnostni gradnji prispevata k vračanju uporabe naravnih in eko materialov. Določen gradbeni material za gradnjo se imenuje ekološki takrat, kadar skozi svoj celotni življenjski cikel maksimalno ohranja okolje, z malo odpadnimi snovmi in takšni, ki jih je možno reciklirati in ponovno uporabiti, kar pripomore k prihranku energije ter nepotrebne predelave novih surovin. Ekološki materiali morajo biti okolju prijazni, trajni z dolgo življenjsko dobo, ne smejo onesnaževati okolja s škodljivimi hlapi ali delci, biti morajo energetsko učinkoviti in proizvedeni v dobrih delovnih pogojih za pošteno plačilo. Z vgradnjo ekoloških gradbenih materialov se privarčuje energija pozimi in poleti, saj s pravilno vgradnjo objekt porabi minimalno količino energije za ogrevanje in hlajenje. Kvalitetni ekološki materiali so paropropustni in hkrati vodoodporni, omogočajo pretok pare-kondenza preko zunanjih sten navzven, kar posledično ugodno vpliva na mikroklimo v bivalnih prostorih.

Po končani uporabi se ekološki gradbeni materiali lahko reciklirajo ali kompostirajo, tako da po zaključeni življenjski dobi ne ogrožajo okolja kot nevaren oziroma nerazgradljiv odpadek. Ekološka montažna gradnja ni samo novodobni trend, temveč pomeni tudi nov odgovornejši odnos ljudi do trajnostnega razvoja. V prihodnosti ne bo pomembna samo cena energije, temveč tudi ravnanje z odpadki, vpliv izdelave gradiv na onesnaženost okolja in zraka, saj vsako gradivo od nekega izvira, njegovo pridobivanje pa ima okoljske posledice. Z uporabo ekoloških gradbenih materialov se izboljša toplotna stabilnost hiš, nihanja zunanjih temperatur manj vplivajo na temperaturo v notranjosti, zmanjša se poraba energije za ogrevanje in hlajenje, podaljša se obstojnost lesene konstrukcije, kar skupaj doprinese k dolgoročni skrbi za okolje. Takšna gradnja hiš je lahko povsem enostavna in posledično cenovno ugodna, hkrati pa trajna s čim manjšimi stroški vzdrževanja. Za doseganje zgoraj navedenih parametrov je potrebno izbrati ustrezne materiale, ki imajo naslednje tehnične karakteristike:

- ✓ čim nižja toplotna prevodnost materiala ($\lambda = \text{W/mK}$), saj je pomembno, da izgubimo skozi materiale, ki nas obdajajo, čim manj energije;
- ✓ čim višja specifična toplota materiala ($c = \text{J/kgK}$), saj je dobro, da materiali akumulirajo čim več energije;
- ✓ čim nižja difuzijska upornost prehoda vodne pare (μ), ki skupaj z debelino materiala pove, s kakšnim uporom prehaja vodna para skozi posamezen material ($S_d = m$);
- ✓ čim višja masa materiala (kg/m^3), saj skupaj s specifično toploto materiala vpliva na toplotno stabilnost stavbe.

Ekološki gradbeni materiali vplivajo na bivalno ugodje v hišah, zato je pomembno, iz katerih materialov je hiša zgrajena. Na tržišču je vedno pestrejša ponudba ekoloških in naravnih materialov, povečuje se zanimanje za energetske varčne gradnje, ki jo država podpira in subvencionira, zato je za udeležence v procesu gradnje pomembno spremljanje novih gradbenih proizvodov in obiskovanje dogodkov o novostih (Leskovar, 2010, 38-45).

NAZIV MATERIALA	BISTVENE LASTNOSTI MATERIALA	FAZNI ZAMIK minut /cm
LES	✓ DOBRA UPOGIBNA IN TLAČNA TRDNOST ✓ LOKALNA PRISOTNOST MATERIALA ✓ IZBOLJŠUJE PROSTORSKO KLIMO ✓ HITRA GRADNJA	40
OSB/3 PLOŠČA deb. 12,15,18,22 mm	✓ IZREDNO DIMENZIJSKO STABILNE LESNE PLOŠČE ✓ IZDELANE IZ LESA IGLAVCEV ✓ ODLIKUJE JIH IZJEMNA TRDNOST ✓ UPORABNE ZA KONSTRUKCIJO IN DEKORACIJO	43
AGEPAN THD deb. 40,60,80 mm	✓ LESNOVLAKNENA SEKUNDARNA KRITINA ✓ ODLIKUJE JIH VISOKA TRDNOST ✓ SO VODOODBOJNE, ZAŠČITENE S PARAFINOM ✓ PAROPREPUSTNE IN VETRNO TESNE	44
FERMACELL PLOŠČE 15 mm	✓ GRADBENE PLOŠČE, KI NUDIJO PROTIPOŽARNO ZAŠČITO ✓ ODPORNE NA UDARCE ✓ IZDELANE IZ MAVCA, PAPIRNIH VLAKEN IN VODE ✓ PRENAŠAJO VELIKE MEHANSKE OBREMENITVE	27
GIPS PLOŠČE deb. 12,5 in 15 mm	✓ MAVEC V PLOŠČAH URAVNAVA ZRAČNO VLAGO ✓ KARTON ZAGOTAVLJA UPOGIBNO IN NATEZNO TRDNOST ✓ TOPLOTNO IN ZVOČNO IZOLATIVNE ✓ TOPLE NA OTIP IN DAJEJO OBČUTEK UDOBJA	26
LESNO IZOLACIJSKE PLOŠČE d = 20 cm	✓ IZDEL. IZ LESNIH VLAKEN IN POVEZANE Z LIGNINOM ✓ DOBRA TOPLOTNA IZOLACIJA ✓ DIFUZIJSKO ODPRTA-PREPUŠČA VODNO PARO ✓ DOBRE ZVOČNO IZOLATIVNE LASTNOSTI	48
CELULOZNA TOPLOT. IZOL. TRENDISOL deb. 20 cm	✓ IZDEL. IZ RECIKLIRANEGA MATERIALA, IZ ZMLETEGA ČASOPISNEGA .PAPIRJA-ZA IZDELAVO NI POTREBNIH NOVIH SUROVIN, KAR POVEČUJE EKOLOŠKO VREDNOST ✓ URAVNAVA VLAGO V PROSTORU ✓ FLEKSIBILNA TOPLOTNA IN ZVOČNA IZOLACIJA	26

Tabela 2: Sklop eko materialov za leseno montažno hišo z opisi lastnosti materiala in s faznim zamikom

Vir: <http://ss1.spletnik.si/000/000/0d0/e0a/Prednosti%20eko%20materialov%20pri%20gradnji%20lesenih%20hix9a.pdf>, dne 9. 10. 2010

V svetu se vedno bolj uveljavlja kritična presoja celotne energetske bilance posamezne hiše. Energetska bilanca – življenjski cikel uporabljenih materialov in tehnologij pomeni kritično presojo vseh faz, ki so potrebne za izgradnjo hiše – od pridobivanja surovin, izdelave gradbenih materialov, izgradnje in potrošnje energije zgrajene hiše. Učinkovita energetska bilanca se zagotovi s pravilno izbiro gradiva in načinom njegove vgradnje.

3 NAČRTOVANJE IZGRADNJE ENERGETSKO VARČNE HIŠE

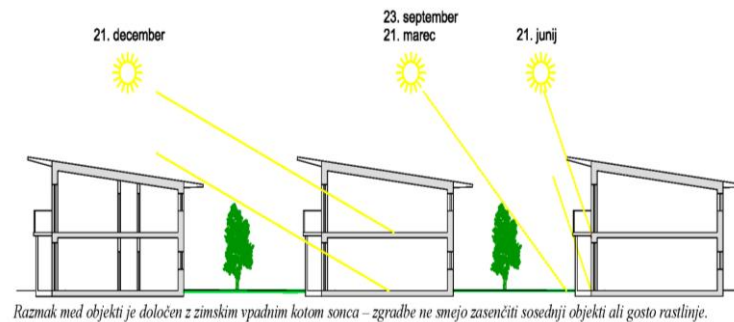
3.1 Lokacija, orientacija in oblika zgradbe

Izbira ustrezne lokacije in lege hiše pomembno vplivata na kasnejšo porabo energije ter na povečanje ali zmanjšanje toplotnih izgub hiše. Kriteriji za izbor lokacije gradbene parcele energetske varčne hiše vključujejo:

- ❖ dobro umeščena energetska varčna hiša izkoristi naravne danosti lokacije, obliko pokrajine, vodo, drevesa, lokalne vetrove, kar zmanjša stroške ogrevanja in hlajenja;
- ❖ ocenitev ustreznosti reliefa in oblike parcele za umestitev ekološke energetske varčne hiše;
- ❖ primerna lokacija za ekološko hišo je področje, kjer infrastruktura že obstaja;
- ❖ preveritev komunalne opremljenosti parcele – možnost priključkov, urbanistične omejitve (občinski prostorski plani) in upoštevanje posebnosti lokalnih razmer;
- ❖ širše značilnosti področja, na primer različne značilnosti med posameznimi pokrajinami;
- ❖ preveritev bližine trgovine, šole, zdravstvenega doma;
- ❖ lega lokacije v pokrajini, nagib in vrsta tal ter vodni in energetski tokovi;
- ❖ gradnja na nedotaknjeni lokaciji sredi narave je neekološka;
- ❖ osončenost lokacije, senčnost, izpostavljenost vetru, megli in vlagi;
- ❖ preveriti morebitne vire onesnaževanja, hrup, daljnovodi, telekomunikacijski oddajniki in živalske farme;
- ❖ pomembna je ocena klimatskega območja lokacije, morebitno zavetrje in bližini gozda;
- ❖ preveritev dovoza, odmik od sosednje stavbe ter ocena morebitne osenčenosti s strani sosednje stavbe;
- ❖ preveritev naravnih geopatogenih sevanj (odvisno od vrste tal, podtalnice, vlažnosti zraka, prisotnost radioaktivne rude v zemlji);
- ❖ preveritev na Upravni enote občine, ali je gradbeni poseg izvedljiv, možnost pridobitve gradbenega dovoljenja;
- ❖ idealno zemljišče je suho, ravno ali rahlo nagnjeno proti jugu, jugozahodu ali jugovzhodu;
- ❖ cenovna dostopnost lokacije.

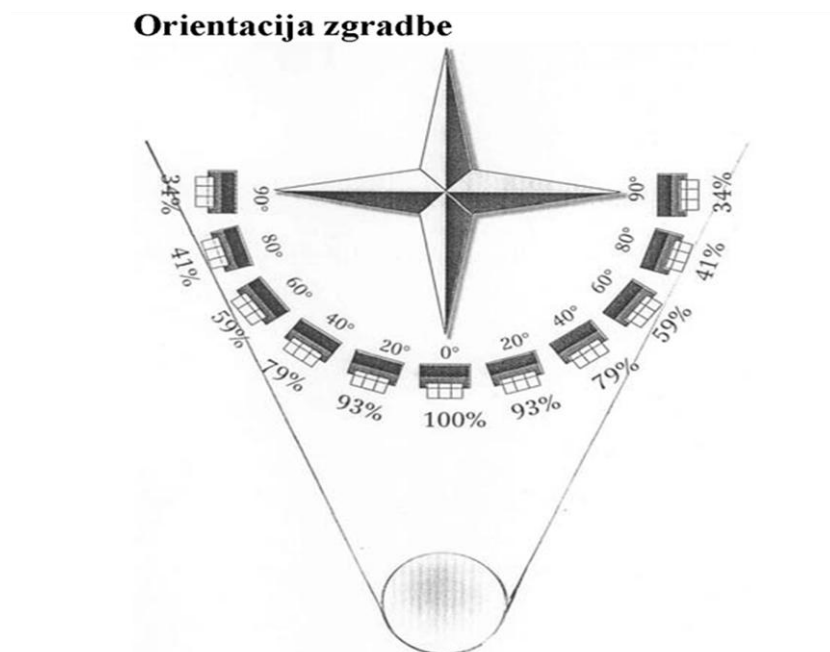
3.1.1 Orientacija energetsko varčne hiše

Orientacija in premišljeno načrtovana umestitev energetsko varčne hiše ima velik pomen zaradi izrabe dobitkov sončnega sevanja in kasnejšega ohranjanja energije v hiši. Pomembna je obrnjenost proti soncu, orientiranost daljše stranice hiše proti jugu, ustrezna oddaljenost od sosednjih stavb in večjih dreves, ki bi lahko zasenčila hišo in s tem zniževala učinkovitost dobitkov sončnega sevanja ter dimenzioniranje razmakov med hišami glede na nizki vpadni kot zimskega sončnega sevanja (Zbašnik-Senegačnik, 2007, 37).



Slika 3: Razmak med objekti. Hiš ne smejo zasenčiti sosednji objekti

Vir: Zbašnik Senegačnik, 2007, 37

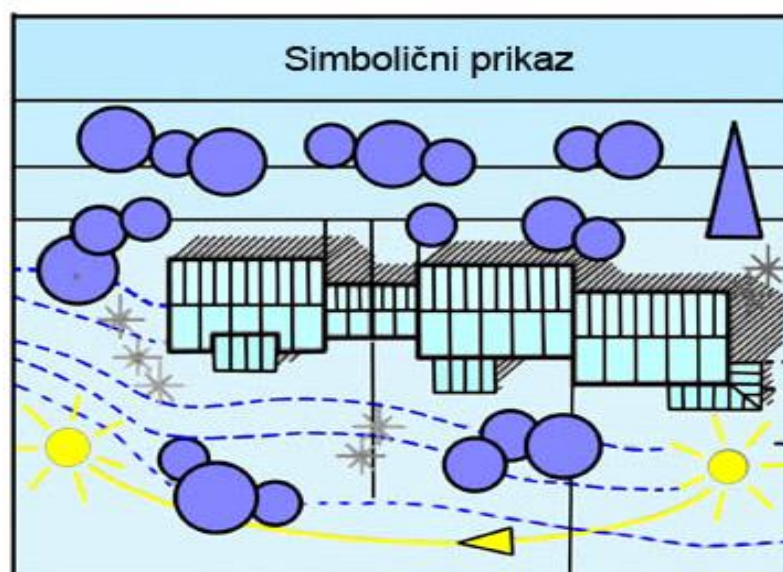


Slika 4: Izraba sončnega sevanja pri različnih orientacijah

Vir: Zbašnik-Senegačnik, 2008, 25

Dobitki sončnega sevanja so odvisni od orientacije fasade, letnega časa in dnevnega gibanja sonca. Za izrabo sončne energije je najugodnejša južna orientacija, kar bistveno pripomore k večji izrabi sončne energije in k večjemu prihranku energije za ogrevanje. Pomembna je tudi smer slemena vzhod-zahod, ki omogoča postavitev sprejemnikov sončne energije na južno streho.

Prav tako je bistven maksimalen izkoristek naravnih danosti parcele, zato so na južni fasadi dnevni prostori, za katere se predvideva višja temperatura in velike okenske odprtine, ki omogočajo pasivno dogrevanje s sončno energijo v zimskem času. Doprinos k prihranku energije prispeva tudi lokacija hiše na parceli in ureditev oziroma zasaditev dreves. Zaradi tega je ob južni, vzhodni in zahodni fasadi primerna zasaditev listnatih dreves, ki v poletnih mesecih nudijo zaščito pred soncem, pozimi, ko listje odpade, pa sonce lahko nemoteno sije na hišo. Na severni strani se priporoča zasaditev z iglavci, ki nudijo zaščito pred vetrom in soncem celo leto.



Slika 5: Prikaz situacijskega načrta z osončenjem, zasaditvijo in vetrno zaščito

Vir: <http://www.erevija.com/clanek/1038/Energijsko-zavestna-arhitektura>, dne 3.11.2010

Toplotne izgube skozi stene so večje tam, kjer je večja temperaturna razlika med notranjo in zunanjo površino, zato se na severni strani in severovzhodu, kjer je temperatura na zunanji steni najnižja, predvidijo prostori, kot so shrambe, stopnišča in sanitarni prostori z minimalnimi okenskimi odprtinami in dopustno nižjo temperaturo. Takšna orientacija in razporeditev notranjih prostorov varuje hišo pred nepotrebni toplotnimi izgubami.

3.1.2 Oblika energetske varčne hiše

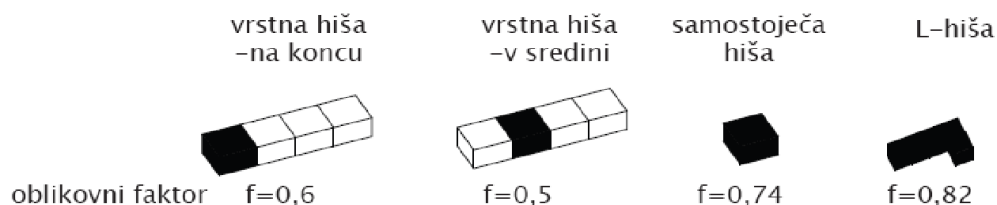
Oblika hiše je zelo pomembna z vidika varčne rabe energije, saj razgibana oblika hiše prinaša tudi večjo porabo energije, zato so energetske varčne hiše praviloma enostavne in oblikovane tako, da v čim večji meri izkoriščajo naravne danosti okolja, zavetja, podnebnih posebnosti in sončno energijo.

Oblikovanje objektov določajo prostorski akti, ki veljajo na posameznih območjih. Izven mest prostorski akti ščitijo arhitekturno tipologijo, zato se morajo novogradnje temu prilagajati, kar je pomembno z vidika varovanja arhitekturne dediščine in ohranjanja slovenske arhitekturne tipologije. To pa je včasih ovira pri oblikovanju in umeščanju energetske varčne hiše v prostor, saj lahko prilagajanje obstoječemu urbanizmu pomeni povsem nepravilno orientacijo glede na osončenje.

Največ toplote hiša izgublja skozi zunanji ovoj, zato pomenijo večje površine zunanjega ovoja glede na notranji volumen tudi večje toplotne oziroma transmisijske izgube. Razmerje med površino zunanjega ovoja in neto ogrevano površino hiše se izraža s faktorjem oblike, ki je najugodnejši v primeru, če je hiša enostavna in kompaktna, kot je na primer hiša, podobna kocki, osemkotniku, hiša okroglih in elipsastih oblik, ugoden faktor oblike pa ima tudi vrstna gradnja. Razmerje med zunanjimi stenami hiše in njenim volumnom mora biti čim bolj ugodno, zato se je potrebno izogibati razčlenjenosti hiše in elementom, ki povzročajo nepotrebne toplotne mostove.

Oblikovni faktor je razmerje med celotno zunanjo površino stavbe A (m^2) in ogrevano prostornino stavbe V_e (m^3), kar izrazimo z enačbo $f_0 = A/V_e$ (m^{-1}).

OBLIKOVNI FAKTOR PO OBLIKI



Slika 6: Oblikovni faktorji po obliki

Vir: Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije, uravnavanje prostorskih oblik z urbanističnimi načrti, 2009

3.2 Uporaba obnovljivih virov energije

Zgodovinski začetki uporabe energije so povezani z uporabo obnovljivih virov energije, kot so kurjenje biomase, uporaba hidroenergije za transport in mline ter energija vetra za mline in črpanje vode. Obnovljivi viri energije (OVE), kot so voda, veter in biomasa, so bili do začetka industrijske dobe sredi osemnajstega stoletja najpogostejši energetski viri (Pearson, 1994, 78).

Teoretična spoznanja in iznajdbe naprav za izkoriščanje fosilnih goriv so privedla do civilizacije kot jo poznamo danes. Prvo večje zanimanje za obnovljive vire energije se je pričelo sredi sedemdesetih let prejšnjega stoletja ob nastanku politične naftne krize. Zaradi velike porabe fosilnih goriv so v naravi pričele nastajati spremembe, ki so bile značilne za desettisočletja. Zato se je uveljavilo spoznanje, da je mogoče naravo ohraniti z zmanjšanjem porabe in zamenjavo fosilnih goriv z okolju prijaznejšimi energetskimi viri, ki se v naravi obnavljajo.

Obnovljivi viri energije so viri energije, ki se v naravi ohranjajo in večinoma obnavljajo, imajo velik potencial in neomejeno trajnost. Pomembna značilnost za obnovljive vire energije je tudi sorazmerno pravična in enakomerna porazdelitev brez geopolitičnih ovir. V kolikor je neka oblika energije v posamezni deželi neizrazita, je običajno ta dežela bogata s kakšnim drugim obnovljivim virom energije, kot na primer Slovenija, ki ima potencial vetra sorazmer-

no majhen, potencial vodne energije, sončnega sevanja, biomase in geotermalne energije pa sorazmerno velik. Obnovljivi viri energije imajo časovno spremenljivo moč, razen biomase jih ni možno shraniti z naravnimi sistemi, ki bi omogočali rabo energije takrat, ko bi jo potrebovali. Za shranjevanje energije obnovljivih virov v obliki notranje kemične, kinetične ali potencialne energije se uporabljajo različni sistemi in tehnologije, kar njihovo izkoriščanje znatno podraži. Njihova značilnost je tudi nizka gostota moči. Zaradi tega morajo biti naprave pri enaki imenski moči precej večje od naprave, v kateri se uporabljajo fosilna goriva.

Med obnovljive vire energije sodijo:

- ✓ voda – hidroenergija;
- ✓ sončna energija;
- ✓ biomasa;
- ✓ energija vetra;
- ✓ geotermalna energija.

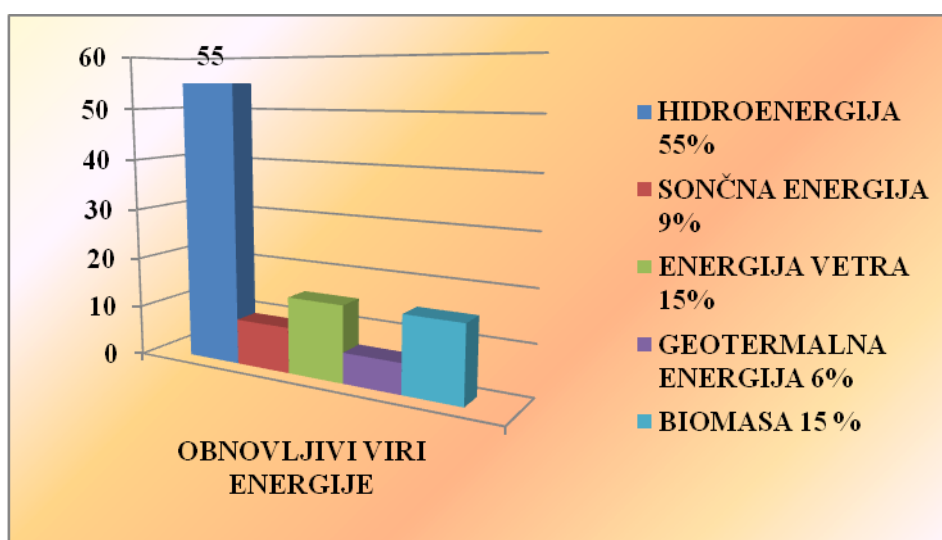


Tabela 3: Globalni trg – obnovljivi viri energije s prihodki, 2010

Vir: <http://marketsandmarkets.wordpress.com>, dne 15.11.2010

3.2.1 Voda – hidroenergija

Voda je eden od najpomembnejših in najstarejših obnovljivih virov energije. V zgodovini je hidroenergija namesto človeka opravljala fizično delo, predvsem kot direkten pogon mlinov, žag in vodnih koles za namakanje polj. Izkoriščanje hidroenergije v energetske namene se je skozi stoletja večalo in izpopolnjevalo do danes, ko se hidroenergija uporablja predvsem za pridobivanje električne energije.

Hidroenergija je trenutno najpomembnejši obnovljivi vir energije na svetu, vendar se povečanje uporabe tega vira energije ne predvideva zaradi velikega vpliva na okolje, sprememb vodnih tokov, sprememb klime, sprememb prostora in vpliva na rastline in živali. Pozitivne lastnosti hidroenergije so: je obnovljiv vir energije za proizvodnjo električne energije, ki ne onesnažuje okolja, zmanjšuje učinek tople grede, dolga življenjska doba in relativno nizki stroški obratovanja.

Voda je prav tako učinkovit prenašalec in skladišče toplote, uporablja se pri številnih oblikah ogrevanja in hlajenja.

Zbiranje deževnice: vsa voda, ki pade na hišo, se spelje v rezervoarje. Takšna voda ni pitna, je pa primerna za pranje, stranišča in vrt (Pearson, 1994, 84).



Slika 7: Neprestano kroženje vode zaradi sončnega obsevanja se imenuje hidrološki krog.

Hidroenergija je del hidrološkega kroga in spada med obnovljive vire energije

Vir: <http://www.he-moste.sel.si/index.php?id=24>, dne 12.11.2010

Recikliranje odpadne vode: preko mehanskih ali bioloških filtrov se voda iz gospodinjstva spelje v cisterno in se lahko uporablja na vrtu ter stranišču pod pogojem, da odpadna voda, ki gre v sistem recikliranja, ne vsebuje škodljivih in toksičnih snovi, katerih ni možno filtrirati in ponovno uporabiti.

3.2.2 Sončna energija

Sončna energija je neizčrpen osnovni energijski vir, ki prihaja na Zemljo v obliki kratkovalovnega elektromagnetnega valovanja, kjer se pretvarja v toploto in posredno v druge oblike energije, kot so vodna, vetrna energija in biomasa. Sončna energija je čista, neizčrpna in donosna obnovljiva energija, ki ne onesnažuje okolja in je brezplačna.

Glede na njen potencial in dostopnost zagotovo predstavlja energijo prihodnosti, saj predstavlja domači vir energije in lahko pripomore k zmanjšanju uvoza fosilnih goriv, kar je skladno tudi s smernicami EU na področju ekologije.

Sončno energijo lahko, v odvisnosti od količine sončnega sevanja, izkoriščamo na več načinov, in sicer:

- ✓ pasivna raba sončne energije preko gradbenih elementov, kot so okna in stekleniki;
- ✓ aktivna raba sončne energije preko sončnih kolektorjev za pripravo tople vode in ogrevanje;
- ✓ fotovoltaika – proces pretvorbe sončne energije neposredno v električno energijo preko sončnih celic.



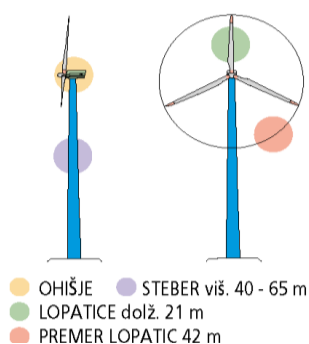
Tabela 4: V Sloveniji znaša letno povprečno obsevanje sonca na kvadratni meter 950 kWh/leto, kar je primerljivo s kalorijsko vrednostjo 100 litrov nafte
Vir: <http://www.solarni-sistemi.si/zakaj-solar>, dne 15.11.2010

Prednosti uporabe sončne energije za proizvodnjo toplote so: znižani stroški priprave tople vode in ogrevanja ter s tem manjša poraba fosilnih goriv, zmanjšanje emisij CO₂, preizkušen in zanesljiv obnovljivi vir energije, neizčrpen vir energije, dostopen vsem, in enostavno vzdrževanje sistema.

Slabosti izkoriščanja sončne energije: različno sončno obsevanje posameznih lokacij in cena električne energije, pridobljene iz sončne energije, ki je veliko dražja od proizvedene iz tradicionalnih virov (Medved, Novak, 2000, 45)

3.2.3 Vetrna energija

Vetrna energija oz. njena uporaba je stara skoraj toliko kot civilizacija. Uporabljala se je kot pogonska energija za ladje, črpanje vode in za pogon mlinov. Danes se vetrna energija uporablja za proizvodnjo električne energije preko vetrnih elektrarn – vetrnic. Vetrna energija je čista, učinkovita in najhitreje razvijajoč se obnovljiv vir energije, ki je smiselna na področjih, kjer vetrovi dosegajo konstantno visoke hitrosti. Uporaba vetrne energije je enostavna, stroški so predvidljivi in neodvisni od nihanja cen goriv, energijski vir je obilen ter ne povzroča škodljivih emisij. Slabosti pridobivanja vetrne energije so v povzročanju hrupa v svoji bližini in vizualni vpliv na okolje zaradi velikosti vetrnih elektrarn.



Slika 8: Vetrna elektrarna pretvarja energijo vetra v električno energijo

Vir [http:// www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_5-04.PDF](http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL_5-04.PDF), dne 8.12.2010

3.2.4 *Biomasa*

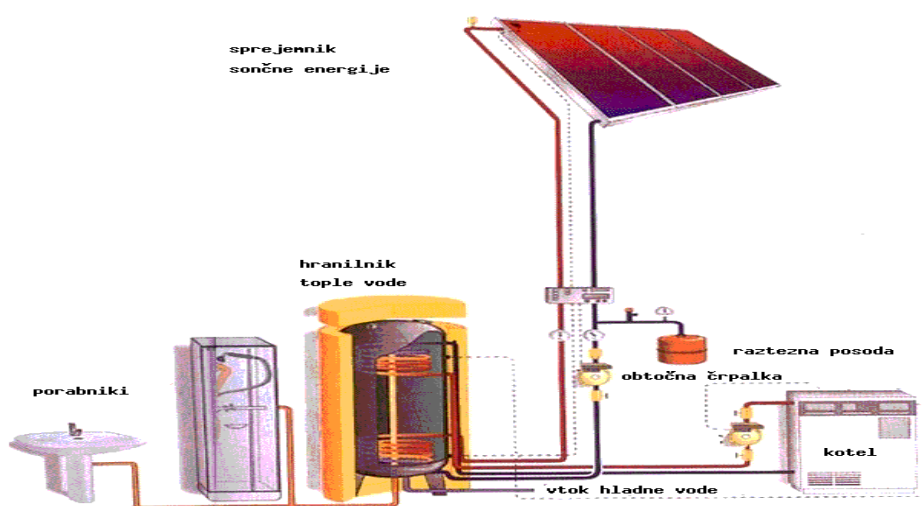
Biomasa je naraven material oz. uskladiščena sončna energija, ki se uporablja za pridobivanje toplote, za ogrevanje in proizvodnjo električne energije. Spada med obnovljive vire energije. Njena količina ni neomejena, vendar se ob ustreznem gospodarjenju gozdovi obnavljajo. Najbolj uporabljana je lesna biomasa v obliki lesa iz gozda, ki prispeva tudi k čiščenju gozda ob predpostavki, da so peleti posledica vzdrževanja in čiščenja gozda. Ostale oblike biomase so še odpadni les iz industrije in odpadnih lesnih proizvodov, trave, energetske rastline in rastlinska olja. Les, obdelan s premazi, lepili in barvili ni primeren za izdelavo biomase. Biomasa v obliki peletov oz. sekancev je najbolj razširjen in znan obnovljiv vir energije, saj sta tehnologija in logistika izrabe zelo podobna kot pri do sedaj uporabljenih naftnih energentih.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v 16. členu navaja, da je energijska učinkovitost stavbe dosežena (poleg zahtev iz 7. člena) v kolikor se najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotavlja z uporabo obnovljivih virov energije, in sicer: 25 odstotkov iz sončne energije, 30 odstotkov iz plinaste biomase, 50 odstotkov iz trdne biomase in 70 odstotkov iz geotermalne energije.

3.3 Sprejemniki sončne energije – sončni kolektorji

Sprejemniki sončne energije so naprave, ki zbirajo sončno energijo in z njo grejejo prenosni medij, so okolju prijazen, preprost način pridobivanja energije, od njihove vrste in načina delovanja pa je odvisno, kolikšen del sončne energije so sposobni sprejeti. Glede na tip sprejemnika sončne energije se lahko do okoli 75 % sončnega sevanja pretvori v koristno toploto. Za vgradnjo sprejemnikov sončne energije potrebujemo podatek o količini sončne energije, ki je na voljo na lokaciji izgradnje hiše in je odvisna od letnega časa ter geografskih in meteoroloških značilnosti. Na področju Slovenije je letno sončno obsevanje med 1000 in 1500 kWh/m² (ustreza vsebnosti energije cca. 120 litrov kurilnega olja), ki pa je večinoma na voljo od aprila do oktobra. Torej se razpoložljiva energija sončnega obsevanja časovno ne pokriva s potrošnjo, zato se toplota shranjuje v hranilnikih toplote.

Osnovni pogoj za nameščanje in izkoriščanje sončne energije je ustrezna lega hiše, ki ne sme biti v senci drugih objektov, gozda, hriba in podobno. Sprejemniki sončne energije se nameščajo predvsem na strehe, obrnjene proti jugu, dopustni smeri sta tudi jugovzhod in jugozahod, in pomožne objekte, kot so garaže. Pomembno je predvsem, da so postavljeni pod ustreznim nagibnim kotom, ki je med 35 in 60 stopinj, glede na zemeljsko površino, ter da so v bližini hranilnika toplote. Njihova učinkovitost je večja, če sončni žarki padajo na njihovo površini čim bolj pravokotno.



Slika 9: Sprejemnik sončne energije

Vir: <http://www.lecad.fs.uni-lj.si/~leon/software/javascript/f-chart.html>, dne 15.12.2010

Sprejemniki sončne energije se večinoma uporabljajo za ogrevanje sanitarne vode. Z njimi je v poletnih mesecih možno zagotoviti vso potrebno energijo za ogrevanje sanitarne vode, pozimi pa se mora voda dogrevati. Uporabljajo se lahko tudi za ogrevanje hiš, kar pa v naših vremenskih razmerah ni ekonomično.

Za shranjevanje toplote, pridobljene s sprejemniki sončne energije, se uporabljajo hranilniki toplote. Kratkotrajni hranilniki se uporabljajo za shranjevanje sanitarne vode, za daljše obdobje pa se toplota shrani v dolgotrajnih hranilnikih toplote, ki pa glede na dobiček toplote ne upravičujejo investicije v ekonomskem smislu. V hranilniku toplote obstaja tudi možnost dogrevanja z drugimi energijskimi viri, kot so elektrika in fosilna goriva.

Sprejemniki sončne energije so sestavljeni iz transparentnega pokrova in absorberja večinoma črne barve z visokim absorpcijskim koeficientom, kjer se delovno sredstvo ogreje in s pomočjo črpalke prenese v prenosnik toplote, ki se običajno nahaja v hranilniku toplote. Obtočna črpalka se vklopi s pomočjo regulacije, ko je temperatura medija v sončnem sprejemniku višja kot v hranilniku.

Obstajata dva tipa sprejemnikov sončne energije, in sicer:

- ✓ ploščati sprejemnik sončne energije, ki ima absorber v ploščatem ohišju s toplotno izolacijo na spodnji strani;
- ✓ vakuumске sprejemnike sončne energije, ki imajo absorber nameščen v vakuumu v steklenih ceveh in veljajo za zelo učinkovite ter za bistveno dražje.

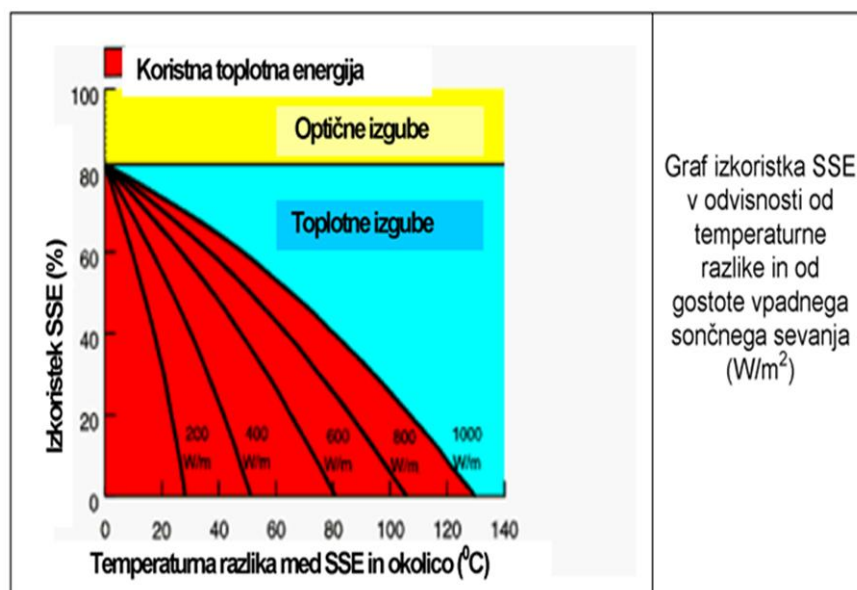


Tabela 5: Izkoristek sprejemnika sončne energije je definiran kot kvocient uporabne toplotne energije in vpadne sončne energije. Med zunanjimi toplotnimi izgubami izstopajo optične izgube. Optični izkoristek predstavlja odstotek sončnega sevanja, ki preide skozi prozorno vrhno ploskev sprejemnika sončne energije in ga absorber prejme

Vir: <http://obcina.kranjska-gora.si/aktualno/Sprejemniki%20soncne%20energije.pdf>
<http://www.kocevje.ensvet.com/index.php?id=4>, dne 5. 10. 2010.

4 UPORABA EKO MATERIALOV PRI IZGRADNJI ENERGETSKO VARČNE MONTAŽNE HIŠE

4.1 Les

Les kot gradivo so uporabljale že stare civilizacije za izgradnjo stavb. Skozi zgodovino predstavlja les osnovni in enega najbolj množično uporabljenih gradbenih materialov, ki je postal tudi vzor za gradbene konstrukcije iz drugih materialov. Tudi stara slovenska tradicionalna gradnja je iz lesa, iz lesa so značilni slovenski kozolci, imamo bogato lesarsko dediščino, ki je lahko vzor sodobni gradnji lesenih montažnih hiš. V novejši zgodovini so les kot gradbeni material zamenjali materiali, kot so beton, opeka, kovine in umetni materiali (Kitek Kuzman, 2008, 16)

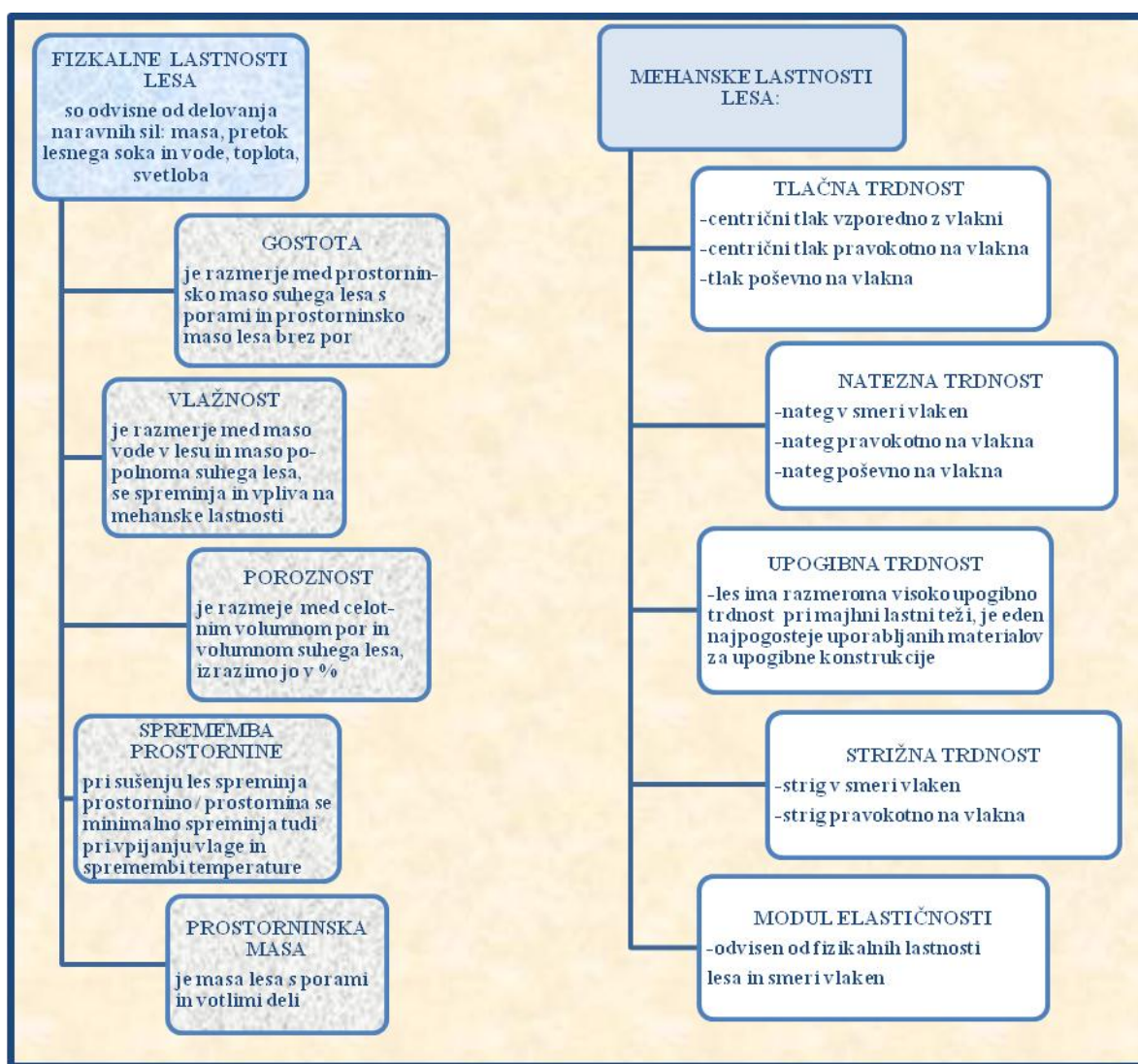
Slovenija je šestdeset-odstotno pokrita z gozdovi, zato predstavlja les kakovostno nacionalno surovino, ki je zadnje obdobje vse bolj priljubljena in katere uporaba v gradbeništvu se zadnja leta povečuje. Žal trenutno Slovenija visokokakovostno nepredelano hlodovino izvažata predvsem v Avstrijo in Italijo, nakar uvažata lesne izdelke in celo žagan les iz slovenske hlodovine.

Les je energijsko prijazen, trajnostni, obnovljiv in ekološko zdrav gradbeni material, ki v času svoje rasti razgrajuje CO₂, zato uporaba lesa za stanovanjsko izgradnjo pomembno prispeva k znižanju emisij CO₂ in k omilitvi globalnih klimatskih sprememb. Les ima ekonomsko in ekosistemsko funkcijo, zato morata biti njegova raba in predelava uravnotežena, saj bi preobsežna uporaba lesa povzročila izginevanje gozdov. Sečnja lesa se mora izvajati v skladu z etatom, to je največjo dovoljeno količina lesa, ki se lahko poseka v posameznem gozdu, ne da bi se s tem ogrozila trajnost gozdnega donosa. Bistvo ekologije lesa oziroma njegova ekološka prednost je predvsem izkoriščanje oziroma sečnja v lokalnih okoljih, zagotavljanje nadomeščanja posekanih dreves s pogozdovanjem, razgradljivost in možnost recikliranja. Pomembno je predvsem, da les kot naravni material ohrani prvinsko kakovost brez površinske obdelave z nevarnimi kemičnimi premazi, ki ga lahko spremenijo v togi in mrtev material.

V zimskem času sekan in sušen les je najbolj odporen in ne potrebuje nobenega posebnega ravnanja. Kot preventivna zaščita za konstrukcijski les, ki je pogosto izpostavljen vlagi, se izjemoma uporablja le borova sol, ki ljudem ni nevarna. Najbolj naraven način zaščite lesa je izdelava pravilne konstrukcije, izpostavljene ustrezni temperaturi in vlagi, saj je zračno suh

les varen pred okužbami oziroma propadanjem. Takšna konstrukcija je trajna v celotni dobi uporabe, kar pomeni, da v tem obdobju ohrani vse svoje naravne lastnosti.

Les, kot osnovni konstrukcijski material, pri izgradnji montažnih hiš predstavlja številne prednosti, kot so hitra gradnja s primerno suhim materialom, dobre gradbeno-fizikalne in mehanske lastnosti, okoljsko neoporečnost, potresno odpornost in dobro toplotno izolativnost. Les s svojo toplino vpliva na estetsko podobo hiše in z uravnavanjem vlage v prostoru ustvarja prijetno klimo v bivalnih prostorih ((Kitek Kuzman, 2008, 78).



Fizikalne lastnosti lesa

Mehanske lastnosti lesa

Tabela 6: Fizikalne in mehanske lastnosti lesa

Vira: http://hise.freevar.com/montazne_hise.htm, dne 5.2.2011

in Gradbeniški priročnik, 2008

Les spada med normalno gorljive materiale. Obdelan z zaviralniki gorenja se lahko uvrsti med težko gorljive gradbene materiale. Povečanje požarne varnosti lesene konstrukcije se lahko doseže tudi s povečanjem presekov lesa, kar je lahko celo učinkovitejša požarna zaščita kot kemični zaviralniki gorenja.

Les se v konstrukciji lesene montažne hiše pojavlja v različnih oblikah, in sicer:¹

- ✓ lesena nosilna konstrukcija v zunanjih nosilnih stenskih elementih preseka dimenzije 160 x 60 mm in 160 x 80 mm za pokončnike, spodnje in zgornje vence ter dodatna lesena konstrukcija preseka dim. 60 x 60 mm in 60 x 44 mm za dodatno plast izolacije (instalacijsko ravnino);
- ✓ lesena nosilna konstrukcija notranjih sten preseka dim. 80 x 100 mm in 60 x 100 mm za pokončnike in vence, med katere je položena toplotna izolacija;
- ✓ lesena nosilna konstrukcija stropa dim. 44 x 210 mm v razmaku 417 mm (po projektu);
- ✓ strešna konstrukcija – šperovci 80 x 220 mm na razmaku 1250 (po projektu);
- ✓ opazne plošče običajne debeline 16 mm za napušče;
- ✓ strešne letve 48 x 48 mm in kontra letve 48 x 48 mm in 78 x 48 mm;
- ✓ konstrukcije za balkone, lesena mreža preseka dim. 90 x 32 mm, podložne letve debeline 22 mm in razne naklonske letve;
- ✓ lesena okna, balkonska in vhodna vrata, lesena senčila-polkna, brisoleji;
- ✓ lesene fasade, letve in opaži različnih presekov, večinoma iz naravno odpornejšega sibirskega macesna, vidni nosilni stebri in preklade;
- ✓ lesene podnice za terase, lesene balkonske in stopniščne ograje;
- ✓ toplotna izolacija iz lesnih vlaken.

Pri izgradnji lesenih montažnih hiš se najpogosteje uporablja panelni sistem, pri katerem zagotavljajo nosilnost in stabilnost konstrukcije linijski elementi iz masivnega lesa (pokončniki in horizontalni venci) ter obojestranske obloge, kot na primer OSB plošče in mavčno-vlakenene plošče. Širina posameznega velikotabelnega stenskega elementa je lahko maksimalno 12,5 m in lahko ustreza celotni posamezni stranici hiše.

¹ Osnova za opis lesenih konstrukcijskih elementov v lesenih montažnih hišah je povzeta po sistemu Marles EKO.

Izraz montažna lesena hiša ponazarja glavni nosilni stenski element. V tujini se je najbolj uveljavil izraz »timber- framed house«, hiša z lesenim nosilnim okvirjem (Premrov, Gradnja z lesom, 2008, 39).

Gradnjo lesenih montažnih hiš priporočajo tudi mednarodne smernice. V tujini delež lesene gradnje že narašča, ponekod (Avstrija) pa je delež vgrajenega lesa v novogradnjo reguliran tudi z zakonom.

4.2 Toplotne izolacije

Toplotna izolacija zmanjšuje prehajanje toplote skozi zunanje konstrukcijske dele stavb iz prostorov z višjim temperaturnim nivojem proti zunanosti z nižjim temperaturnim nivojem. Naloga toplotne izolacije je zmanjšanje toplotnih izgub, zmanjšanje stroškov za ogrevanje in hlajenje, zaščita konstrukcije pred zunanjimi vremenskimi vplivi, izboljšanje toplotne zaščite ovoja hiše, preprečevanje velikih temperaturnih nihanj v notranjosti in kondenzacije vlage v konstrukciji ter preprečevanje poletnega pregrevanja fasadnega ovoja, kar pripomore k ugodnemu bivalnemu ugodju in toplotni stabilnosti hiše. Za ekološko ustrezne toplotne izolacije je značilno, da skozi celoten življenjski cikel ohranjajo okolje. Izdelane so iz zdravstveno neoporečnih naravnih ali recikliranih materialov, njihova proizvodnja ni energetsko potratna in ne povzroča škodljivih emisij v ozračju. Ekološke toplotne izolacije se lahko ločeno od drugih snovi kompostirajo (celuloza s primesmi borovih soli) ali reciklirajo, ko prenehajo služiti svojemu namenu.

Kakovost ekološke toplotne izolacije je odvisna od naslednjih lastnosti: nizke toplotne prevodnosti, paroprepustnosti, gostote, tlačne in strižne trdnosti, negorljivosti, vodoodbojnosti, kemijske nevtralnosti, odpornosti na mikroorganizme, dimenzijske stabilnosti ter zdravstvene in ekološke neoporečnosti.

Osnovna lastnost toplotne izolacije je nizka toplotna prevodnost (λ), ki se meri z enoto W/mK in pove kolikšen toplotni tok teče skozi 1 m² homogene plasti gradiva, debeline 1 m, pri temperaturi 1 K (= 1° C). Gradivo se lahko uvrsti med toplotne izolacije, v kolikor ima faktor toplotne prevodnosti (λ) nižji od 0,060 W/mK, najprimernejši pa je faktor toplotne prevodnos-

ti (λ) med 0,035–0,040 W/mK. Čim manjši je faktor (λ), tem boljša je toplotna izolativnost izolacije. Dosegljive vrednosti faktorja toplotne prevodnosti so tudi 0,005 in celo nižje. Prevodnost gradiv je odvisna od gostote, poroznosti, vlažnosti in temperature snovi.

Pomembna lastnost toplotne izolacije za ekološke lesene hiše je tudi paroprepustnost. Difuzijska upornost prehoda vodne pare je brezdimenzijska enota μ , ki nam pove, kako paroprepusten je material oz. kolikokrat je pri posameznem gradivu upor proti prehodu vodne pare večji od prehoda vodne pare po zraku. Zrak ima vrednost $\mu = 1,0$. Difuzijska upornost prehoda vodne pare je za vsa gradiva večja od 1. Bližje kot je difuzijska upornost prehoda vodne pare tej vrednosti, bolj paroprepustno je gradivo oz. toplotna izolacija.

VRSTA TOPLOTNE IZOLACIJE		λ W/mK	μ	OPOMBE
LESNO-IZOLACIJSKE PLOŠČE		0,040-0,045	2-5	Surovina: les-sekanci, termično obdelani, brez dodatkov lepil, majhna poraba energije pri proizvodnji, dolga življenjska doba, sprejemljiva cena
CELULOZNI KOSMIČI		0,033-0,040	1,3	Surovina: iz kosmičev časopisnega papirja obdelana z ekološko ustreznimi sredstvi, ne povzroča za okolje obremenjujočih odpadkov
TOPLOTNA IZOLACIJA IZ KONOPLJE		0,040	1-2	Surovina: vlakna stebel konoplje, za izboljšanje požarne varnosti se obdelajo z raztopino sode, po končani uporabi se reciklira, slabost: visoka cena
TOPLOTNA IZOLACIJA IZ PLUTE		0,041-0,046	10	Surovina: iz mletega lubja hrasta plutovca, omejen vir surovin, kar zmanjšuje ugodno ekološko vrednost, pri gorenju se ne razvijejo strupeni plini

Tabela 7: Preglednica ekoloških toplotnih izolacij s podatki toplotne prevodnosti in paroprepustnosti

Viri: Fasadni ovoj, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana 2004, www.ekoprodukt.si/flex.html, dne 24.1.2011 in Gradbeniški priročnik, 2008

Učinkovita toplotna izolacija ima odločilen vpliv na zadrževanje toplote v hiši v zimskem obdobju, v poletnih mesecih pa na upočasnjeno prehajanje toplote skozi konstrukcijo v notranjost. Časovni zamik prehoda visokih poletnih temperatur skozi stensko konstrukcijo v notranjost hiše se imenuje fazni zamik. Ustrezen fazni zamik je 12 ur, kar pomeni, da visoka tem-

peratura prodre v prostor takrat, ko se zunanji zrak toliko ohladi, da je možno notranje prostore ohladiti z naravnim prezračevanjem. Za koliko je možno zmanjšati prehod temperature skozi stensko oz. strešno konstrukcijo, pokaže dušenje amplitude ($1/TAV$), ki se izraža kot razmerje med nihanjem zunanje temperature in nihanjem notranje temperature. Zaželena je ublažitev nihanja temperature skozi konstrukcijo od zunaj navznoter za eno desetino ali doseči dušenje amplitude 10.

Pri izgradnji lesene montažne energetske varčne hiše se v leseno nosilno konstrukcijo zunanjih sten, stropov pritličja in mansarde ter notranjih sten položi fleksibilna, za spajanje prilagodljiva in pred posedanjem stabilna difuzijsko odprta ekološka toplotna izolacija. Zunanja, fasadna stran obodne lesene stenske konstrukcije se obdela z ekološko toplotno izolacijo, ki je v sled visoke gostote kompaktna, ima ustrezno tlačno trdnost, je difuzijsko odprta in primerna za obdelavo s fasadnimi ometi.

Velik pomen ima tudi debelina toplotne izolacije v posameznih konstrukcijskih delih lesene energetske varčne hiše. V primeru sistema »EKO« Marles hiše imajo zunanje stene hiše v leseni nosilni konstrukciji lesno-izolacijske plošče debeline 160 mm, v instalacijski ravnini so položene lesno-izolacijske plošče debeline 40 mm in na fasadni strani lesno-vlaknene plošče debeline 60 mm. Povprečno toplotna prehodnost konstrukcije takšne zunanje montažne EKO stene znaša $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$. Strešna konstrukcija v EKO sistemu ima toplotno izolacijo skupne debeline 260 mm, in sicer 220 mm med strešnimi šperovci ter 40 mm na notranji strani stropne konstrukcije med letvami dim. 60 x 44 mm v razmaku 400 mm, pri čemer povprečna toplotna prehodnost celotne strešne konstrukcije znaša $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

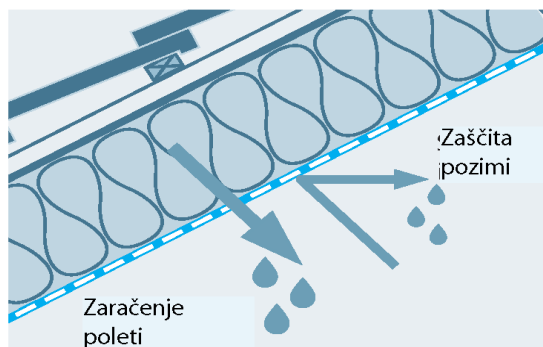
Namen vgradnje toplotne izolacije je izpolnjen samo v primeru sklenjenega toplotnega ovoja in kvalitetne vgradnje toplotno-izolacijskega gradiva ustrezne debeline po v naprej predvidenih detajlih. Neustrezno vgrajena toplotna izolacija lahko povzroči toplotne mostove in posledično kondenz ter povečano potrebo po toplotni energiji (Knez, 2010, 12).

4.3 Parne ovire

Parna ovira je zelo pomembna za trajnost stenskih in strešnih konstrukcij lesene ekološke energetske varčne hiše. Z vgraditvijo parne ovire se ohranja toplotna izolativnost toplotne izolacije, zagotavlja se zrakotesnost celotnega ovoja hiše in bistveno se zmanjšuje oziroma ovira prehod pare iz tople notranjosti hiše v izolacijo in okolje. Parna ovira se vgradi na notranji strani pred ravnino toplotne izolacije. Na tej poziciji vgradnje v gradbeno konstrukcijo zmanjša difuzijski tok vodne pare v hladnejši del konstrukcije, kar onemogoča kondenzacijo. Izvedba mora biti natančno načrtovana, brez prekinitev po celotni hiši. Če parno oviro v tlorisu in prerezu označimo s črto, le-ta nikjer ne sme biti prekinjena. Vsi stiki parne ovire morajo biti izvedeni s širokimi preklopi, spoji in priklopi na sosednjo gradbeno konstrukcijo pa morajo biti zlepljeni s certificiranim zrakotesnim lepilnim trakom. Preboji za električne kable, strojne instalacije in dimnik se morajo zatesniti z elastičnimi lepilnimi trakovi (Butyl trak) ali s tesnili z zrakotesnimi tulci. Z izvedbo dodatne inštalacijske ravnine deb. 60 mm, kjer je možen razvod vseh instalacij, se je možno v veliki meri izogniti poškodbam parne ovire.

Parne ovire so označene z oznako S_d , ki pomeni relativno difuzijsko upornost parne ovire, oziroma vrednost prepustnosti zraka skozi material. Vrednost S_d se izračuna po enačbi: $S_d = \frac{d}{\mu}$ ter se izraža v metrih. Koeficient »d« označuje debelino folije, koeficient »μ« pa označuje kolikokrat je folija bolj od zraka odporna proti prehodu pare. Vrednost »μ« je možno dobiti iz obstoječih tabel. Če je S_d neke folije 1'5, to pomeni, da je folija enakovredna 1,5 m široki plasti zraka. Parna ovira je lahko folija ali plošča, ki ima $S_d < 10$ m, nad to vrednostjo S_d imajo folije funkcijo parne zapore.

Hibridne parne ovire imajo lastnost z učinkom pivnika. Njihova prednost je ta, da omogočajo difuzijski prehod pare in kapilarno izsuševanje, ki je najbolj intenzivno v poletnem času zaradi večjega in intenzivnejšega sončnega sevanja.



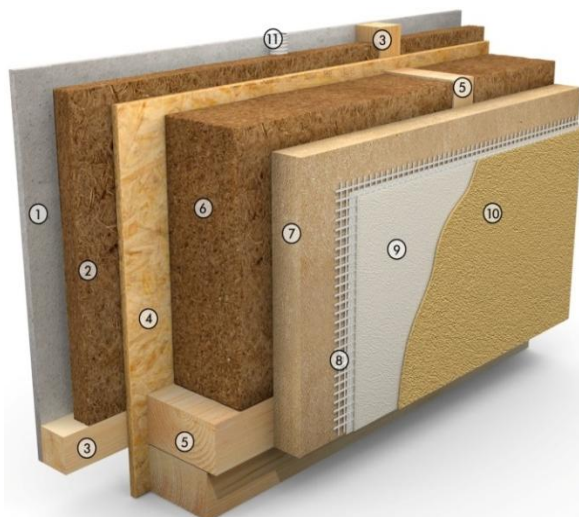
Pametne koprene so pozimi bolj tesne in ščitijo pred vlago - poleti so difuzijsko odprte in skrbijo za povratno sušenje.

Slika 10: Koprene parne ovire so difuzijsko bolj tesne in nudijo zaščito toplotni izolaciji pred vlago. V poletnem času svojo difuzijsko upornost zelo spustijo in s tem ustvarijo pogoje za sušenje konstrukcije

Vir: http://www.harrer.at/PortalData/52/Resources/laenderseiten/slowenien/hbhb/0101_feuchtevariable_Dampfbremse_klein.pdf, dne 1. 2. 2011

V montažno konstrukcijo sistema EKO Marles hiše se vgrajuje parna ovira ÖKO-NATUR, ki ima izgled armiranega natron papirja in difuzijsko odprta folija »OMEGA Light« proizvajalca Isocell. ÖKO-NATUR folija je vgrajena v instalacijski ravlini stropa mansarde in okrog oken po notranji špaleti ter tvori zrakotesni ovoj (povezavo) med parno oviro v zunanji steni in oknom. V stropni konstrukciji med etažama in na napuščih pod kontra letvami pa se vgrajuje difuzijsko odprta folija »OMEGA Light«. V zunanjih stenskih panelih se kot parna ovira uporabljajo OSB plošče z ustrezno Sd vrednostjo, ki hkrati omogočajo togost okvirjev stenske konstrukcije.

Prerez zunanje stene sistema EKO Marles hiše: konstrukcijska plošča OSB je istočasno parna ovira in z lepljenimi priključki na sosednje konstrukcijske elemente tvori del zaključenega zrakotesnega ovoja.



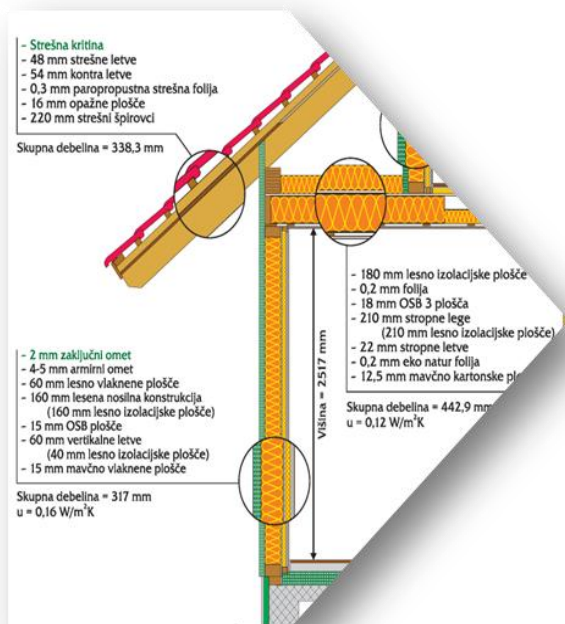
- 1 obloga – mavčno vlaknena plošča 15 mm
- 2 izolacija – lesno vlaknena plošča 40 mm
- 3 vertikalne letve 60/44
- 4 OSB PLOŠČA 15 mm
- 5 nosilna lesena konstrukcija 60/160 mm
- 6 lesno-izolacijske plošče 160 mm
- 7 lesno-vlaknene plošče 60 mm
- 8 armirana mrežica, vtisnjena v malto
- 9 armirani omet 4–5 mm
- 10 zaključni sloj

Slika 11: Prerez zunanje stene sistema EKO Marles hiše

Vir: Oddelek za razvoj, Marles sistem EKO

4.4 Konstrukcijske plošče

Stenske konstrukcije montažne lesene energetske varčne hiše so iz lesenih panelov, sestavljenih iz stebrov in prečk, ki predstavljajo osnovne nosilne konstrukcijske elemente. Za togost in trdnost lesenih panelov se pritrujejo z obeh strani sten konstrukcijske plošče, ki celotno konstrukcijo stabilizirajo in imajo pomembno vlogo pri prenosu horizontalnih obtežb. Konstrukcijske plošče morajo biti ognjeodporne, dimenzijsko stabilne, ekološko sprejemljive z možnostjo recikliranja, imeti morajo ustrezne toplotne in zvočno-izolativne lastnosti ter ustrezne paroprepustne lastnosti.



Pri sistemu EKO Marles hiše se uporabljajo konstrukcijske plošče OSB in mavčno-vlaknene plošče. V zunanje stenske elemente se na notranjo stran nosilnega lesenega okvirja pritrjujejo OSB plošče debeline 15 mm, na zgornjo stran stropnikov stropnih elementov pa OSB plošče debeline 18 mm. Mavčno-vlaknene plošče se pritrjujejo na notranjo stran zunanjih stenskih elementov in obojestransko na notranje stenske elemente.

Slika 12: Prerez hiše v EKO sistemu Marles hiše, uporaba konstrukcijskih plošč

Vir slike: Oddelek za razvoj, Marles sistem EKO

Angleška kratica OSB pomeni »oriented strand board« oziroma plošče iz poravnanih trsk. Izdelane so iz lesnih sekancev določene debeline in oblike, ki so zlepljeni (s smolo in parafinsko emulzijo) po plasteh, kar daje ploščam dobre mehanske lastnosti in značilen videz. OSB plošče so ekološko ustrezne, požarno varne, dimenzijsko stabilne in primerne za konstrukcijske elemente z večjo obremenitvijo.



Slika 13: OSB plošča

Vir: <http://www.lesnegradnje.si/home/lesne-gradnje/domov/materiali/osb-plo--e.html>, dne 12. 2. 2011

Mavčno-vlaknene plošče so izdelane iz zelo kakovostnega specialnega mavca in posebnih celuloznih vlaken. Celulozna vlakna se pridobivajo iz izbranih vrst odpadnega papirja, so gradbeno-biološko preizkušene in ekološko neoporečne, saj ne vsebujejo kemičnih veziv. Imajo visoko trdnost, prenesejo večje mehanske obremenitve, so ognjevarne, nudijo toplotno in zvočno zaščito, prispevajo k dobri mikroklimi v prostoru in jih je možno finalno slikarsko pleskarsko obdelati.



Slika 14: Mavčno-vlaknene plošče

Vir: http://www.google.si/search?sourceid=navclient&aq=0h&oq=&hl=sl&ie=UTF-8&rlz=1T4SUNC_slSI398SI401&q=knauf+vidiwall-, dne 13. 2. 2011

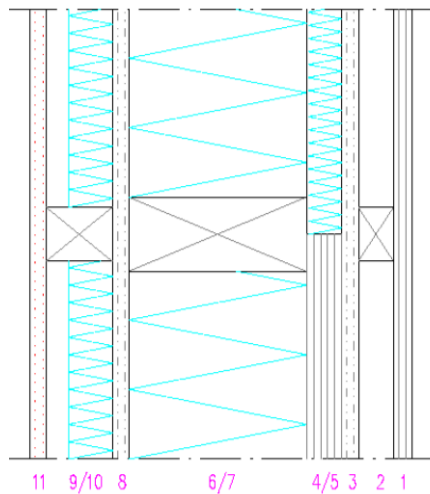
Kratika MDF pomeni »medium density fiberboard« oziroma vlaknena plošča srednje gostote. MDF plošče so srednje goste vlaknene plošče, izdelane iz lesov bukve, smreke in jelke z dodatkom smole. So homogene, stabilne in gosto zarezano po dolžini, kar jim daje lastnost krivljenja.



Slika 15: MDF plošče

Vir: <http://www.kronoply.com/cms/de/web/170/-/KRONOPLY+MDF+-+beidseitig+beschichtet.html>-, dne 7. 2. 2011

V spodnjem prerezu montažne stene je MDF plošča vgrajena kot podlaga podkonstrukciji lesene fasade, je difuzijsko odprta, toplotno izolacijo ščiti pred vlago in pripomore k daljšemu faznemu zamiku.



1. Lesena obloga
2. Vertikalne/horizontalne letve 60/44 mm
3. MDF lesna plošča
4. Horizontalne letve 44/32 mm
5. Lesno-izolacijske plošče 30 mm
6. Nosilna lesena konstrukcija 160/60 mm
7. Lesno-izolacijske plošče 160 mm
8. OSB3 lesna plošča 15 mm
9. Vertikalne letve 60/44 mm
10. Lesno-izolacijske plošče 40 mm
11. Mavčno-vlakenne plošče

Slika 16: Prerez stene, v kateri je vgrajena MDF plošča

Vir: Evrpsko tehnično soglasje - Österreichisches Institut für Bautechnik,
pripravil oddelek za razvoj Marles hiše Maribor

5 TEHNIČNI OPISI MONTAŽNIH KONSTRUKCIJ Z UPORABLJENIMI EKO MATERIALI PRI IZGRADNJI LESENE ENERGETSKO VARČNE HIŠE

5.1 Montažni elementi Marles sistem EKO

Bistvo velikopanelne montažne gradnje je, da se na gradbišču sestavijo montažni elementi hiše, ki so v čim večjem obsegu izdelani v klimatsko nadzorovanih tovarniških prostorih in so v stalno kontrolirani proizvodnji. Velikotabelni elementi hiše se v tovarni izdelajo po predhodno narejenih tehnoloških montažnih načrtih, kar skrajša čas montaže na gradbišču in izpostavljenost vgrajenih materialov slabim vremenskim razmeram.

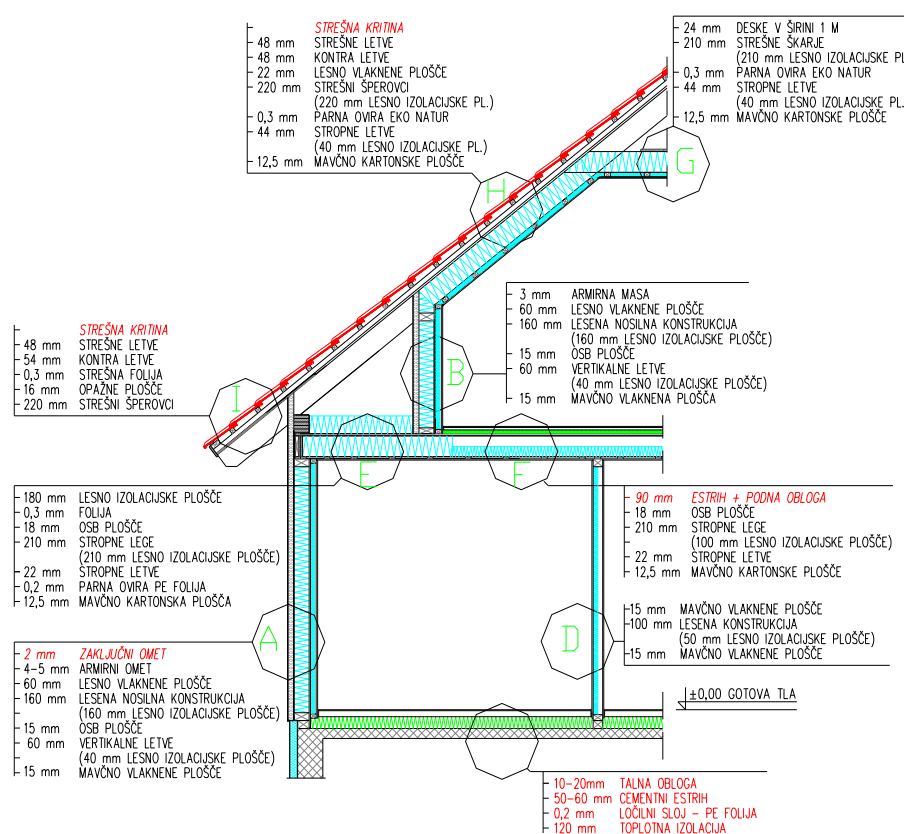
Vsi materiali, vgrajeni v konstrukcije EKO sistema Marles hiše, so ekološki in jih je možno po končani uporabi oziroma odstranitvi ustrezno reciklirati.

5.2 Montažna zunanja stena Marles sistem EKO

Osnova zunanjega montažnega stenskega elementa so masivni leseni nosilni pokončniki dimenzije 160/60 mm v razmaku 625 mm ter spodnji in zgornji venec dimenzije 160/80 mm. Lesen okvir montažnega elementa je izdelan iz žaganega lesa smreke ali jelke, spodnji venci pa se izdelujejo iz borovega lesa, ker je obstojnejši v stiku z vlago in ga zaradi izpostavljenosti ni potrebno impregnirati. Med vertikalne pokončnike je položena toplotna izolacija debeline 160 mm iz lesno-izolacijskih plošč. Na notranji strani nosilnega lesenega okvirja so pritrjene konstrukcijske plošče OSB debeline 15 mm, ki zagotavljajo konstrukcijsko stabilnost in imajo istočasno nalogo parne ovire. Na OSB plošče so pritrjene vertikalne letve 60/44 mm, med katere je položena toplotna izolacija iz lesno-izolacijskih plošč debeline 40 mm. V tej ravnini, imenovani tudi instalacijska ravnina, se izvede večina instalacij, kar zmanjša preboje oziroma poškodbe parne ovire. Notranja stran stenskega elementa je zaključena z mavčno vlakneno ploščo debeline 15 mm, ki je dobra požarna zaščita in primerna za finalno pleskarsko obdelavo. Na zunanji strani nosilnega lesenega okvirja so pritrjene lesno-vlaknene plošče debeline 60 mm, ki so podlaga za armiran omet z zaključnim difuzijsko odprtim slojem fasade. Skupna povprečna toplotna prehodnost zunanje stene EKO znaša $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Dolžine zunanjih stenskih elementov so odvisne od transporta, dostopa na gradbišče, okenskih in vratnih odprtih ter preklad. Težnja je izdelati čim daljše elemente, maksimalne dolžine glede na transport cca. 12,5 m, kar zmanjša število spojev med elementi in omogoča racionalno nakladanje na kamione ter posledično zmanjša stroške prevoza.

MARLES sistem EKO



Slika 17: Prerezi posameznih konstrukcij v EKO sistemu Marles hiše Maribor

Vir: Oddelek za razvoj Marles hiše Maribor, sistem EKO

5.3 Montažni strop nad pritličjem Marles sistem EKO

Osnova montažnega stropa nad pritličjem proti obdelani mansardi so leseni stropniki dimenzije 44/210 mm v razmaku 417 mm, oziroma v razmaku, določenem v statičnem izračunu. Med stropnike je položena toplotna izolacija iz lesno-izolacijskih plošč debeline 100 mm. Pod stropniki so pritrjene letve dimenzije 60/22 mm v razmaku 400 mm, kjer se izvede razvod elektro instalacij. Montažni strop se s spodnje strani zaključi z mavčno kartonsko ploščo debeline 12,5 mm, ki se finalno pleskarsko obdela. Z zgornje strani se montažni strop zaključi s konstrukcijskimi ploščami OSB debeline 18 mm, ki so podlaga za armirano-cementni estrih.

5.4 Strešna konstrukcija, strešna poševnina – strop mansarde

Marles sistem EKO

Osnova strešne poševnine so strešni špirovci dimenzije 80/220 mm v osnem razmaku 1250 mm, oziroma v razmaku, zahtevanem v statičnem izračunu. Med špirovce je položena toplotna izolacija iz lesno-izolacijskih plošč debeline 220 mm. Na notranji strani špirovcev je pritrjena parna ovira eko natur 0,3 mm, nanjo so pritrjene stropne letve dimenzije 60/44 mm v razmaku 400 mm in lesno-izolacijske plošče debeline 40 mm. Z notranje strani je strešna poševnina zaključena z gipskartonsko ploščo debeline 12,5 mm, ki se finalno pleskarsko obdela. Na zunanji strani špirovcev se pritrdijo lesno-vlakenene plošče »MDF«, ki imajo nalogo sekundarne kritine. Nanje so pritrjene kontra letve dimenzije 48/48 mm in na koncu letve v razmaku, ki je odvisen od vrste oziroma dimenzije kritine. Povprečna toplotna prehodnost strešne poševnine v sistemu EKO znaša 0,16 W/ m²K.

U [W/(m²K):	Novi pravilnik (1. 10. 2010):	NEH Nizko energetska hiša:	PH Pasivna hiša:
zunanja stena:	0,28	≤ 0,25	≤ 0,15
streha:	0,25	≤ 0,20	≤ 0,15
tla:	0,35	≤ 0,25	≤ 0,15
okna (okno + okvir):	≤ 1,3	≤ 1,10	≤ 0,80
kontrolirano prezračevanje:		da + rekup. toplote	da + rekup. toplote
solarne naprave:	da (25 %)	da	da

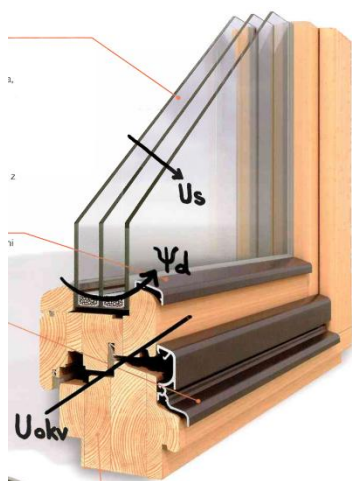
Tabela 8: Toplotne prehodnosti posameznih gradbenih konstrukcij

Vir: Tabela izdelana na podlagi podatkov v reviji Gradbenik, nizkoenergijske in pasivne hiše,
februar 2010

6 OKNA, VHODNA VRATA IN SENČILA ENERGETSKO VARČNE HIŠE

6.1 Okna in vhodna vrata

Okna so sestavni del fasadnega ovoja, ki uporabnikom hiše omogočajo stik z okoljem in zaščito pred zunanjimi vplivi. Imajo odločilen vpliv na estetski videz hiše, najpomembnejši funkciji pa sta osvetlitev in prezračevanje prostorov. Toplotno prehodnost oken opredeljuje toplotna prehodnost zasteklitve U_g , okvirja U_f , korekcijski faktor toplotnega mostu distančnika med stekli ψ (psi), delež okvirja v celotni zasteklitvi in globina stekla v okenskem okvirju (Medved, 2010, 44).



Prikaz opredelitve toplotne prehodnosti okna:

- U_s ali U_g (g = glass) – toplotna prehodnost stekla
- ψ (psi) – korekcijski faktor toplotnega mostu distančnika med stekli
- U_{okv} ali U_f (f = frame) – toplotna prehodnost okvirja okna

Slika 18: Prerez lesenega okna s troslojno zasteklitvijo

Vira: Medved, 2010 in prospekt Marles PSP Podvelka

Za vgradnjo v energetske varčne hiše iz eko materialov je ustrezno leseno okno tip Exclusive s troslojno zasteklitvijo in debelino okenskega okvirja 78 mm, ki ga izdeluje Marles PSP Podvelka, s skupno toplotno prehodnostjo okna $U_w = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okno tip Exclusive je izdelano v skladu z EN 14351-1 in ima pridobljen CE znak s strani inštituta IFT iz Rosenheima.

V okno tip Exclusive je vgrajeno troslojno steklo 4/14/ 4 /14/4 s toplotno prehodnostjo $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Medstekelni prostor je polnjen z žlahtnim plinom argonom, ki ima nižjo toplotno prehodnost kot zrak. Obe zunanji stekli imata na površini, ki je obrnjena v medstekelni prostor, nevidni low-e nizkoemisijski nanos, ki ovira prehod dolgovalovnemu sončnemu

sevanju iz zgradbe v okolico, kar pripomore k zmanjšanju toplotnih izgub, omogoča pa neoviran prehod kratkovalovnemu sončnemu sevanju v prostor, kar ogreva notranjost in pomeni toplotni dobiček.

Distančnik je v medstekelni prostor vgrajen s tesnili, kar zagotavlja tesnenje rege v zasteklitvi, ločuje med seboj dve stekli in trajno zadržuje plin argon v medstekelnem prostoru. Napolnjen je s snovjo (na primer s silikagelom), ki znižuje temperaturo rosišča, zato se stekla na površini tudi pri nizkih temperaturah ne rosijo. Na distančniku nastaja toplotni most, ki je ovrednoten s korekcijskim faktorjem toplotnega mostu ψ in je odvisen od snovi, iz katere je izdelan distančnik. V medstekelni prostor okna Exclusive je vgrajen distančnik iz umetne mase »TGI« s korekcijskim faktorjem $\psi = 0,04 \text{ WmK}$. Za primerjavo: klasični Al distančnik ima (ψ) $\psi = 0,07-0,10 \text{ WmK}$.

Pri izbiri stekla je pomembna tudi prepustnost za sončno sevanje, vrednost »g«, ki daje v odstotkih vrednost skupnega prehoda sončne energije skozi zasteklitev. Troslojna zasteklitev okna Exclusive ima prepustnost za sončno sevanje 51 %. Ker sta toplotna prehodnost »U« in prepustnost za sončno sevanje »g« nasprotujoči funkciji, bi bilo optimalno v okna na severni strani vgrajevati dobro izolativna stekla s slabšo »g« vrednostjo, na južno stran pa nekoliko manj izolativna stekla z boljšo »g« vrednostjo, saj imajo dobitki sončne energije v zimskem času prednost pred toplotno izolativnostjo (Grobovšek, 2009, 61).

Okvir okna Exclusive je iz dolžinsko nespojenega lesa, debeline 78 mm, s toplotno prehodnostjo $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ na straneh in zgoraj ter s toplotno prehodnostjo $U = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ na spodnji strani okvirja. Prednosti lesenega okvirja okna so primerna toplotna izolativnost, uravnavanje vlage v prostoru in ekološka neoporečnost.

Vhodna vrata

Vhodna vrata so del stavbnega pohištva, ki so izpostavljena velikim fizikalnim obremenitvam in morajo ustrezati visokim zahtevam funkcionalnosti, varnosti in estetike. Za vgradnjo v energetske varčne hiše iz eko materialov so primerna lesena vhodna vrata s toplotno prehodnostjo $U = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Za doseganje takšne toplotne prehodnosti se izdelata krilo vhodnih vrat obojestransko iz vezane plošče, lepljene z voodbojnim lepilom, z vmesno toplotno izolacijo

in s kovinsko konstrukcijo za preprečevanje zvijanja vrat. Podboj je debeline 68 mm in je v celoti lesen iz lepljenega lesa. Vhodna vrata za energetske varčno hišo morajo imeti požarno zaščito, minimalno višino praga, zvočno zaščito in stabilno obliko pri različnih vremenskih obremenitvah, zaradi doseganja ustrezne zrakotesnosti.

Vgradnja oken in vhodnih vrat se mora izvajati po »Smernicah RAL« in je po slovenski zakonodaji obvezna za vse novogradnje. Pravila vgradnje stavbnega pohištva, imenovana po nemškem Inštitutu za zagotavljanje kakovosti blaga in storitev so s »Smernicami RAL« točno definirana in zagotavljajo tesnjenje reg okrog oken, stabilno vgradnjo ter preprečujejo nastanek toplotnih mostov. Vgradnja se izvaja po sistemu trinivojskega tesnjenja, in sicer v smislu »znotraj bolj tesno kot zunaj«, v desetkratnem razmerju tesnosti rege v korist notranjosti. Z notranje strani se rege med stavbnim pohištвом in steno obdelajo s parno oviro, ki omejuje prehajanje pare iz notranjosti v tolikšni meri, da se para ne zadržuje v regi, z zunanje strani pa se rege obdelajo s paroprepustno oviro, ki dopušča izločanje vlage iz notranjosti ter preprečuje vdor vode in hladnega zraka iz zunanjega okolja. Sredina rege se zapolni s toplotno izolacijo, na primer s PU peno visoke gostote in manjše ekspanzije, ki je istočasno tudi zvočna izolacija. Okvirji stavbnega pohištva se morajo v tem predelu tudi sidrati, saj PU pena ne zagotavlja takšne stabilnosti, ki bi onemogočala pretrganje spoja med PU peno in okvirjem. Pretrganje spoja lahko povzroči temperaturne spremembe, saj se pod njihovim vplivom gradbeni elementi, ki so iz različnih materialov, različno premikajo, zato se lahko na posameznih spojih pena pretrga, kar povzroči nastanek toplotnih mostov (Šetina, 2008, 48).

Pri izvedbi špalet okrog stavbnega pohištva je pomembno, da so stiki med podbojem stavbnega pohištva in špaletu zatesnjeni, da toplotna izolacija prekriva podboje oken in vrat vsaj 2 do 3 cm ter da je omogočeno nemoteno odtekanje vode iz okenskih profilov v zunanost.

6.2 Senčila

Za izboljšanje skupne energijske bilance hiše in težnje za varovanje podnebja se na energetsko varčno montažno hišo vgrajujejo senčila, ki trajno pripomorejo k znižanju stroškov za hlajenje in ogrevanje hiše. Prav tako senčila pripomorejo k boljšim bivalnim razmeram, preprečujejo pregrevanje prostorov, zmanjšujejo bleščanje sonca in ščitijo steklene površine pred različnimi vremenskimi vplivi.

Za senčenje oken se vgrajujejo različni tipi senčil, kot so rolete, screeni iz platna, žaluzije, polkna, markize in drsni brisoleji. Na energijsko varčni montažni hiši iz eko materialov imajo prednost naravna senčila oziroma senčila iz naravnih materialov. Senčenje hiše se načrtuje z zasaditvijo dreves okrog hiše, listavce na južni, vzhodni in zahodni strani ter iglavce na severni strani. Za senčenje se lahko koristijo razni konzolni gradbeni elementi, napušči in okoliške naravne ovire.

Na podlagi tehnične smernice Pravilnika o učinkoviti rabi energije morajo imeti zastekljene površine večje od $0,5 \text{ m}^2$ zaščito proti sončnemu sevanju, pri kateri je faktor prepustnosti celotnega sončnega sevanja stekla in senčila $g < 0,55$. Navedeno ne velja za steklene površine, ki so obrnjene v smeri od severovzhoda preko severa do severozahoda ali so poleti trajno zasenčene z naravno oziroma umetno oviro.²

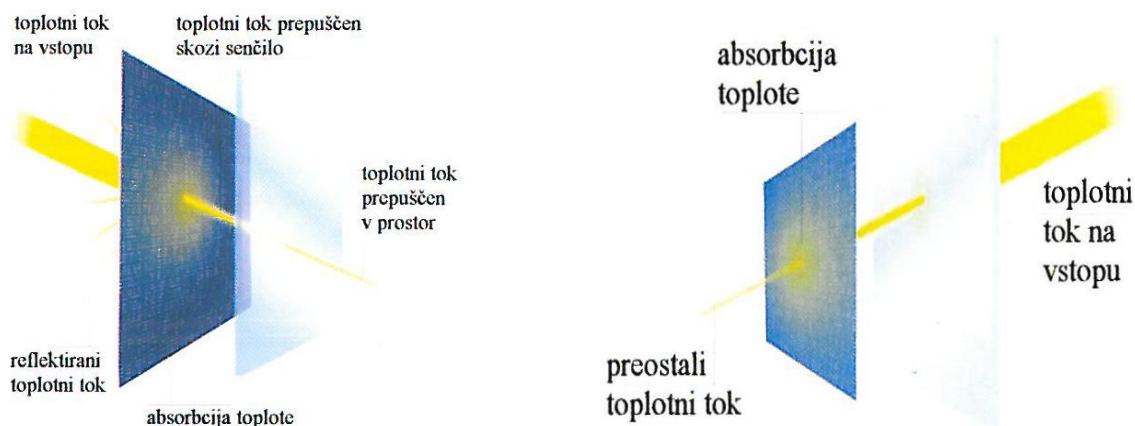
Glede na vgradnjo in izkoristek delimo senčila na: zunanja senčila, notranja senčila in senčila v medstekelnem prostoru.

Zunanja senčila nudijo v primerjavi z notranjimi senčili in senčili v medstekelnem prostoru največjo zaščito pred sončnim sevanjem in najugodnejši izkoristek, saj toplotni dobitki, ki nastanejo s sončnim sevanjem na senčilo, ostanejo zunaj ovoja hiše. Ker je energijska bilanca deljena na poletni in zimski režim, imajo senčila pomembno vlogo tudi v zimskem obdobju, saj zmanjšujejo toplotne izgube.

Notranja senčila so manj učinkovita, ker večina sončnega sevanja preko stekla že pride v prostor, kjer vpada na notranje senčilo. Na notranjem senčilu se sevalni toplotni tok deloma odbije, deloma ga senčilo prepušča, preostanek pa se absorbira v senčilu in se v obliki dolgovalovnega toplotnega sevanja prenaša v prostor. Sistem z notranjimi senčili je učinkovitejši pozimi, saj omogoča toplotne priritke (Zbašnik-Senegačnik, Kresal, 2004, 66).

² Tehnična smernica TSG-1-004:2010, 3.2.2 Zastekljene površine in senčila, PURES 2010.

Na podlagi tehnične smernice Pravilnika o učinkoviti rabi energije se senčila, vgrajena na notranjo stran oken in ostalih steklenih površin, ne štejejo kot protisončna zaščita.³



Slika 19: Delovanje zunanje sončne zaščite in delovanje notranje sončne zaščite

Vir: Martina Zbašnik-Senegačnik, Janez Kresal, 2004, 66

Zaščita pred sončnim sevanjem je lahko tudi vgrajena v steklo, kot na primer žaluzije v medstekelnem prostoru, pri čemer so lamele hermetično zaprte med dve stekli. Kot zaščita pred sončnim sevanjem se uporablja tudi več vrst sončno zaščitnih stekel, kot na primer barvna stekla, stekla s kovinskimi folijami, termotropna stekla, plinokromna stekla, elektrokromna stekla, stekla s kovinsko mrežo v medstekelnem prostoru, sitotisk na steklu itd.

Najučinkovitejša senčila morajo biti odmaknjena od okna in vgrajena na zunanji strani, da je omogočeno hlajenje senčila s konvekcijo. Pri izbiri senčil so pomembne njihove fizikalne lastnosti, kot je visoka odbojnost površine senčila za kratkovalovno sončno sevanje, funkcionalnost, zahtevnost vzdrževanja in estetska prilagojenost arhitekturi hiše.

Vgradnja senčil mora biti natančna in ne sme povzročati toplotnih mostov. Pogoni senčil so lahko ročni, kot na primer palica ali trak, za energetske varčne hiše pa je priporočljivejši elektro pogon senčil, saj je preboje v steni lažje zrakotesno obdelati.

³ Tehnična smernica TSG-1-004:2010, 3.2.2 Zastekljene površine in senčila, PURES 2010.

7 ZRAKOTESNOST ENERGETSKO VARČNE HIŠE

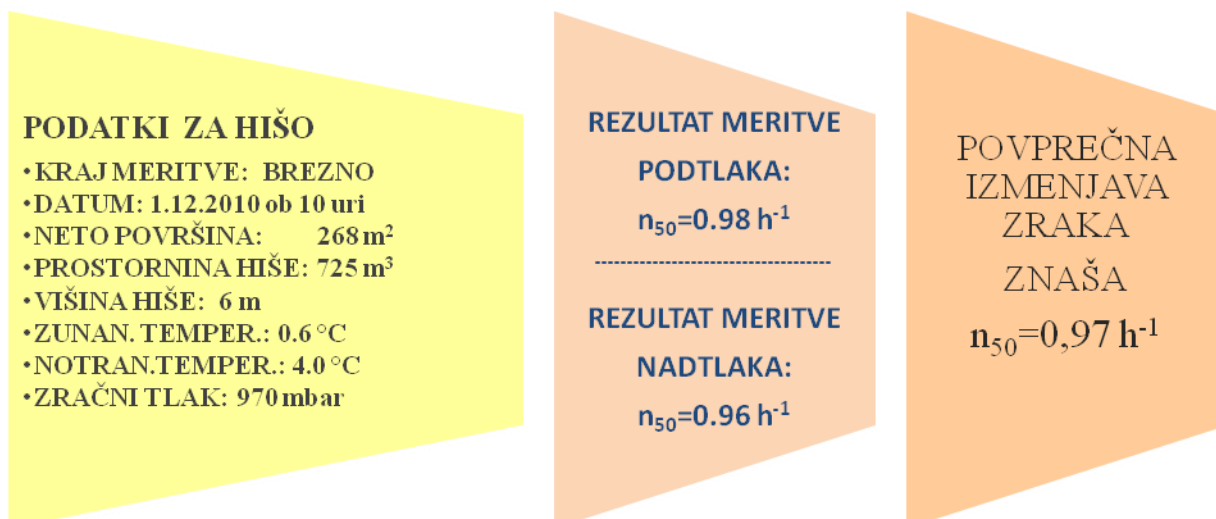
7.1 Načrtovanje in preverjanje zrakotesnosti

Zrakotesnost za energetske varčne hiše iz eko materialov se prične načrtovati že pri zasnovi objekta z ustrezno konstrukcijo, pri kateri lažje dosežemo zahtevano zrakotesnost in z izbiro zrakotesnih materialov (merilo za zrakotesni material je prepustnost za zrak $q_{50} < 0,1 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$) za izdelavo montažnih elementov. Načrtovati je potrebno vse detajle, izvedbe stikov med posameznimi montažnimi elementi, stavbnim pohištvom in stikom obodnih montažnih sten z betonsko ploščo.

Zrakotesnost stavbe merimo z Blower Door testom tako, da se meri pretok zraka med okolico in hišo v odvisnosti od razlike v zračnem tlaku. Razlika se vzpostavi z ventilatorjem, ki se običajno namesti na odprtino vhodnih vrat. Število izmenjav zraka na uro, ki se označuje z » n_{50} «, pri razliki v zračnem tlaku med stavbo in okolico 50 Pa je za energetske varčne hiše med $1,5\text{--}2,0 \text{ h}^{-1}$ (po PURES-u se zahteva za stavbe z vgrajenim mehanskim prezračevanjem $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$). Blower Door test se lahko izvede že, ko je montaža hiše in groba montaža instalacij zaključena in so vsi stiki posameznih konstrukcijskih elementov ter preboji za instalacije zrakotesno zatesnjeni, saj je v tej fazi, v primeru neustreznih rezultatov meritve zrakotesnosti, še možno izvesti popravke brez stroškov in improviziranih rešitev detajlov.

7.2 Ogled preverjanja zrakotesnosti hiše v praksi

Blower Door test sem si ogledala na montažni hiši Marles v kraju Brezno pri Podvelki. Meritev z napravo Blower Door, ki je bila nameščena na odprtino vhodnih vrat, je potekala tako, da so se v računalnik naprave najprej vpisali zahtevani podatki. Z uravnavanjem delovanja ventilatorja se je vzpostavila tlačna razlika med 10 in 60 Pa ter izvedla se je meritev pri nadtlaku in podtlaku. Na osnovi obeh meritev se je izračunala povprečna izmenjava zraka.



Rezultati meritve zrakotesnosti dne 1. 12. 2010 na hiši Rebernik v Breznu pri Podvelki. Rezultat ustreza, saj je bila zahtevana zrakotesnost $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$

7.3 Pomembnost zrakotesnosti

Zrakotesnost hiše je pomembna zaradi tega, da se prepreči uhajanje toplega zraka skozi reže in špranje iz notranjosti hiše skozi montažno konstrukcijo, kjer se ohlaja in kondenzira. Prepreči se nabiranje vlage v konstrukciji, ki lahko pri dolgotrajnem navlaženju povzroči rast plesni in celo zmanjšanje nosilnosti lesene konstrukcije, prepreči se nastajanje toplotnih mostov, ki poslabšajo toplotno ugodje, izgubo energije za ogrevanje ter pregrevanje v poletnem času. Pri doseganju zrakotesnosti je pomembno, da vse zrakotesne ravnine tvorijo zaključen zrakotesni ovoj.

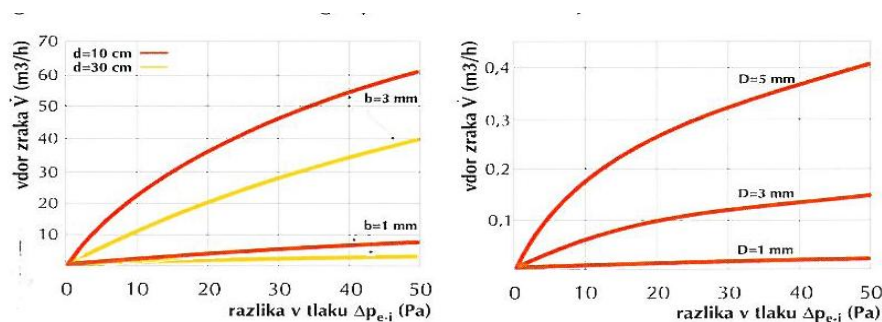


Tabela 9: Količina zraka V, ki vdira v stavbo skozi sloj debeline d skozi rego širine b na 1 m dolžine rege (levo); vdor zraka V skozi protivetrno folijo z okroglo odprtino premera D (desno)

Vir: Medved, 2010, 108

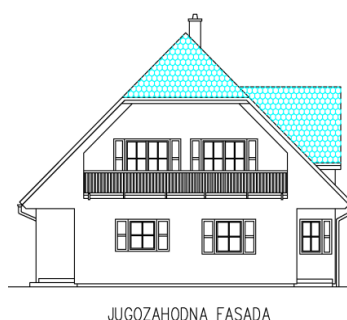
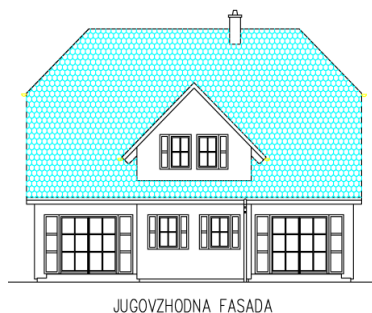
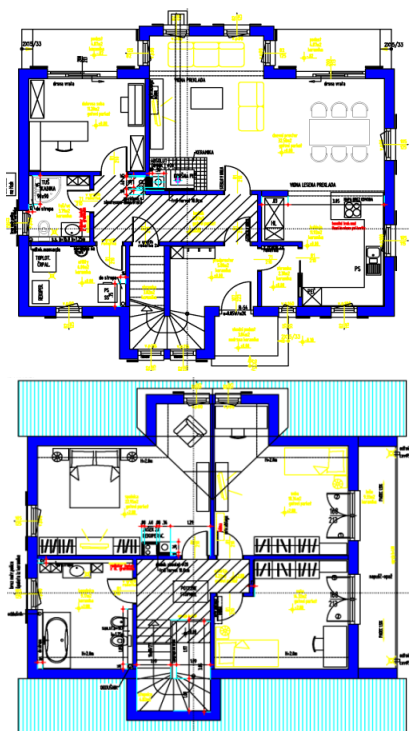
8 IZRAČUN GRADBENE FIZIKE S PROGRAMOM ENERGIJA 2010 - KNAUFINSULATION

Izračun gradbene fizike za toplotno prehodnost zunanje stene, stropa med pritličjem in mansardo ter strešne poševnine-stropa mansarde je narejen za hišo tip Ventaja Marles hiše Maribor, izvedeni v sistemu EKO.

Hiša ima pritličje z izkoriščeno mansardo, je nepodkletena, temelji na AB temeljni plošči, ki leži na gramozni skomprimirani podlagi. Stene in stropovi so montažni, glavni konstrukcijski elementi so dimenzionirani po statični presoji in izvedeni v sistemu EKO, ostrešje je klasično-leseno, z naklonom strešine je 45 °C. Osnovna pravokotna dimenzija objekta je 11,90 x 8,20 m z dvema izzidkoma dim. 3,00 x 1,40 m za stopnišče in 4,30 x 1,40 m iz dnevnega prostora.

PODATKI O POVRŠINI IN PROSTORNINI HIŠE

BRUTO POVRŠINA	NETO POVRŠINA	BRUTO PROSTORNINA	NETO PROSTORNINA
214	172	637	427



Slika 20: Tloris pritličja, tloris mansarde, jugovzhodna in jugozahodna fasada hiše tip Ventaja

Vir: Projekt za izvedbo, hiša Ventaja, Marles hiše – projektivni biro

POROČILO O ANALIZI PREHODA TOPLOTE IN VODNE PARE V GRADBENI KONSTRUKCIJI

Projekt: Stanovanjska hiša tip VENTAJA po tehničnem opisu za sistem EKO-Marles hiše Maribor

Cona: Enostanovanjska cona

Namembnost: Enostanovanjska stavba

Konstrukcija: ZUNANJA MONTAŽNA EKO STENA

Tip: Zunanja stena

Sestava gradbene konstrukcije

Materiali (prvi sloj je znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)
MAVČNO VLAKNENA PLOŠČA 15mm	1,5	0,316	13	1150	0,20
ZAPRTI ZRAK	2	0,111	1	1	0,02
LESNO IZOLACIJSKA PLOŠČA 40 mm	4	0,039	3	45	0,12
OSB 3 /PLOŠČE	1,5	0,13	200	600	3,00
LESNO IZOLACIJSKA PLOŠČA 160 mm	16	0,039	3	45	0,48
LESNO VLAKNENA PLOŠČA	6	0,042	3	160	0,18
ARMIRAN OMET IN ZAKLJUČNI SLOJ	0,7	0,87	20	1500	0,14

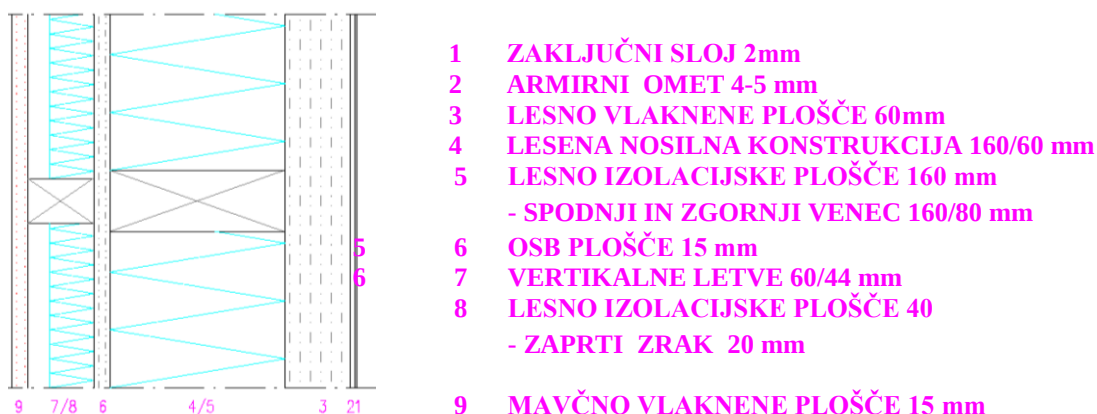
Toplotna prehodnost gradbene konstrukcije

Toplotna prehodnost (U)	0,141 W/m ² K
Dovoljena (U _{max})	0,280 W/m ² K

Difuzija vodne pare

Kondenzacija na površini	Na površinah ne pride do kondenzacije
Kondenzacija v konstrukciji	Ni kondenzacije v konstrukciji
Maksimalna količina kondenzata	0 g/m ²
Dovoljena količina kondenzata	1000 g/m ²

Izračun je narejen s programom gradbene fizike Energija 2010 [**KNAUF INSULATION**]



Slika 21: Konstrukcijski prerez zunanje montažne EKO stene

Vir: Evropsko tehnično soglasje, izdano s strani Österreichisches Institut für Bautechnik za Marles hiše Maribor

IZPIS KONSTRUKCIJE V PROJEKTU

Projekt: Stanovanjska hiša tip VENTAJA po tehničnem opisu za sistem EKO-Marles hiše Maribor Cona: Enostanovanjska cona

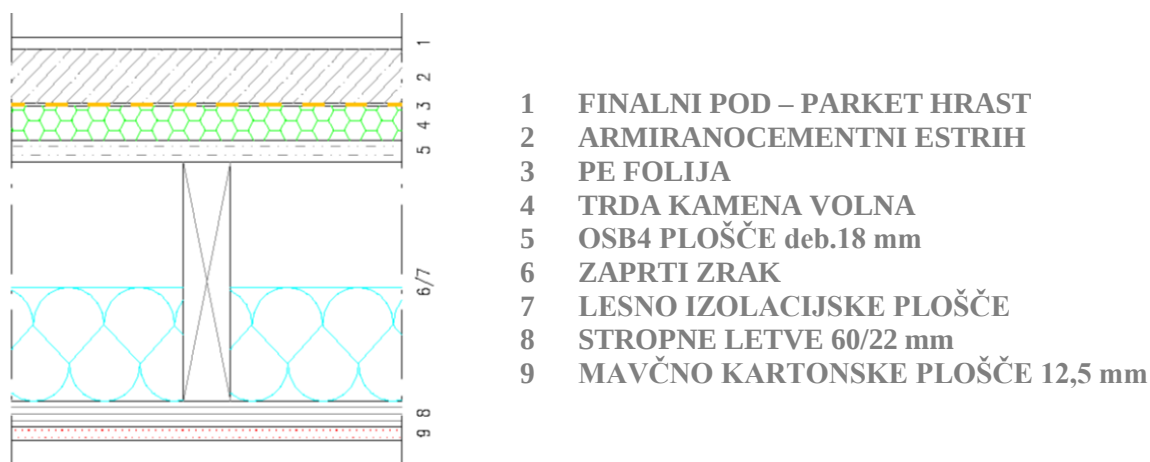
Naziv konstrukcije	STROP PRITLIČJA PROTI OBDELANI MANSARDI	Tip konstrukcije	Stropna konstrukcija med ogrevanimi stanovanji
Toplotna prehodnost	0,21 W/m ² K Ustreza	Difuzija vodne pare	Ustreza

U= 0,211 W/m²K

U_{max}= 0,900 W/m²K

Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)
MAVČNO KARTONSKA PLOŠČA	1,25	0,21	12	900	0,15
STROPNE LETVE 22 mm	2,2	0,14	70	550	1,54
LESNO IZOLACIJSKE PLOŠČE 100 mm	10	0,039	3	45	0,30
ZAPRTI ZRAK - STROP 110 mm	11	0,455	1	1	0,11
OSB4 / PLOŠČE 18 mm	1,8	0,13	300	675	5,40
TRDA KAMENA VOLNA 40 mm	4	0,033	1,1	100	0,04
PE FOLIJA	0,02	0,19	80000	1000	16,00
ARMIRANOCEMENTNI ESTRIH 60mm	6	1,16	22	2000	1,32
PARKET HRAST	1	0,21	50	750	0,50

Izračun je narejen s programom gradbene fizike Energija 2010. [**KNAUF INSULATION**]



Slika 22: Konstrukcijski prerez montažnega stropa Marles EKO z lastnim izborom debeline estriha in finalnega poda

Vir: Oddelek za razvoj Marles hiše Maribor, sistem EKO

POROČILO O ANALIZI PREHODA TOPLOTE IN VODNE PARE V GRADBENI KONSTRUKCIJI

Projekt: Stanovanjska hiša tip VENTAJA po tehničnem opisu za sistem EKO-Marles hiše Maribor

Cona: Enostanovanjska cona

Namembnost: Enostanovanjska stavba

Konstrukcija: STREŠNA POŠEVNINA-STROP MANSARDE

Tip: Poševna streha nad ogrevanim podstrešjem

Sestava gradbene konstrukcije

Materiali (prvi slojje znotraj)	Debelina (cm)	λ (W/mK)	μ	ρ (kg/m ³)	sd (m)
MAVČNO KARTONSKA PLOŠČA	1,5	0,21	12	900	0,18
LESNO IZOLACIJSKA PLOŠČA 40 mm	4	0,039	3	45	0,12
ZAPRTI ZRAK	0,4	0,111	1	1	0,00
PARNA OVIRA EKO NATUR FOLIJA	0,02	0,17	26878	770	5,38
LESNO IZOL.PLOŠČE (šperovci)	22	0,04	3	50	0,66
LESNO VLAKNENE PLOŠČE	2,2	0,042	11	160	0,24

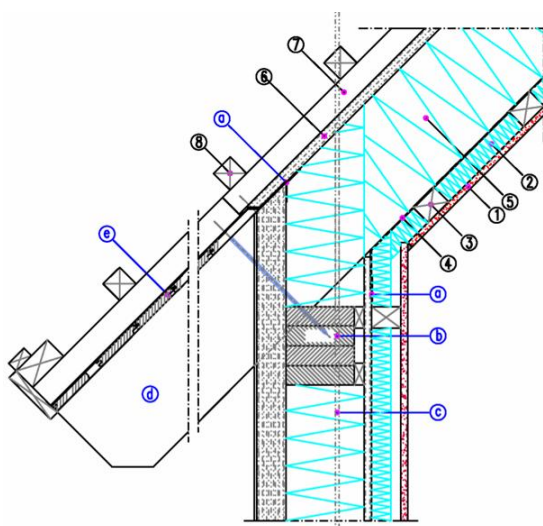
Toplotna prehodnost gradbene konstrukcije

Toplotna prehodnost (U)	0,137 W/m ² K
Dovoljena (U _{max})	0,200 W/m ² K

Difuzija vodne pare

Kondenzacija na površini	Na površinah ne pride do kondenzacije
Kondenzacija v konstrukciji	Ni kondenzacije v konstrukciji
Maksimalna količina kondenzata	0 g/m ²
Dovoljena količina kondenzata	1000 g/m ²

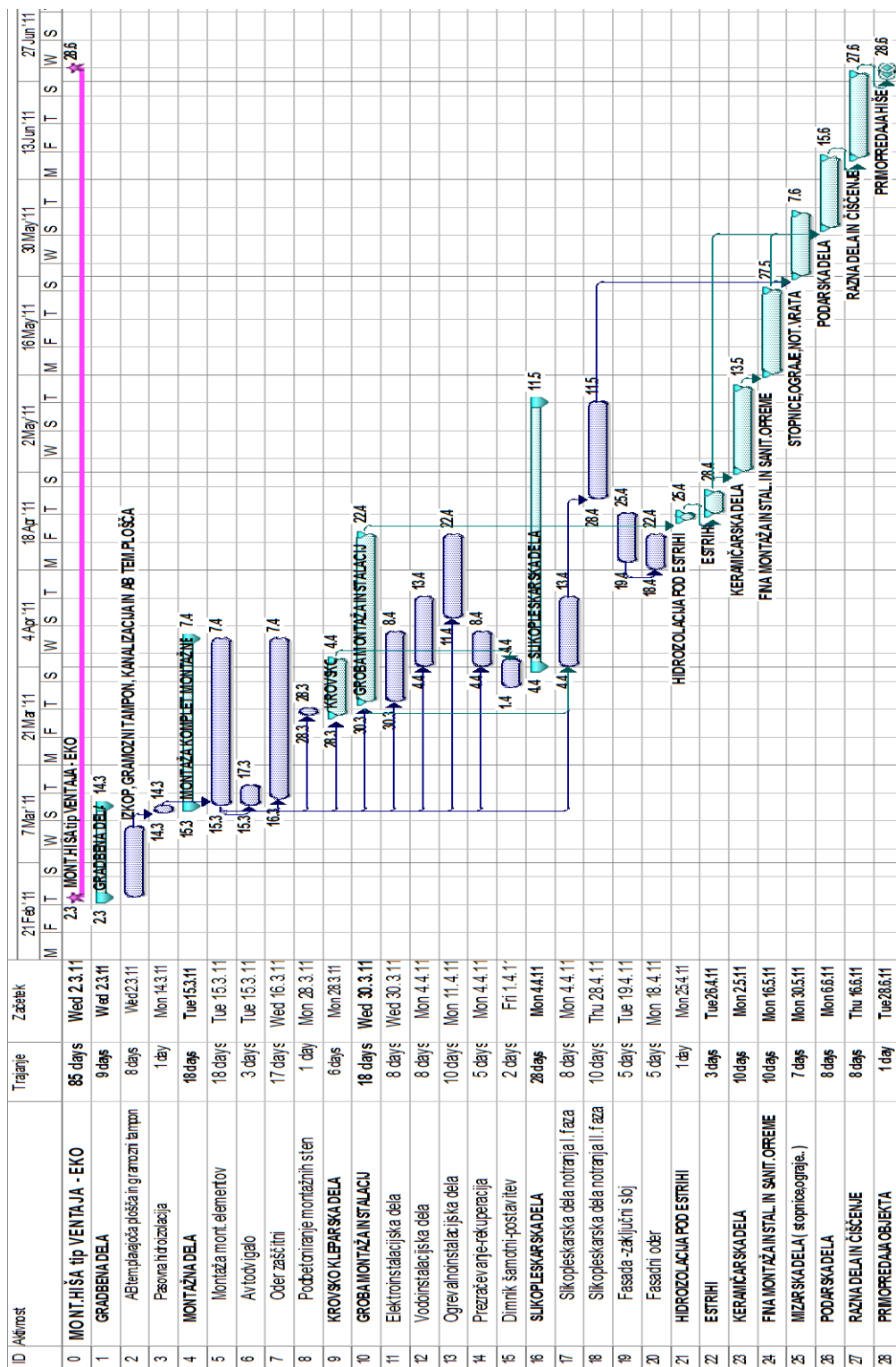
Izračun je narejen s programom gradbene fizike Energija 2010. 



- 1 MAVČNO KARTONSKA PLOŠČA 12,5 mm
- 2 LESNO IZOLACIJSKE PLOŠČE 40 mm
- ZAPRTI ZRAK 0,4 mm
- 3 STROPNA LETEV 60/44 mm
- 4 PARNA OVIRA EKO NATUR FOLIJA
- 5 LESNO IZOLACIJSKE PLOŠČE 220 mm
- STREŠNI ŠPEROVEC 80/220 mm
- 6 LESNO VLAKNENA PLOŠČA 22 mm
- 7 KONTRA LETVE 48/48 mm, 78/48 mm
- 8 STREŠNE LETVE 48/48 mm
- a lepilni trak Airstop Flex 80 mm
- b kapna lega-po statiki
- c zunanja kapna stena
- d strešni špirovec 80/220 mm

Slika 23: EKO sistem Marles hiše Maribor, prerez strešne poševnine in kapne stene

Vir: Oddelek za razvoj Marles hiše Maribor, sistem EKO



9 T ERMI NSKI PLAN IZGR ADNJ E ENER GETS KO VARČ NE HIŠE V EKO SISTE MU MARL ES HIŠE

Tabela 10:
Terminski
plan
izgradnje
montažne
energetsko
varčne
hiše v
EKO
sistemu
Marles
hiše
Maribor v
programu
Microsoft
Project
Vir:
Lasten

10 ZAKLJUČEK

Pri iskanju literature in informacij za pisanje diplomske naloge sem ugotovila, da je v novejšem obdobju dostopne veliko strokovno poljudne literature v časopisih in revijah, ki obravnavajo tematiko energetske varčnih hiš in sodobnih ekoloških gradiv. Zdi se, da se zaradi vse večje ekološke ozaveščenosti in spremembe miselnosti večja interes ne samo za gradnjo energetske varčnih hiš, ki je že zakonsko zapovedana, temveč je zaznati tudi zanimanje za uporabo ekoloških, recikliranih in naravnih gradiv ter vračanje k načelom ekološke gradnje, kot so jo poznali že naši predniki, ki so znali izrabiti naravne danosti prostora, na katerem so postavljali svoja bivališča. Zato se sodobna ekološka gradnja pogosto zgleduje tudi po ekoloških in estetskih prvinah, ki so jih poznali naši predniki.

V obdobju pisanja diplomske naloge sem ob prebiranju strokovne literature opazovala tudi v kolikšni meri se kupci odločajo za nakup montažne hiše v »Eko« sistem. Ugotovila sem, da se za tovrstne hiše odloča manjšina kupcev, saj so ekološki materiali še vedno občutno dražji, vendar je tem kupcem bolj kot cena pomembno, da je njihov dom zgrajen iz ekoloških in okolju prijaznih materialov, saj je »eko« njihov način življenja in razmišljanja.

Največ ekoloških hiš v Evropi ima trenutno Nizozemska, kjer je tovrstna gradnja vsakdanjost, vključno z izgradnjo zelene infrastrukture, ki izboljšuje ekološko kakovost širšega okolja.

Bistvo energetske varčne ekološke gradnje je izbira ustreznih ekoloških gradiv, uporaba obnovljivih virov energije za ogrevanje in prilagajanje okolju s pravilno zasnovo in orientacijo hiše, ki pripomore k pasivnemu ogrevanju pozimi in hlajenju v poletnem času. Vzpodbuda takšni gradnji, ozaveščanje in kar je v današnjih časih za posameznika zelo pomembno, je brezplačno svetovanje, predstavlja projekt Ensnet, ki ga financira Ministrstvo RS za gospodarstvo, izvaja pa ga Gradbeni inštitut ZRMK iz Ljubljane, preko energetske-svetovalnih pisarn v številnih slovenskih krajih. Finančno vzpodbudo za izboljšanje energetske učinkovitosti stavb in naložbe v rabo obnovljivih virov energije pa nudi Slovenski okoljski javni sklad – Eko sklad z dodeljevanjem nepovratnih finančnih sredstev in ugodnih kreditov.

Kakovost ekoloških materialov in proizvodov, kot so montažne hiše, se preverja oziroma dokazuje:

- s pridobitvijo evropskega tehničnega soglasja, ki je podlaga za označevanje hiš z znakom CE in zagotavlja izpolnitev bistvenih zahtev glede varnosti oz. mehanske odpornosti, stabilnosti, požarne varnosti, trajnosti, ekonomičnosti in zdrave bivalne klime objekta. Evropsko tehnično soglasje izdajajo pooblašene ustanove, kot sta Approval Bodies ZAG Ljubljana in Österreichisches Institut für Bautechnik OIB iz Dunaja;
- z mednarodnim znakom kakovosti »natureplus«, ki zagotavlja, da so gradbeni proizvodi funkcionalni, ekonomični in za zdravje neoporečni. Podeljuje ga Mednarodno združenje za trajnostno gradnjo in bivanje-natureplus s sedežem v Neckargemuendu pri Heidelbergu v Nemčiji;
- s certifikatom za ekološko neoporečne gradbene proizvode, ki ga izdaja Institut za gradbeno biologijo v Rosenheimu (Nemčija);
- z LEED-certifikatom, ameriška kategorizacija stavb, ki je po svetu najbolj razširjena, saj ga uporabljajo v številnih državah po svetu in predstavlja mednarodno priznanje za energetske varčno in okolju prijazno rešitev na področju gradnje stavb.

Ekološka energetske varčna hiše je hiša prihodnosti, saj se končuje obdobje energetskega izobilja, zato je nujno potrebno zmanjšati porabo energije, oziroma povečati rabo energije iz obnovljivih virov energije. Za vsak objekt je potrebna presoja celotne energetske bilance stavbe od izdelave gradiv za gradnjo do porabe energije izgotovljene stavbe. Za zagotavljanje takšne usmeritve pri izgradnji stavb v Sloveniji je na osnovi zahtev prenovljene Evropske direktive EPBD 2010/31/EU o energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji sprejet nov Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah s PURES-2 2010 s pripadajočo tehnično smernico.

11 UPORABLJANA LITERATURA IN VIRI

11.1 Literatura

1. Pearson D.: *Eko-bio hiša*, DZS, Ljubljana, 1994.
2. Zbašnik-Senegačnik M., Kresal J.: *Fasadni ovoj*, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2004.
3. Zbašnik-Senegačnik M.: *Pasivna hiša*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2007.
4. Zbašnik-Senegačnik M.: *Eko-logična arhitektura*, študijsko gradivo, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2008.
5. Kitek Kuzman M.: *Gradnja z lesom izziv in priložnost za Slovenijo*, Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 2008.
6. Ministrstvo za okolje in prostor, *Tehnična smernica TSG -1-004:2010, učinkovita raba energije*, Ljubljana, 2010.
7. *Od nizkoenergetske do pasivne hiše - Publikacija ob strokovnem izpopolnjevanju* Plečnikova predavalnica Fakultete za arhitekturo, Ljubljana, 2006.
8. Medved S., Novak P.: *Varstvo okolja in obnovljivi viri energije*, Svet za varstvo okolja Republike Slovenije, Ljubljana, 2000.
9. Medved S.: *Gradbena fizika*, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2010.

11.2 Viri

1. Boršič, B.: *Montažna gradnja*, Prednosti današnjih lesenih hiš, Revija Gradbenik, stran 8–12, 2008.
2. *Gradbeniški priročnik*, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 2008.
3. Grobovšek, B.: *izbiramo in vgrajujemo sodobna okna*, Sodobne hiše-posebna številka revije Naš dom, stran 61–63, 2009.
4. Gruden, T.: *Vpliv zasteklitve na energijsko bilanco stavbe*, Moj dom, stran 18–23, 2009.

5. Ift Rosenheim, *izkaznica izdelka, okno*, Rosenheim, februar 2010.
6. Kitek Kuzman, M.: *Lesene zgradbe-blažilci podnebnih sprememb*, Revija o lesu in pohištvu-leswood, stran 3, št. 02-2010.
7. Knez, F.: *Toplotna izolacija-znana neznanka*, Revija Gradbenik, stran 12–13, 2010.
8. Leskovar, M.: *Zdrav in ekološki dom*, posebna številka revije Naš dom 2010, Ekologija gradnje, Stran 38–45, 2010.
9. Oddelek za razvoj Marles hiše Maribor, *detajli in opisi sistema EKO*.
10. Österreichisches Institut für Bautechnik, *evropsko tehnično soglasje*, pripravil oddelek za razvoj Marles hiše Maribor; Dunaj, 1. 10. 2008.
11. Podatkovni list proizvoda, *izolacijsko steklo*, Kristal Maribor, 29. 11. 2010.
12. Revija Gradbenik-tematska revija, *Leseno stavbno pohištvo za pasivne in nizkoenergijske hiše*, Nizkoenergijske in pasivne hiše, stran 38–39, 2010.
13. Šetina, M.: *Montaža stavbnega pohištva po smernicah RAL*, Revija gradbenik, stran 48–49, 2008.
14. *Tehnični podatki za stavbno pohištvo Marles PSP Podvelka*, januar 2011.
15. Valenčič, M.: *Napotki za načrtovanje hiše jutrišnjega dne*, Sodobne hiše-posebna številka revije Naš dom 2010, stran 6–8, 2010.
16. Žnidaršič, T.: *Kako do bivanjskega ugodja*, Revija gradbenik-nizkoenergijske in pasivne hiše, stran 18–19, 2011.

11.3 Internetni viri

1. <http://montazne-hise-on.net/ekoloske-hise.html>, dne 10. 9. 2010.
2. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/index-publikacije.html>, dne 16. 9. 2010.
3. <http://www.erevija.com/clanek/1038/Energijsko-zavestna-arhitektura>, dne 16. 9. 2010.
4. http://www.arhiforma.si/index.php?stran_id=9, dne 20. 9. 2010.
5. <http://www.erevija.com/clanek/7/Stresna-konstrukcija>, dne 21. 9. 2010.
6. <http://www.kocevje.ensvet.com/index.php?id=4>, dne 5. 10. 2010.

7. http://www.evip.si/index.php?option=com_content&task=view&id=219&Itemid=152, dne 6. 10. 2010.
8. <http://ss1.spletnik.si/000/000/0d0/e0a/Prednosti%20eko%20materialov%20pri%20gradnji%20lesenih%20hix9a.pdf>, dne 9. 10. 2010.
9. <http://www.erevija.com/clanek/1276/Energijska-zasnova-za-enodruziske-hise>, dne 3. 11. 2010.
10. <http://www.he-moste.sel.si/index.php?id=24>, dne 12. 11. 2010.
11. <http://marketsandmarkets.wordpress.com>, dne 14. 11. 2010.
12. <http://www.solarni-sistemi.si/zakaj-solar>, dne 15. 11. 2010.
13. <http://moja-energija.50webs.com/solarna-soncna-energija.htmlIR>, dne 15. 11. 2010.
14. <http://www.krageljarhitekti.si/individualna-gradnja>, dne 18. 11. 2010.
15. <http://obcina.kranjskagora.si/aktualno/Sprejemniki%20soncne%20energije.pdf>, dne 8. 12. 2010.
16. <http://www.ekoprodukt.si/flex.html>, dne 24. 1. 2011.
17. http://www.studentinfo.net/sismapa/skupina_doc/fa/objava_datoteke_12902710332.eksperimentalna.vaja.pdf, dne 31. 1. 2011.
18. http://www.harrer.at/PortalData/52/Resources/laenderseiten/slowenien/hbhb/0101_feuchtevariable_Dampfbremse_klein.pdf, datum 1. 2. 2011.
19. http://hise.freevar.com/montazne_hise.htm, dne 5. 2. 2011.
20. <http://www.kronoply.com/cms/de/web/170/-/KRONOPLY+MDF+-+beidseitig+beschichtet.html>, dne 7. 2. 2011.
21. <http://www.lesnegradnje.si/home/lesne-gradnje/domov/materiali/osb-plo--e.html>, dne 12. 2. 2011.

22. http://www.google.si/search?sourceid=navclient&aq=0h&oq=&hl=sl&ie=UTF-8&rlz=1T4SUNC_slSI398SI401&q=knauf+vidiwall-, dne 13. 2. 2011.
23. http://www.ekosklad-jelovica.si/index.asp?tn=article_04&c=20738, dne 23. 2. 2011.
24. <http://www.reflex.si/?id=68&lang=sl>, 1. 3. 2011.
25. <http://www.podvelka-psp.si/leseno-okno>, 2. 3. 2011.
26. <http://www.reflex.si/?id=68&lang=sl>, 1. 3. 2011.
27. <http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT379.htm>, dne 13. 3. 2011.
28. <http://www.thermofloc.si/index.php/component/content/article/4-zrakotesnost-in-toplotni-mostovi.html>, dne 1. 5. 2011.
29. <http://www.knaufinsulation.si/sl/gradbena-fizika>, dne 15. 7. 2011.