Univerza v Ljubljani
Fakulteta za arhitekturo

PASIVNA HIŠA 2012

Publikacija
ob strokovnem izpopolnjevanju
16. marec 2012

Plečnikova predavalnica
Fakultete za arhitekturo

Ljubljana
2012

Izdala in založila: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

728.37:662.99(082)

PASIVNA hiša 2012 : publikacija ob strokovnem izpopolnjevanju,
16. marec 2012, Plečnikova predavalnica, Fakulteta za arhitekturo /
[uredila Martina Zbašnik-Senegačnik]. - Ljubljana : Fakulteta za
arhitekturo, 2012
ISBN 978-961-6823-20-3

Prispevki so neposredni izdelki avtorjev, zato zanje prevzemajo odgovornost.

Uredila in opremila: prof. dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, u.d.i.a.

Soorganizator strokovnega izpopolnjevanja PASIVNA HIŠA 2012 je PROJEKT ENERBUILD.

Alpine SPACE
EVROPSKO TERITORIALNO SODELOVANJE
PROJEKT SOFINANCIRA EVROPSKI SKLAD ZA REGIONALNI RAZVOJ
naložba v vašo prihodnost

ENERBUILD

Posoški razvojni center

Strokovno izpopolnjevanje je finančno podprl Eko sklad j.s.

Eko sklad
Slovenski okoljski javni sklad
Eco Fund
Slovenian Environmental Public Fund

Medijski pokrovitelj: Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije

ZBORNICA ZA ARHITEKTURO IN PROSTOR SLOVENIJE

Naklada: 300 izvodov
Tisk: Tiskarna Peterlin
Ljubljana, 16. marec 2012

VSEBINA

PROGRAM STROKOVNEGA IZPOPOLNJEVANJA »PASIVNA HIŠA 12..…… **4**

Miro Kristan
S PASIVNO HIŠO V VSAKO SLOVENSKO VAS……**7**

Miha Praznik, Martina Zbašnik-Senegačnik
KLJUČNI PARAMETRI PRI NAČRTOVANJU ENERGIJSKO UČINKOVITIH STAVB TER ZNAČILNOSTI NOVOGRADENJ V OBRATOVANJU..... **10**

David Koren, **Vojko Kilar**, **Martina Zbašnik-Senegačnik**
POTRESNO OBNAŠANJE VEČETAŽNIH STAVB NA TOPLOTNI IZOLACIJI POD TEMELJNO PLOŠČO……..... **20**

Marjeta Vide Lutman
SANACIJA RAVNIH STREH, TERAS IN BALKONOV V STANDARDU PASIVNE HIŠE..... **28**

Stojan Habjanič
ZRAKOTESNOST KOT PREDPOGOJ ZA UČINKOVITOST TOPLOTNE IZOLACIJE..... **36**

Gerhard Kopeinig
PASSIVE HOUSE RENOVATION OF LARGE BUILDINGS..... **42**

Nataša Teraž, Marko Lukić
PASIVNA HIŠA OD ZASNOVE DO IZVEDBE……... **47**

Miro Škvorc
POSLOVNA STAVBA EKO PRODUKT – ZGRAJENA IZ NARAVNIH MATERIALOV ……..…… **54**

Štefan Piškur, **Marko Jankovec, Irena Hošpel**
ZIDANA PASIVNA HIŠA IZ OPEKE NA BELICI …… **63**

Nataša Teraž, Marko Lukić
PRIMUS 137 – PASIVNA HIŠA V PRAKSI ……..... **71**

Peter Podplatnik
PREDSTAVITEV VRTCA NA LAVRICI..... **77**

Borut Kocjan
CELOVITE REŠITVE ZA ENERGIJSKO UČINKOVIT OVOJ ZGRADBE……..... **79**

Tadej Gruden
GRADNJA PASIVNE IN NIZKOENERGIJSKE HIŠE S SISTEMOM YTONG IN YTONG MULTIPOR……..... **85**

Bojana Turk
KOMFORTNO PREZRAČEVANJE…… **89**

PREDSTAVITVE DEJAVNOSTI SPONZORJEV..... **97**

PROGRAM STROKOVNEGA IZPOPOLNJEVANJA

PASIVNA HIŠA 2012, 16. marec 2012

8.30–9.00	**Registracija**
9.00	**Otvoritev in pozdrav** prof.dr. Peter Gabrijelčič, dekan, u.d.i.a., prof.dr. Janez Kresal, u.d.i.a., prodekan
9.00 –13.00	**Ključni parametri pri načrtovanju energijsko učinkovitih stavb ter značilnosti novogradenj v obratovanju** (mag. Miha Praznik, u.d.i.s., GI-ZRMK)
	Potresno obnašanje večetažnih stavb na toplotni izolaciji pod temeljno ploščo (dr. David Koren, u.d.i.g., prof.dr. Vojko Kilar, u.d.i.g., FA)
	Sanacije ravnih streh in balkonov v standardu pasivne hiše (Marjeta Vide Lutman, u.d.i.g.)
	Zrakotesnost in toplotni mostovi v teoriji in praksi (Stojan Habjanič, u.d.i.g., Biogradnja s.p.)
	Otvoritev razstave proizvajalcev in odmor s pogostitvijo
	Sanacije večjih objektov v standardu pasivne hiše (Gerhard Kopeinig, Arch + More Ziviltechniker G.m.b.H., Vrba ob Vrbskem jezeru)
	Pasivna hiša je skoraj nič-energijska hiša (prof.dr. Martina Zbašnik-Senegačnik, u.d.i.a., FA)
13.00	**STROKOVNA DELAVNICA -** svetovanje pri konkretnih vprašanjih udeležencev
	Novogradnje (Martina Zbašnik-Senegačnik, Stojan Habjanič)
	Sanacije (Gerhard Kopeinig)
	Ogrevanje in prezračevanje (Miha Praznik)
	Priprava dokumentacije za nepovratne finančne spodbude za večje objekte (Silvija Kovič)
15.00 – 18.00	**OGLEDI PASIVNIH HIŠ V OKOLICI LJUBLJANE**
	Stanovanjska pasivna hiša Primus 137 Ig pri Ljubljani
	Stanovanjska opečna pasivna hiša Polhov Gradec
	Poslovno skladiščni objekt - Center za ekološko gradnjo Žeje pri Komendi
	Otroški vrtec Lavrica pri Ljubljani

ZAHVALA

Strokovno izpopolnjevanje Pasivna hiša 2012 je bilo izvedeno s sodelovanjem Posoškega razvojnega centra in projekta Enerbuild.

Strokovno izpopolnjevanje Pasivna hiša 2012 je finančno podprl Eko sklad j.s.

Medijski pokrovitelj Strokovnega izpopolnjevanja Pasivna hiša 2012 je Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije.

Vsem se za izkazano podporo zahvaljujemo.

Zahvala gre predavateljem, ki so vedno pripravljeni posredovati svoje široko strokovno znanje in bogate izkušnje.

Kot vsako leto, so tudi letošnje strokovno izpopolnjevanje podprla nekatera podjetja, ki v Sloveniji nudijo znanje, komponente ali izvedbo pasivnih in zelo dobrih nizkoenergijskih hiš. Vsem se zahvaljujemo za sodelovanje in strokovno ter finančno podporo:

Fibran Nord d.o.o.
Schöck Bauteile G.m.b.H.
Saint Gobain Isover in Saint-Gobain Isover Austria G.m.b.H., Podružnica Isover v Sloveniji
Wienerberger opekarna Ormož d.d.
Lumar IG d.o.o.
Ekoprodukt d.o.o.
Xella Porobeton SI d.o.o.
Marles hiše d.o.o.
M Sora d.d.
Ekoaktiv d.o.o.
Lingston d.o.o., svetovanje in inženiring.

S PASIVNO HIŠO V VSAKO SLOVENSKO VAS

Miro Kristan, Posoški razvojni center

Kakovost bivanja je osebna stvar, vendar ima vseeno določene splošne zakonitosti, ki so vezane na človekovo zaznavanje prostora. Bivališče je za zahodno kulturo zavetje, prostor varnosti, ki je po hierarhiji potreb precej visoko in zaradi tega zelo pomemben del kulturne identitete. Način bivanja se je skozi čas spreminjal, osnovni namen pa je ostal in ostaja enak, čeprav je pri razvoju potrebno upoštevati tudi vpliv posameznikov.

Razmerje med ponudbo in povpraševanjem je surov ekonomski vidik trga, ki pa ima svojo zrcalno sliko tudi v arhitekturi. Slednja se prilagaja željam in možnostim, v smeri zagotavljanja optimalnega, kar naj bi vsaj v današnjem času zagotavljala pasivna hiša.

Posoški razvojni center je le ena izmed regionalnih razvojnih agencij, ki vsaka po svoje poskušajo slediti možnostim in priložnostim za svoje območje. Sodelovanje v projektu Nena, ki je obravnaval potencial izrabe lesne biomase, je bil začetek sodelovanja med partnerji držav alpskega prostora, ki se je nadgradilo s projektom **Enerbuild** (ENERgy Efficiency and Renewable Energies in the BUILDing Sector in the Alpine Space**)**. Učinkovitost rabe energije je kot ena izmed prioritet Evrope prepoznana tudi v programih Evropskega teritorialnega sodelovanja, med katere spada tudi program Alpin Space. Izkušnje avstrijske pokrajine Vorarlberg so bile več kot prepričljive, da je bila projektna ideja standarda pasivnih hiš izbrana kot priložnost za vsa partnerska območja. Stopnja razvoja je sicer zelo različna, to pa je bil tudi eden izmed izzivov za projekt, ki je standard pasivne hiše postavil v ospredje. S sofinanciranjem s strani Evropskega sklada za regionalni razvoj je preko programa Alpine Space projekt dobil potrebna sredstva za izvedbo.

O pasivni hiši pišejo strokovne revije, o tem se sliši v poljudnih medijih, nekoliko manj se sliši v fazi načrtovanja novih objektov. Ambicija Posoškega razvojnega centra ob pripravi projekta, je bila prav promocija ob hkratni implementaciji standarda v lokalno okolje. Tovrstni evropski projekti redko dopuščajo investicije, zato smo sprejeli izziv javnega arhitekturnega natečaja, ki naj bi dal odgovor na povezljivost lokalne arhitekturne tipologije in že omenjenega standarda pasivne hiše. Namig je prišel od občinskih urbanistov, ki so se vse pogosteje soočali z umeščanjem energijsko učinkovitih objektov v prostor tradicionalne in s tem mogoče konzervativne arhitekture. Pod krinko energijske učinkovitosti so namreč investitorji vse pogosteje poskušali presegati prostorske zahteve.
Izziv je predstavljala že priprava natečajne naloge, saj je morala hkrati omejevati, obenem pa dopuščati svobodo, ki jo oblikovalci pričakujejo. Tudi naročnik je pričakoval inovativne rešitve, zato je bil prostor za razmišljanje omejen zgolj s klimatskimi razmerami in z osnovnimi vidiki posameznih stavbnih tipov.

Odziv na natečaj je bil zelo dober, recesijska podhranjenost slovenske arhitekture pa se ni najbolje izkazala pri inovativnosti, saj je komisija pri mnogih elaboratih prepoznala številne pomanjkljivosti. To je bil prvi tovrsten izziv, kar na nek način razveseljuje, hkrati pa je potrebno tudi ugotoviti, da brez evropskih sredstev natečaja ne bi izpeljali.

Najboljše rešitve je po mnenju komisije pripravila ekipa Atelier Arhitekti d.o.o..

Bovški tip

Avtorji: Atelier Arhitekti d.o.o.

Kobariško tolminski tip

Avtorji: Atelier Arhitekti d.o.o.

Škofjeloško cerkljanski tip

Avtorji: Atelier Arhitekti d.o.o.

Kaj lahko pasivna bovška, škofjeloško cerkljanska in kobariško tolminska hiša prinesejo razvoju sektorja? Natečajni elaborati sicer obravnavajo individualne rešitve, ki pa skupaj kažejo na možnosti modelskega obravnavanja in s tem dosegajo namen natečaja. Cilj ni bila tipska hiša, ampak splet modelskih rešitev, ki lahko odgovorijo na izziv umeščanja v prostor.

Natečaju so sledile razstave po občinskih kulturnih ustanovah, marsikje so se pojavljala zelo zanimiva vprašanja, ki nakazujejo zanimanje okolja za nove tehnologije. Le čas bo pokazal ali so bile usmeritve arhitektov tudi pravi odgovor na izziv.

Ena izmed predpostavk, ki jo potrjuje tudi praksa v že omenjeni avstrijski pokrajini Vorarlberg je, da mora zgled postavljati infrastruktura javnega sektorja. Investicij, ki bi kazale smotrnost pasivnega standarda v vrtcih, šolah, zdravstvenih domovih in podobno v Sloveniji ni prav veliko. Prav zaradi tega si Posoški razvojni center v okviru projekta Enerbuild prizadeva tudi za promocijo slednjega med t.i. odločevalci, veliko pa se pričakuje tudi od lokalnih skupnosti. Poleg države so namreč občine tiste, ki lahko veliko doprinesejo na tem področju.

Slovenski javni sektor kljub očitni dobrobiti za vse soudeležene v procesu še ni izkoristil te priložnosti. Kljub vsemu se tudi zaradi projektov kot je Enerbuild kažejo premiki, ki bodo vsaj v lokalnih skupnostih prinesli rezultate. Mogoče bo slovenski vzorec postal od spodaj navzgor.

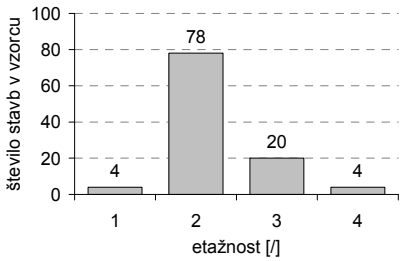
KLJUČNI PARAMETRI PRI NAČRTOVANJU ENERGIJSKO UČINKOVITIH STAVB TER ZNAČILNOSTI NOVOGRADENJ V OBRATOVANJU

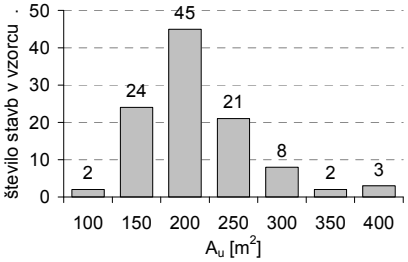
mag. **Miha Praznik**, u.d.i.s., GI-ZRMK, prof.dr. **Martina Zbašnik-Senegačnik**, u.d.i.a., UL Fakulteta za arhitekturo

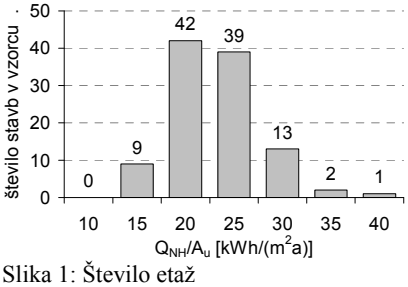
Energijsko visoko učinkovite družinske hiše so se v Sloveniji pojavile okrog leta 2005, bolj množično so začele nastajati leta 2008. Njihova energijska učinkovitost je različna, od pasivnih hiš, do zelo dobrih nizkoenergijskih hiš in nizkoenergijskih. Pristopi k njihovemu načrtovanju so drugačni od ustaljene prakse in morajo upoštevati najnovejša spoznanja in smernice. Takšna stavba lahko v praksi nastopa le kot posledica interdisciplinarnega načrtovanja, ki v vseh korakih zasnove sledi in preverja učinke projektnih rešitev. Načrtovanje se prične z osnovnimi arhitekturnimi izhodišči ter se zaključi s posledično usklajenimi tehnološkimi rešitvami. Za arhitekte je pri tem posebnega pomena dobro poznavanje ključnih pravil, ki vodijo v oblikovanje projektne rešitve za energijsko učinkovit in ekonomsko racionalen stanovanjski objekt.
S tem namenom so v naslednjem prispevku predstavljeni rezultati raziskave, izvedene na večjem vzorcu energijsko učinkovitih stanovanjskih stavb. V raziskavi so bili evidentirani ključni podatki o zgradbah, npr. velikost, število stanovalcev, orientacija, faktor oblike, sestava toplotnega ovoja, letna potrebna toplota za ogrevanje in sanitarno vodo. Na podlagi analiz so bili osvetljeni vplivni mehanizmi ter logika razmišljanja, ki jih je potrebno konceptualno osvojiti za lažje oblikovanje ciljno usmerjenih rešitev. Raziskava osvetljuje mehanizme odzivanja projektne rešitve na ključnih odločitvah. S tem nudi hitrejše prepoznavanje ključnih parametrov, ki jih je smiselno na ustrezen način prenesti v projekte. V njej so izpostavljene nove ugotovitve ter novo oblikovani pogledi, ki se nanašajo na dosedanje ustaljeno razumevanje nekaterih ključnih mehanizmov pri zagotavljanju energijske učinkovitosti stanovanjskih stavb.

Predstavitev raziskovanega vzorca učinkovitih novogradenj

Raziskava energijsko učinkovitih stanovanjskih novogradenj je potekala na vzorcu 106 reprezentativnih družinskih hiš, z letno potrebno toploto za ogrevanje od 10 do 40 kWh/(m^{2}a). Rezultati raziskave so v nadaljevanju predstavljeni v obliki bilančnih in parametričnih analiz, z ugotovitvami in zaključki. Prikazi rezultatov in ugotovitve se nanašajo izključno na analiziran vzorec.







Slika 1: Število etaž
Slika 2: Kondicionirana površina stavbe
Slika 3: Letna potrebna toplota za ogrevanje stavb

Zaradi izredno visokega števila robnih parametrov ter njihovega medsebojnega vpliva na končne rezultate analiz je bil vzorec energijsko učinkovitih novogradenj namenoma zelo obsežen, pri čemer so bili objekti za obravnavo izbrani naključno, brez predhodne selekcije, torej tako kot se novogradnje pojavljajo v praksi.
V vzorec je vključenih 80% enodružinskih hiš, preostali del predstavljajo hiše z dvema gospodinjstvoma ter dvodružinske hiše. 74% stanovanjskih hiš vzorca ima dve etaži (tipično P+M ali P+E), 19% jih ima tri etaže (tipično P+2E ali K+P+M), preostalih 7% pa predstavljajo pritlični ali objekti s štirimi etažami (slika 1). Kriterij kondicionirane površine (A_u) t.j. ogrevane in prezračevane površine prostorov znotraj toplotnega ovoja v vzorcu stavb prav tako izkazuje (slika 2) značilnosti tipične stanovanjske gradnje, saj jih ima 42% površino med 150 in 200 m^2. Manj kot 150 m^2 kondicionirane površine ima 25% stavb, nad 200 m^2 pa 33% stavb analiziranega vzorca. Energijska učinkovitost je različna – 8% novogradenj vzorca izkazuje (slika 3) letno potrebno toploto za ogrevanje v območju $Q_{NH}/A_u \leq 15$ kWh/(m^2a) (pasivne hiše), 76% v območju 15 kWh/(m^2a) < $Q_{NH}/A_u \leq 25$ kWh/(m^2a) (zelo dobre nizkoenergijske hiše) in 16% vzorca v območju 25 kWh/(m^2a) < $Q_{NH}/A_u \leq 40$ kWh/(m^2a) (nizkoenergijske hiše).

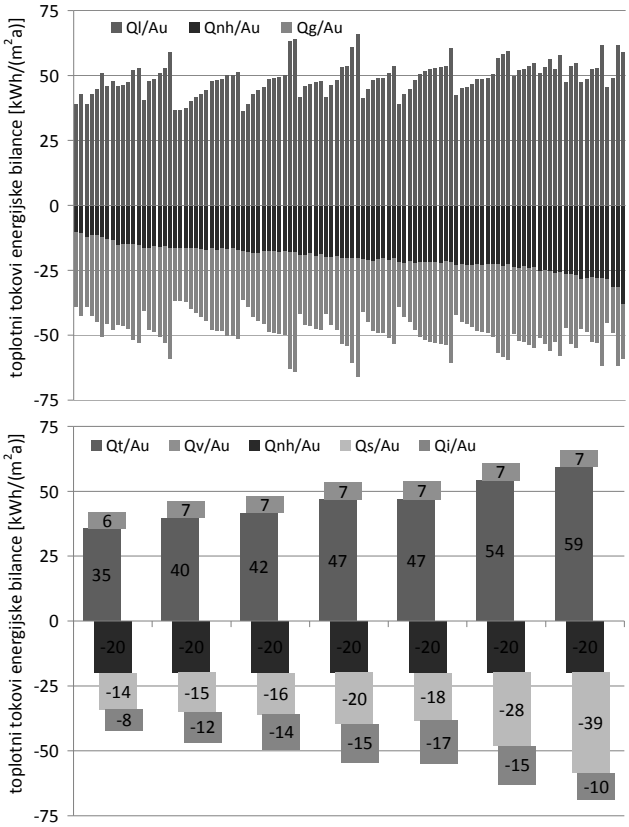
Opis pristopa v načrtovanju in bilančna analiza novogradenj

Osnova koncepta za energijsko učinkovito novogradnjo izhaja iz optimalnih arhitekturnih rešitev na več področjih. Iz razumevanja energijske bilance toplotnih tokov stavbe izhajajo jasna načela, ki preferirajo večjo kompaktnost oblikovanega objekta pred volumsko razgibanostjo in diktirajo načrtovanje prosojnega dela ovoja stavbe skladno z njegovo orientacijo. Pomembno je tudi samo umeščanje stavbe v prostor. Pri zasnovi je smiselno upoštevati toplotno coniranje stavbe in izločanje njenih neogrevanih delov iz toplotnega ovoja. Prednosti so z energijskega vidika izkazane tudi skozi racionalizacijo velikosti stavbe oziroma skozi velikost kondicionirane površine na stanovalca (A_u/P).
Manevrskega prostora je pri sodobnih tehnoloških rešitvah relativno malo, saj energijsko učinkovitost projekta v prvi vrsti omogoča izpolnjevanje prej naštetih načel. Celovito arhitekturno rešitev lahko s tehnologijami za toplotno zaščito toplotnega ovoja in prezračevanjem stavbe samo dopolnjujemo. Njene izhodiščne energijske danosti torej ne moremo dramatično spremeniti.

Pri obravnavi letne energijske bilance, kot je definirana v standardih, se razmišljanje primarno usmeri v segment, ki je pri stanovanjskih stavbah že tradicionalno najbolj izrazit oziroma je običajno najbolj potraten, t.j. v rabo toplote za ogrevanje prostorov. V postopku optimiranja projekta energijsko učinkovite stanovanjske stavbe, npr. pasivne hiše, ki je v evropskem prostoru z metodološkega vidika najbolj prepoznavna, moramo zagotoviti ravnovesje med energijskimi tokovi preko toplotnega ovoja stavbe. Uskladitev teh osnovnih tokov vodi v ravnotežno stanje pogojev v objektu, pri čemer moramo vzpostaviti ustrezne razmere med tokovi toplotnih izgub Q_L (transmisijske toplotne izgube Q_T in prezračevalne toplotne izgube Q_V) in tokovi toplotnih dobitkov Q_g (dobitki sončnega obsevanja Q_s in notranjih virov Q_i) in dovedene energije v sistemih aktivnega ogrevanja Q_{NH}, ki nastopa kot razlika toplotnih izgub in izkoristljivih dobitkov ter delovanja stavbne mase.
Postopek optimiranja stavbe v ciljni razred energijske učinkovitosti, ki se izkazuje skozi doseženo vrednost Q_{NH}/A_u, dopušča arhitektu iskanje rešitev v dveh različnih smereh. Isti končni rezultat je namreč možno doseči na dva načina, z dvema skrajnostma:

a) stavba ima izredno reducirane toplotne izgube ter povprečne toplotne dobitke ali
b) stavba ima povprečne toplotne izgube ter izrazito povečane toplotne dobitke.

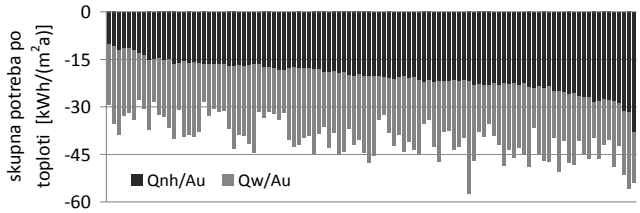
Prikaz možnih rešitev je razviden tudi na rezultatih optimiranih stavb iz analiziranega vzorca (slika 4). V primeru razvrstitve stavb glede na parameter Q_{NH}/A_u, ki se postopoma dviguje od vrednosti 10 do 40 kWh/(m^2a), je znotraj posameznih skupin hiš z istim končnim rezultatom Q_{NH}/A_u razvidno takšno razhajanje. Pri tem se na levi strani skupin nahajajo stavbe, opisane v alineji »a)«, na desni pa stavbe, opisane pod »b)«. Na primeru skupine hiš z enakim rezultatom Q_{NH}/A_u = 20 kWh/(m^2a) je vidno razhajanje v višinah tokov skupnih toplotnih izgub in dobitkov celo v deležu ±20% glede na povprečje skupine (slika 5).

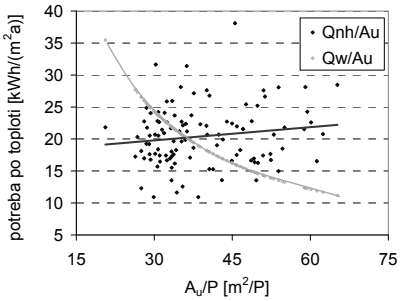


Slika 4: Rezultati projektnega optimiranja na tokovih energijske bilance
Slika 5: Primeri novogradenj iste učinkovitosti, s prikazom razhajanja tokov toplotnih izgub in dobitkov

Pri običajnih, t.j. energijsko manj učinkovitih stanovanjskih stavbah, predstavlja segment priprave tople sanitarne vode približno 20% skupne porabe toplote. Pri energijsko učinkovitih stavbah se takšna značilna razmerja občutno spreminjajo, kar je pojasnjeno na analizi vzorca. S prilagojeno zasnovo je zagotovljena majhna letna potrebna toplota za ogrevanje, katere povprečna vrednost na analiziranem vzorcu znaša Q_{NH}/A_u = 20,4 kWh/(m^2a), z minimalno in maksimalno vrednostjo 10,9 in 38,1 kWh/(m^2a). V segmentu tople sanitarne vode s povečevanjem učinkovitosti instalacij resda zmanjšujemo potrebe po toploti, vendar pa ne moremo zmanjševati same količine porabljene tople vode v gospodinjstvu, saj je vezana na število stanovalcev. Ob tem izhodišču zahteva topla sanitarna voda količino toplote, ki povprečno znaša Q_w = 19,7 kWh/(m^2a), z minimalno in maksimalno vrednostjo 11,2 in 35,5 kWh/(m^2a).

Pri energijsko najbolj učinkovitih stavbah vzorca (pasivne hiše) delež tople vode v letni potrebi po toploti v primerjavi s potrebno toploto za ogrevanje predstavlja čedalje večji delež (slika 6). Pri ostalih stavbah vzorca pa sta segmenta približno enakovredna oziroma postane ogrevanje prostorov zopet prevladujoče. Odvisnost obeh segmentov je parametrično najbolj značilno prikazana (slika 7) v primeru odvisnosti toplotnih potreb Q_{NH}/A_u in Q_w/A_u od parametra stanovanjske površine A_u/P. Ta parameter ima na obravnavanem vzorcu srednjo vrednost 39 m^2/osebo, z minimalno in maksimalno vrednostjo 21 in 65 m^2/osebo. Vrednosti Q_{NH}/A_u in Q_w/A_u se izenačita pri vrednosti približno 20 kWh/m^2a in 35 m^2/osebo. Stavbe z več stanovalci imajo večji delež toplotnih potreb za ogrevanje sanitarne vode. Pri stavbah z manj stanovalci pa prevladujejo večje toplotne potrebe za ogrevanje prostorov.

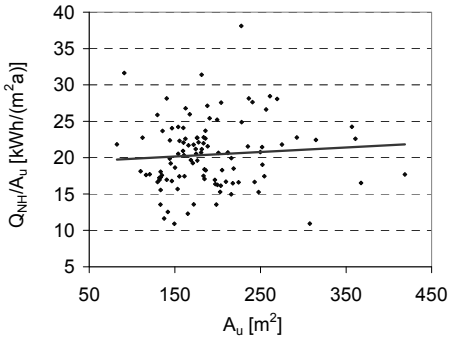


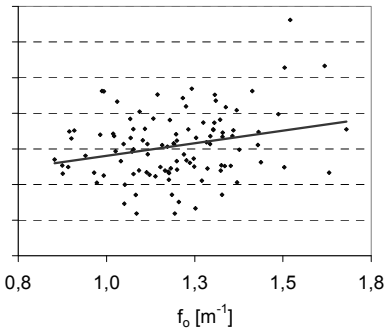


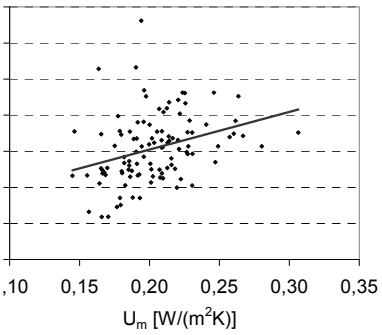
Slika 6: Letne toplotne potrebe – potrebna toplota za ogrevanje stavb in pripravo tople vode
Slika 7: Spremembe v strukturi toplotnih potreb – toplota za ogrevanje stavb in pripravo toplo vode

Analiza vpliva posameznih ključnih parametrov

Primerjava nekaterih značilnih parametrov in njihov vpliv na doseženo energijsko učinkovitost analiziranih stavb nam daje informacije, na osnovi katerih si lahko poenostavljeno tolmačimo principe in učinke ključnih mehanizmov znotraj energijske bilance. Tako oblikovana območja želenih vrednosti za parametre in poznavanje gibanj teh vrednosti lahko služijo kot pomoč pri hitri presoji energijske učinkovitosti idejne zasnove. Poglobljena presoja in optimizacija projekta namreč sledi šele, ko so podlage za novogradnjo konkretneje oblikovane. V takšnem času pa je skok načrtovalca nazaj, v kolikor presoja pokaže na nesprejemljive rezultate, na nivo spreminjanja ključnih idejnih parametrov, neracionalen.







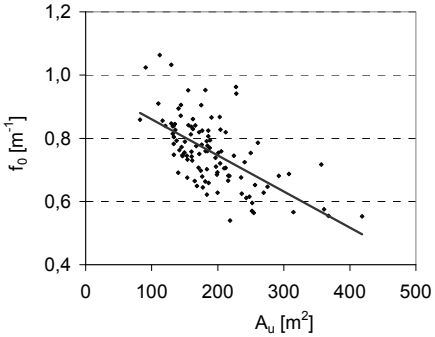
Slika 11: Odvisnost potrebne toplote za ogrevanje in površine kondicioniranih prostorov
Slika 12: Odvisnost potrebne toplote za ogrevanje in faktorja oblike
Slika 13: Odvisnost potrebne toplote za ogrevanje in povprečne toplotne prehodnosti

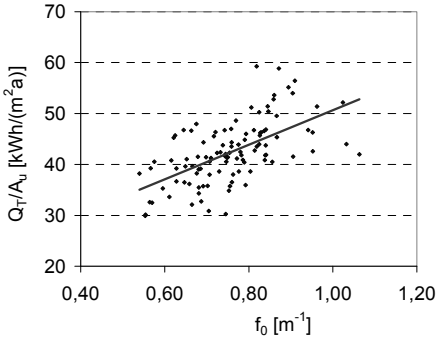
Za energijsko učinkovite stanovanjske stavbe lahko ugotovimo, da povečevanje enodružinske ali dvodružinske stavbe (s tem mislimo na ogrevano površino prostorov A_u ali razmerje A_u/P), ob enakih vsebinah in oblikovanju stavbe, vodi v večje potrebe po energiji za ogrevanje (slika 7 in 11). Ta ugotovitev ne velja za energijsko manj učinkovite stavbe, kjer se s povečevanjem ogrevane površine potreba po toploti za ogrevanje zmanjšuje. Vzrok tej ugotovitvi za energijsko učinkovite novogradnje je tudi dejstvo, da se s povečevanjem stavbe zmanjšuje koncentracija notranjih toplotnih virov. S povečanjem stavbe se minimalno povečujejo transmisijske toplotne izgube, ki količinsko niso

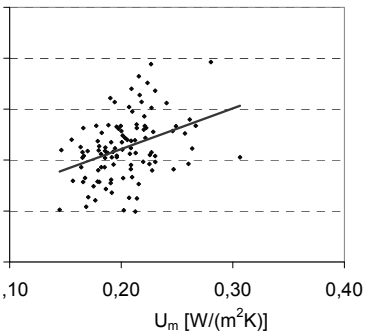
sorazmerne zmanjšanju notranjih toplotnih dotokov. Večina analiziranih objektov ima kondicionirano površino med 100 in 200 m^2 ter vrednost A_u/P od 25 do 40 m^2/osebo.
Rezultati analize obenem potrjujejo dve ugotovitvi:

- potrebe po toploti za ogrevanje prostorov naraščajo s povečevanjem razgibanosti objekta (slika 12) oziroma večanjem faktorja oblike stavbe (f_0);
- potrebe po toploti za ogrevanje prostorov naraščajo (slika 13) s povečevanjem povprečne toplotne prehodnosti (U_m).

Vzrok za to so transmisijske toplotne izgube, ki pri optimiranih stavbah v energijski bilanci še vedno prevladujejo. Za povečevanje energijske učinkovitosti stavb smo namreč predhodno drastično zmanjšali toplotne izgube prezračevanja (zrakotesnost izvedbe in učinkovito prezračevanje). Večina analiziranih objektov je v območju faktorja oblike f_0 = 0,6 in 1,0 m^{-1} ter ima srednjo toplotno prehodnost ovoja med U_m = 0,15 in 0,25 W/(m^2K).







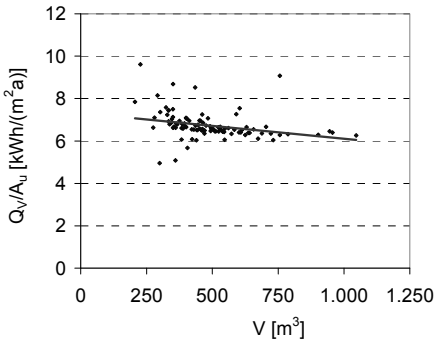
Slika 14: Odvisnost kondicionirane površine in faktorja oblike
Slika 15: Odvisnost transmisijskih toplotnih izgub in faktorja oblike
Slika 16: Odvisnost transmisijskih toplotnih izgub in povprečne toplotne prehodnosti

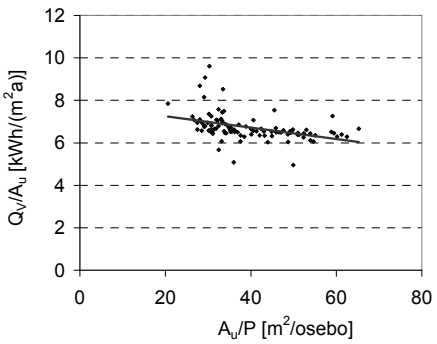
Posebna skrb pri optimiranju je namenjena oblikovanju čim bolj kompaktnega objekta. Ob povečevanju stavbe se faktor oblike hitro zmanjšuje (slika 14). To pomeni, da ima razgibanost objekta bistveno večji, t.j. negativni, vpliv pri (občutljivih) manjših stavbah. Pri večjih objektih, kjer ima arhitekt več svobode, ima večji faktor oblike manj negativnih posledic na porabo energije za ogrevanje. Iz prikazov analiziranega vzorca je razvidno, da ima faktor oblike na transmisijske izgube večji vpliv (slika 15) kot povprečna toplotna prehodnost (slika 16). Pri njem je namreč raztros vzorca večji in ne kaže tako izrazite povezanosti.

Iz rezultatov je razvidno tudi, da se prezračevalne toplotne izgube zmanjšajo v naslednjih primerih:

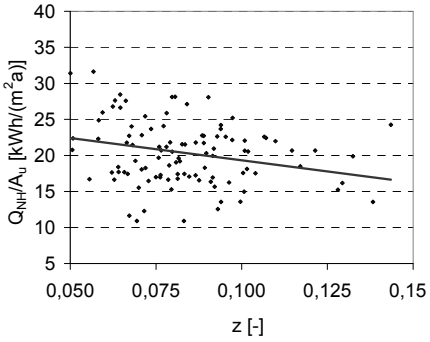
- ob povečanju velikosti stavbe ter s tem povečanju (slika 17) njene neto ogrevane prostornine (V);
- ob povečevanju kondicionirane površine na stanovalca (slika 18).

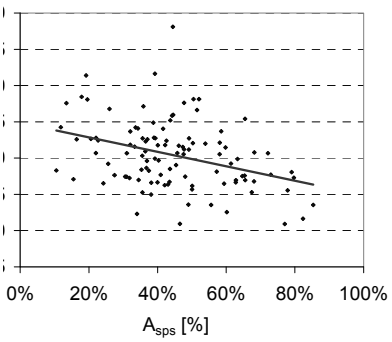
Vzrok za to ugotovitev je dejstvo, da je pri določanju intenzivnosti prezračevanja bolj odločilna količina svežega zraka, ki je odvisna od števila stanovalcev, kot pa količina zraka, ki ga moramo iz zgradbe odvajati.

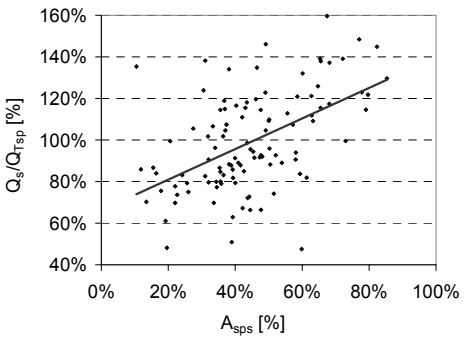




Slika 17: Odvisnost prezračevalnih toplotnih izgub in neto ogrevane prostornine stavbe
Slika 18: Odvisnost prezračevalnih toplotnih izgub in kondicionirane površine na stanovalca

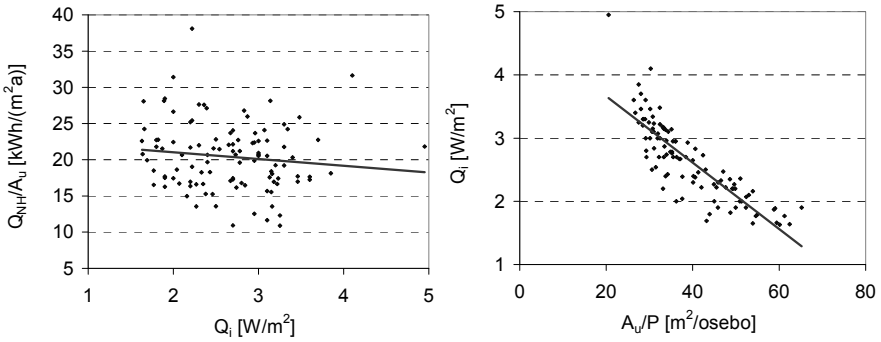






Slika 19: Odvisnost potrebne toplote za ogrevanje in deleža steklenih površin v ovoju
Slika 20: Odvisnost potrebne toplote za ogrevanje in deleža južno orientiranih površin oken
Slika 21: Odvisnost energijske bilance oken in deleža južno orientiranih površin oken

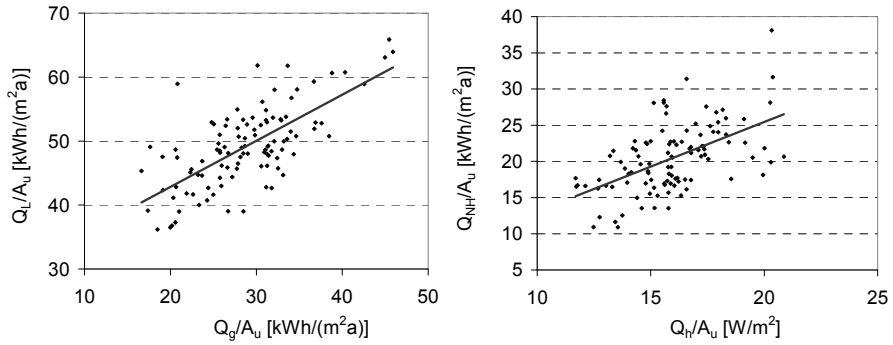
Načela oblikovanja zastekljenega dela toplotnega ovoja občutno vplivajo na energijske karakteristike obratovanja stavb, saj dobitki sončnega obsevanja v toplotni bilanci analiziranega vzorca pokrivajo eno tretjino skupnih toplotnih izgub. S povečevanjem deleža steklenih površin v ovoju (slika 19) ter sočasnim orientiranjem zastekljenih površin pretežno v južni smeri (slika 20) se rezultat bilance občutno izboljšuje. Pri tem je pomemben delež steklenih površin v stavbnem ovoju, ki se na večini vzorca giblje med 7 in 10%, oziroma delež steklenih površin na ogrevano površino stanovanjske enote, kjer je delež med 20 in 30%. Delež južno orientiranih steklenih površin se giblje med 30 in 70%. Energijsko bilanco zastekljenih površin predstavlja razmerje dobitkov sončnega obsevanja in transmisijskih toplotnih izgub oken. Analiza prikazuje (slika 21), da je nevtralen rezultat bilance (vrednost razmerja $Q_s = Q_{Tsp}$) dosežen ob približno 50% južnem orientiranju steklenih površin. V primeru 20% južne orientiranosti se razmerje dobitkov in izgub zmanjša na 80% (negativna bilanca). Ob 80% deležu prosojnega dela ovoja proti jugu pa postane bilanca pozitivna, s toplotnim presežkom v višini kar 30%.



Slika 22: Odvisnost notranjih virov toplote in potrebne toplote za ogrevanje
Slika 23: Odvisnost ogrevane površine na stanovalca in notranjih virov toplote

Tipične vrednosti notranjih virov toplote za stavbe vzorca so v območju med 2,0 in 3,5 W/m^2 (slika 22), pri čemer njihove vrednosti ob enakih vsebinah stavbe ni mogoče bistveno povečevati, v praksi jih je dolgoročno možno samo zmanjšati. Za primer povečevanja teh virov bi stavba potrebovala večje število stanovalcev od projektiranega ali pa občutno manj učinkovite naprave v gospodinjstvu, kar pa seveda ni dolgoročni razvojni cilj oziroma trajnostni vidik rabe stavb. Ker je intenzivnost uporabe naprav v stavbi odvisna skoraj izključno od števila stanovalcev, je jasen trend povečevanja notranjih dobitkov ob zmanjševanju ogrevane površine na stanovalca (slika 23).

S povečevanjem toplotnih izgub stavbe se potreba po toploti za ogrevanje povečuje, s povečevanjem toplotnih dotokov pa zmanjšuje. V primeru manjših vrednosti energijskih tokov (slika 24) lahko skupni toplotni dobitki dosegajo manj kot polovico skupnih toplotnih izgub, v primeru visokih vrednosti energijskih tokov pa se delež pokrivanja lahko dvigne na tri četrtine. Ta ugotovitev sovpada s predhodno identificiranimi scenariji iskanja enakovrednih rešitev za energijsko učinkovito gradnjo v dveh smereh razmišljanja: nizke izgube ob nizkih dotokih ali pa visoke izgube ob visokih dotokih (slika 4 in 5).
Zagotavljanje ustrezne toplotne moči za ogrevanje v konici ogrevalne sezone (slika 25) sledi siceršnjim potrebam stavbe po toploti za ogrevanje, saj je mehanizem določitve vrednosti podoben, pri čemer prve vrednosti v povprečju vedno dosegajo 80% druge, v siceršnjem območju med Q_h/A_u = 12 in 20 W/m^2. Pri stavbah s Q_{NH}/A_u < 20 kWh/(m^{2}a) izenačevanje obeh vrednosti ne bi nujno vodilo v večjo napako ter lahko služi za hitre ocene. Za določitev skupne potrebne toplotne moči se ustrezno upošteva še del rezervirane moči za pripravo tople sanitarne vode, sicer neposredno odvisne zgolj od števila stanovalcev, s siceršnjimi vrednostmi v istem razredu, t.j. med 10 in 20 W/m^2!

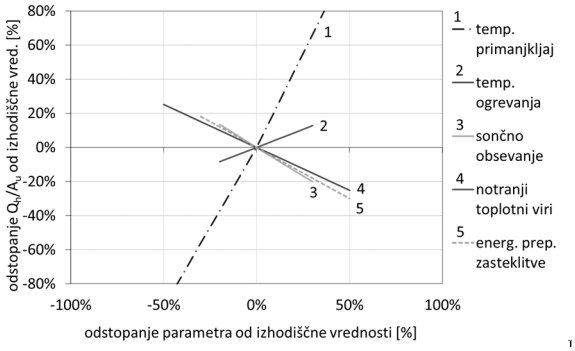


Slika 24: Odvisnost skupnih toplotnih dobitkov in toplotnih izgub
Slika 25: Odvisnost potrebne toplotne moči za ogrevanje in potrebne toplote za ogrevanje

Analiza občutljivosti na rezultatih vzorca za identificirane ključne parametre

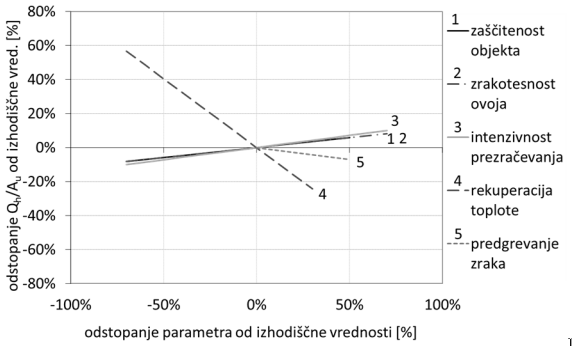
Pri vrednotenju učinka sprememb posamičnih parametrov na doseženo energijsko učinkovitost si pomagamo z analizo občutljivosti, ki je prikazana v treh nivojih:

- Pri obravnavi prve serije petih parametrov (slika 26) je energijska bilanca stavb na analiziranem vzorcu najbolj občutljiva na parameter temperaturnega primanjkljaja mikrolokacije, ki sicer na domače klimatske razmere tipično variira med vrednostmi ±30% glede na referenčno izhodišče, s posledično spremembo učinkovitosti v območju ±60%. Temperatura ogrevanih prostorov ima trend v isti smeri in tipično variira v območju med projektno vrednostjo (0%) in +20%, na rezultat pa v tem primeru vpliva s prirastom +10%. Parametri notranjih virov toplote, globalnega sončnega obsevanja na mikrolokaciji in faktorja prepustnosti celotnega sončnega obsevanja zasteklitve vplivajo na spremembo rezultata v nasprotni smeri, z dokaj podobnim učinkom. V primeru povečanja parametra za +20% se končni rezultat zmanjša za 10 do 15%.



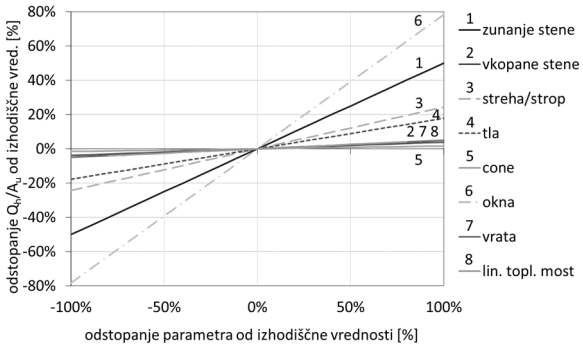
Slika 26: Analiza občutljivosti na parametre lokacije in parametre dobitkov toplote

- Druga serija petih parametrov (slika 27), ki vplivajo na prezračevalne toplotne izgube, kaže na največje spremembe rezultata pri variaciji učinkovitosti vračanja toplote v sistemu prezračevanja. Realna sprememba parametra v obsegu ±10% se odraža v spremembi učinkovitosti ±8%. Neprimerno manjši vpliv ima uvajanje sistema predgrevanja svežega zraka, kjer bi ob stopnji 50% predgretja dosegali znižanje končnega rezultata za manj kot 10%. Parameter urne izmenjave zraka v stavbi s prezračevanjem ter parameter dosežene zrakotesnosti stavbnega ovoja imata praktično identičen učinek. Povečanje vrednosti vsakega parametra za 60% se odraža v dvigu toplotnih potreb za 10%.



Slika 27: Analiza občutljivosti na parametre prezračevanja

- Tretja serija spremenljivk obravnava učinke toplotne zaščite elementov toplotnega ovoja skozi variacijo toplotnih prehodnosti. Končni rezultat (slika 28) je najbolj občutljiv pri karakteristikah oken, kjer je pričakovano spreminjanje toplotne prehodnosti U v območju ±30% ter končnega rezultata na nivoju ±20%. Po učinkih v isti smeri sledijo zunanje stene, strehe in tla, kjer ob spremembi parametra ±30% dosegamo spremembe ±15% ter ±8% in ±6%. Minimalen učinek na končni rezultat imajo vkopane stene in elementi proti neogrevanim prostorom ter vrata, na kar vplivajo predvsem zanemarljivi površinski deleži glede na povprečno velikost ovoja.



Slika 28: Analiza občutljivosti na parametre toplotne zaščite elementov ovoja

Zaključne ugotovitve

Raziskava na vzorcu hiš iz razreda pasivnih, zelo dobrih nizkoenergijskih in nizkoenergijskih je pokazala, da je premišljeno načrtovanje zelo pomembno za doseganje energijske učinkovitosti. V prspevku so sproti predstavljeni principi optimizacije na posameznih ukrepih, v zaključku so še enkrat izpostavljene ključne ugotovitve:

- Arhitekturni koncepti za gradnjo tipične energijsko učinkovite stanovanjske stavbe izhajajo iz potreb investitorja (tipično mlade družine), kar se odraža na visokem deležu enodružinskih hiš. Želje po finančnem obvladovanju investicije vodijo v manjše bivalne površine, saj se meje pomikajo z več kot 200 m^2 na manj kot 150 m^2 oziroma 25 do 35 m^2 na stanovalca, kar pozitivno vpliva tudi na končno energijsko učinkovitost. Večji objekti z isto vsebino so namreč energijsko manj učinkoviti.

- Jasno definirana je postala meja med ogrevanim bivalnim in manj ogrevanim ali celo neogrevanim pomožnim delom, ki mora biti ustrezno izločen iz toplotnega ovoja, kar je predpogoj za enostavnost in racionalnost projektne rešitve. Stavbe vzorca obenem izkazujejo manj kot 10% površinski delež vkopanih elementov, kar nakazuje, da kletne etaže večinoma niso ogrevane.

- Z vidika energijske učinkovitosti novogradnje niso posebej občutljive na sam načelni pristop k oblikovanju stavbe, saj se lahko ustrezna rešitev išče v smeri sodobnih ali tudi tradicionalnih zahtev po izgledu. Arhitekt pa mora biti v iskanju razgibanosti volumna pri manjših stavbah bistveno bolj previden kot pri večjih, saj so le-te z vidika oblikovnega faktorja izredno občutljive na spremembe.

- Tehnološke rešitve sistemov toplotne zaščite neprosojnega dela ovoja lahko izrazito razgibanost volumna z vidika toplotnih izgub le delno nevtralizirajo, pri čemer se mora upoštevati nesorazmerno višjo dodatno investicijo. Toplotne prehodnosti elementov ovoja, ki mejijo na zrak, naj bi se gibale med U = 0,10 in 0,15 W/(m^2K). Elementi, ki mejijo na teren, imajo lahko toplotno prehodnost nad navedeno zgornjo mejo. Zunanje stavbno pohištvo za nizkoenergijske hiše mora imeti toplotno prehodnost U < 1,0 W/(m^2K), za pasivne hiše pa U ≤ 0,8 W/(m^2K). Pri tem je odločilnega pomena sočasen izbor zasteklitev s faktorjem prepustnosti celotnega sončnega obsevanja g > 0,5.

- Poleg jasno definirane meje toplotnega ovoja stavbe mora biti projektno določena in zagotovljena tudi zrakotesna ravnina. Izvedeni objekti naj bi izkazovali zrakotesnost $n_{50} \leq 0{,}60\ h^{-1}$, kar poleg projektnega reševanja zahteva preverjene tehnološke rešitve in dosleden nadzor gradnje. Pomen zrakotesnosti ovoja pri energijski učinkovitosti stavbe potrjuje tudi ugotovitev, da navkljub kakovostni izvedbi ovoja (v prej navedenem razredu) predstavlja nekontrolirana izmenjava zraka z okolico v skupnih prezračevalnih toplotnih izgubah še vedno 30 do 50% delež.

- Vračanje toplote v sistemu prezračevanja je ključnega pomena, saj je to najbolj vpliven parameter prezračevalnih toplotnih izgub. Prezračevalne naprave morajo v energijsko učinkovitih stavbah

zagotavljati najmanj 85% temperaturni izkoristek. Povečevanje intenzivnosti prezračevanja nad potrebno mejo nima tako pomembnega energijskega vpliva kot samo vračanje toplote (50% višjo izmenjavo izniči 10% višja učinkovitost), poleg tega pa v ogrevalni sezoni negativno vpliva na kakovost zraka (nizka relativna vlažnost). Zaradi obeh razlogov naj imajo pri izboru tehnologije prednost entalpijski izmenjevalniki (vračanje vlage in toplote).

- Uskladitev toplotnih izgub in dobitkov je ključnega pomena za doseženo energijsko učinkovitost stavbe. V tem procesu je potrebno v primerih stavb z visokimi toplotnimi izgubami iskati dodatne možnosti za povečevanje toplotnih dobitkov (npr. večje zastekljene površine), pri stavbah z ustrezno zmanjšanimi toplotnimi izgubami pa takšni dodatni arhitekturni ukrepi niso potrebni.

- Bistvenega pomena je umeščanje stavbe v prostor ter odpiranje prosojnega dela stavbe proti jugu. Delež zastekljenih površin na ovoju naj bo okrog 10%, od tega naj jih bo več kot 50% orientiranih južno, kar jim posledično zagotavlja pozitivno energijsko bilanco.

- Izpolnjevanje naštetih kriterijev v večini primerov vodi novogradnjo v razred zelo dobrih nizkoenergijskih hiš (15 do 25 kWh/(m^2a)), zato je v finalizaciji rešitev nujno potrebna računska presoja. Tako optimirana stavba bo lahko obenem imela potrebe po toploti za ogrevanje prostorov v podobnem razredu kot so tiste pri pripravi tople sanitarne vode. Tako nizke skupne toplotne potrebe je potrebno uskladiti z generatorji toplote manjših moči, običajno manj kot 30 W/m^2 (največkrat toplotnih črpalk), in sistema ogrevanja s hitro odzivnostjo.

POTRESNO OBNAŠANJE VEČETAŽNIH STAVB NA TOPLOTNI IZOLACIJI POD TEMELJNO PLOŠČO

dr. **David Koren**, u.d.i.g., prof.dr. **Vojko Kilar**, u.d.i.g., **Martina Zbašnik-Senegačnik**, u.d.i.a.
UL Fakulteta za arhitekturo

POVZETEK
Toplotna izolacija pod temeljno ploščo omogoča stik stavbe s terenom brez toplotnega mostu. Pri manjših stavbah tak ukrep ni konstrukcijsko vprašljiv, večje večetažne stavbe pa potrebujejo presojo glede potresne varnosti. V članku je predstavljeno seizmično obnašanje stavb različnih mas, tlorisnih dimenzij, na različnih temeljnih tleh in toplotnoizolacijskih podlagah iz ekstrudiranega polistirena (XPS). Rezultati poenostavljenih seizmičnih analiz kažejo, da lahko pri močnejšem potresnem vzbujanju v nekaterih primerih pride do preseženih tlačnih trdnosti XPS-a že pri trietažnih stavbah (t.j. P+2E ali P+E+M).

Ključne besede: potresna varnost pasivnih stavb, toplotna izolacija, temeljenje na toplotni izolaciji, napetosti pod temeljno ploščo.

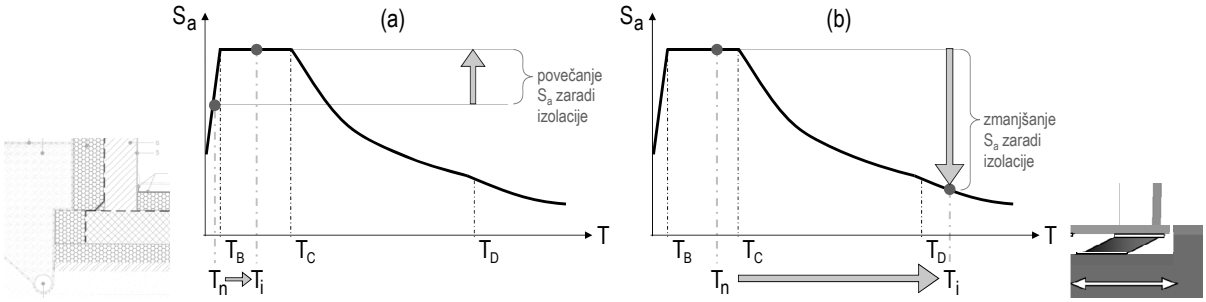
UVOD

Odpravljanje toplotnih mostov je pri pasivni hiši ključnega pomena. Pri toplotni izolaciji, ki je položena nad temeljno ploščo oz. pasovni temelj, nastane na stiku stene in temeljne plošče ali pasovnim temeljem toplotni most. Ugotovitve povezane s preprečevanjem toplotnih izgub pri pasivnih ali nizkoenergijskih hišah (Zbašnik-Senegačnik, 2008a) narekujejo, da toplotni ovoj poteka neprekinjeno okrog in okrog stavbe – tudi pod temeljno ploščo stavbe ali njenimi temelji. Pri manjših (enodružinskih) hišah tak ukrep ni konstrukcijsko vprašljiv, drugače pa je pri višjih/težjih/ožjih objektih grajenih na potresnih območjih, na katere ima potres lahko večji vpliv. V splošnem pomeni vsaka prekinitev nosilnih sten ali stebrov z izolacijo zelo veliko zmanjšanje horizontalne togosti in nosilnosti konstrukcije, ki lahko ogrozi njeno potresno varnost. Takšne prekinitve torej niso dovoljene brez uporabe ustreznih nadomestnih podstavkov, ki jih lahko preračuna le statik za vsak primer posebej. Drugače je z uporabo toplotne izolacije pod temeljno ploščo, ki je seveda mogoča, paziti pa je treba predvsem na naslednje:

- da zaradi nihanja stavbe med potresom niso prekoračene projektne strižne in projektne tlačne napetosti in/ali deformacije v izolaciji pod temeljno ploščo in
- da zaradi drugačnega nihanja stavbe na mehki toplotnoizolacijski podlagi ne pride do nekontroliranega povečanja potresnih vplivov na zgornjo konstrukcijo.

Potrebno se je namreč zavedati, da z vstavljanjem mehkejših slojev kot je npr. ekstrudiran polistiren (XPS) med temeljno ploščo in podložni beton podaljšamo nihajni čas stavbe, saj konstrukcija na sloju toplotne izolacije niha počasneje kot pa na trdnih tleh. Do podaljšanja pride tako zaradi večje podajnosti izolacije XPS v horizontalni smeri, kot tudi zaradi podajnosti izolacije v vertikalni smeri, ki poveča t.i. efekt "zibanja" objekta na podajni podlagi ($T_{i(zolirane)} > T_{n(eizolirane)}$). Običajno so tovrstne pasivne "neizolirane" stavbe eno ali dvo-etažne in imajo kar velik odstotek sten ter zato bolj kratke nihajne čase ($T_n < 0{,}1$ s). Z vstavljanjem izolacije pa jim nihanji čas podaljšamo ($T_n \rightarrow T_i$), kar pomeni premik v spektru pospeškov v desno (slika 1). Iz slike 1 (levo) je razvidno, da se zaradi tega sile na zgornjo konstrukcijo lahko precej povečajo, posebej, če gre za premik v resonančni plato spektra (območje konstantnih pospeškov), kjer so lahko na slabših tleh sile na objekt kar nekajkrat večje. Takšno povečanje sil lahko pomeni poškodbe zgornje konstrukcije ali njene vsebine, ki so odvisne od horizontalne in vertikalne togosti izolacije kot tudi od togosti zgornje konstrukcije. Problem je izrazitejši pri masivnih pasivnih hišah, ki imajo večjo maso, ni pa zanemarljiv tudi pri montažnih hišah, ki imajo ob manjši masi in večji togosti lahko izrazito povečane sile na stike montažnih elementov. Če je zgornja konstrukcija podajnejša (npr. T_n pade v plato spektra – slika 1 desno), pa lahko z vgradnjo mehkejših elementov pod temelji dosežemo precejšnje zmanjšanje neugodnih potresnih vplivov na zgornjo konstrukcijo. Slednje predstavlja osnovni princip delovanja klasične potresne izolacije, kjer s pomočjo različnih naprav (elastomerna ležišča, trenjsko-nihajni izolatorji, idr.) nihajni čas podaljšamo vsaj za 2-krat ali več in se s tem v spektru pomaknemo močno v desno

(Skinner in sod., 1993; Fischinger in Isaković, 2001; Kilar in Koren, 2007). Enako bi se tudi pri stavbah grajenih v pasivnem standardu zmanjšanje sil pojavilo šele pri konstrukcijah z daljšim nihajnim časom (to je daljšim od T_C iz spektra, odvisno od vrste tal od 0,4 - 0,8 s), ki pa ga pasivne hiše, ki se gradijo pri nas, praviloma ne dosegajo. Pri večjih in večetažnih objektih grajenih v pasivnem standardu, ki jih je tudi čedalje več (Zbašnik-Senegačnik, 2008b), pa do omenjenega pojava lahko pride. Nasprotno pa je torej pri običajnih hišah, ki imajo krajši nihajni čas (to je krajši od T_B iz spektra, odvisno od vrste tal – od 0,1 do 0,2 s), pričakovati povečanje sil. V tem primeru vgradnja toplotnoizolacijske podlage z vidika potresne varnosti deluje neugodno. Problematika se eksponentno povečuje s povečevanjem višine objekta, oziroma globino njihovega temeljenja.



Slika 1: Pospeški na vrhu zgornje konstrukcije na (a) toplotni izolaciji (XPS) in (b) na klasični potresni izolaciji (elastomerna ležišča) pod temeljno ploščo.

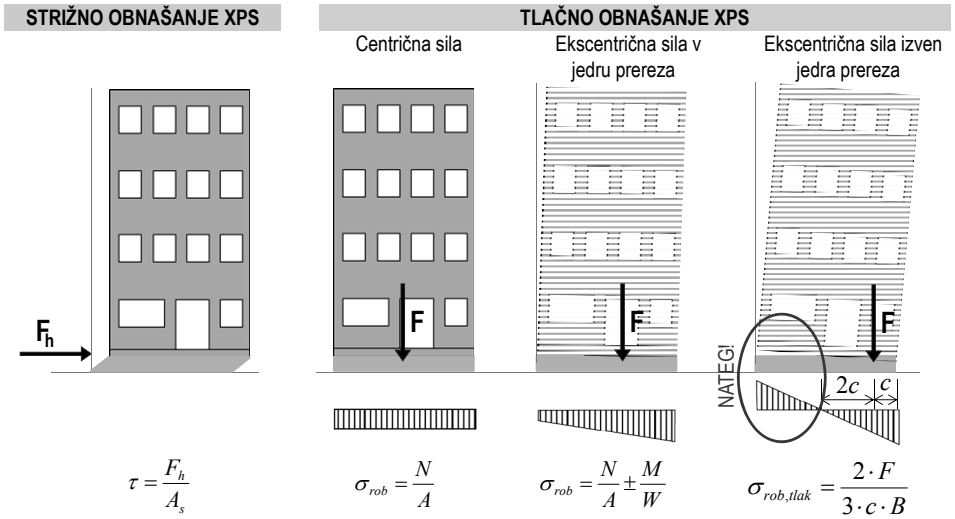
POENOSTAVLJEN RAČUN STRIŽNIH IN ROBNIH TLAČNIH NAPETOSTI V XPS-u

Pri sočasnem delovanju vertikalne in potresne obtežbe pride do nastopa strižnih in vertikalnih napetosti v XPS sloju. V primeru potresa lahko pride zaradi velikih tlačnih obremenitev na robovih do pogrezanja (na tlačnem robu), oziroma odlepljanja temeljne plošče od XPS podlage na nateznem robu (slika 2) – v literaturi je ta pojav znan kot t.i. »rocking« efekt (Ryan in Chopra, 2006; Gelagoti in sod., 2011). Za zagotovitev varnega obnašanja pasivne hiše na sloju izolacije med potresom je potrebno zagotoviti, da te napetosti ostanejo znotraj določenih projektnih vrednosti določenih z eksperimenti. Pri povečevanju napetosti je nevarno tudi naglo povečanje deformacij in posledično izrazito zmanjšanje debeline XPS sloja, ki predstavlja nepovratno deformacijo, ki bi na objektu lahko ostala vidna tudi po potresu. Slika 3 prikazuje primer tlačnega preizkusa kocke iz ekstrudiranega polistirena (XPS 300) s stranico 10 cm. Proizvajalci zagotavljajo XPS plošče različnih nominalnih tlačnih trdnosti (od 300 do 700 kPa) in posledično različnih vertikalnih togosti. Material se pri majhnih deformacijah (do 1-2 % debeline) obnaša elastično, naprej pa izrazito neelastično. Obnašanje v tlaku se v proizvodnji redno analizira (po EN 826, (CEN, 1996)), obnašanje v strigu (po EN 12090 (CEN, 1997)) pa je skoraj neraziskano.

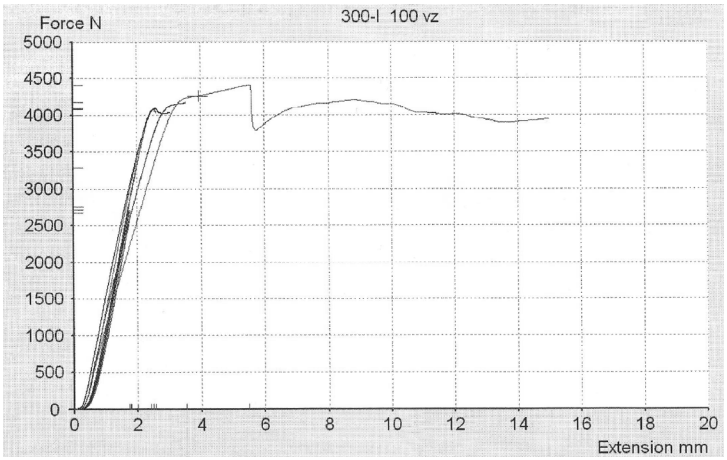
Za kontrolo robnih napetosti v XPS-u pod temeljno ploščo je bil v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta ARRS z naslovom »Varnost pasivnih hiš pri potresu« (šifra L5-4319) razvit računalniški program, ki ob določenih predpostavkah navedenih v nadaljevanju izračuna odziv toge stavbe pravokotnega tlorisa na podajni podlagi (npr. XPS). Kot rezultat program izpiše nihajni čas konstrukcije, največje tlačne robne napetosti v XPS-u pod temeljno ploščo objekta, največje strižne napetosti v XPS-u, največje horizontalne pomike XPS-a in horizontalne pomike vrha stavbe. Program predstavlja preglednica v Excelovem delovnem zvezku (paket MS Office, 2010) s tremi delovnimi listi in procedurami narejenimi v VBA (slika 4). Račun temelji na poenostavljeni seizmični analizi s spektrom odziva. Zgornja konstrukcija je v računu modelirana kot toga škatla z masami koncentriranimi na nivoju posameznih etaž tlorisnih dimenzij a x b. Največje robne tlačne napetosti in največje strižne napetosti se izračunajo po znanih enačbah iz statike (glejte na primer (Kilar, 2012)) navedenih na sliki 2, kjer so:

N …. osna obremenitev temeljne ploskve,
M …. prevrnitveni moment (ob stiku temelja in XPS podlage) zaradi potresne obtežbe,
A …. površina temeljne ploskve,
W …. odpornostni moment temeljne ploskve,
F …. ekscentrična tlačna sila,

c …. oddaljenost ekscentrične sile *F* od roba,
B …. dimenzija temeljne ploskve v smeri, okrog katere vrti moment *M*,
F_h … celotna potresna sila izračunana iz pospeška na vrhu (spekter potresa) in celote mase objekta,
A_s … strižni prerez (za pravokotni tloris je $A_s = 1{,}5 \cdot A$).



Slika 2: Obnašanje (toge) stavbe na podajni podlagi (npr. toplotni izolaciji) pod temeljno ploščo.

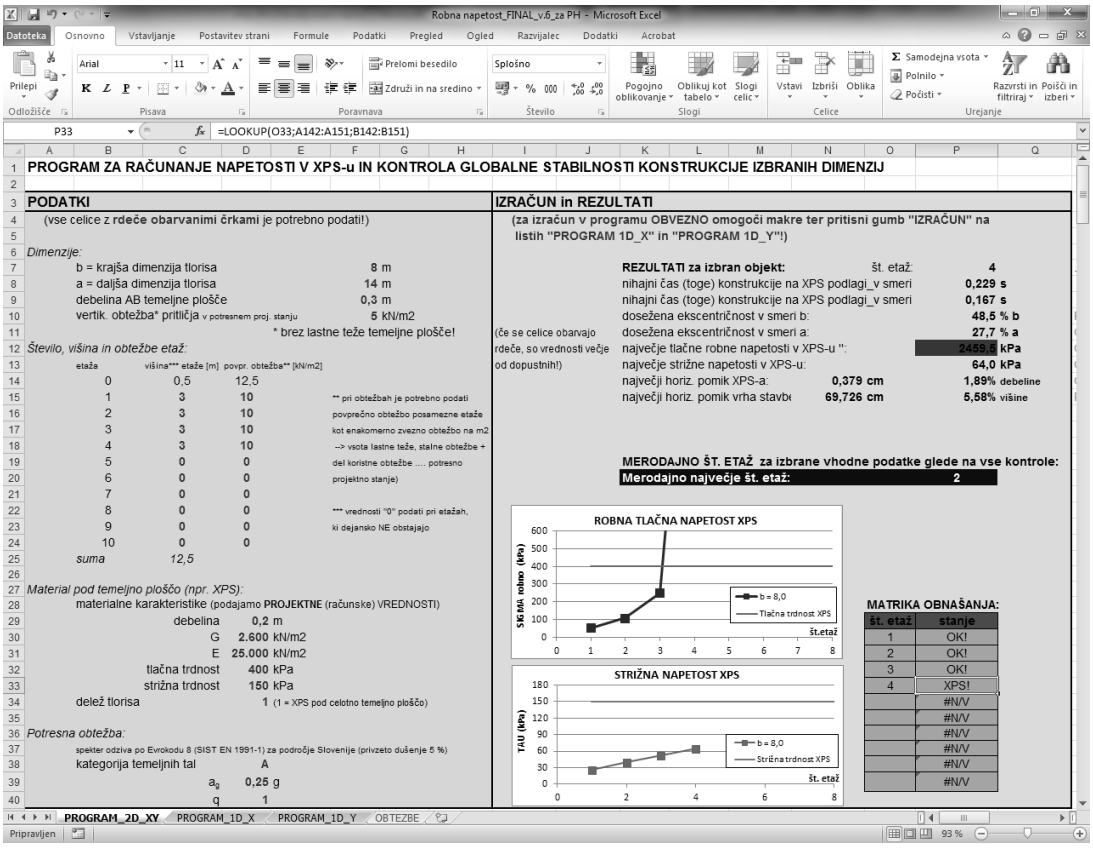


Slika 3: Obnašanje XPS (tip 300-L, d = 10 cm) materiala v tlaku (vir: Fibran Nord d.o.o., 2012).

Osnovne predpostavke programa so:
- Podajnost zgornje konstrukcije ni upoštevana, temveč je zgornja konstrukcija modelirana kot toga.
- Konstrukcija je regularna (brez večjih konstrukcijskih neregularnosti kot so veliki previsi (konzole, balkoni), z enakomerno razporeditvijo nosilnih elementov po tlorisu in s tlorisom pravilne oblike).
- Za površino temeljne plošče in podlage (XPS) se predpostavlja površino enako tlorisnim površinam etaž zgornje konstrukcije (*a* x *b*).
- Pri tlorisu delno pokritem z XPS se v enačbi za napetosti upošteva s faktorjem pokritosti reducirane *A*, *W* in dimenzija *a* oziroma *b* (zaenkrat so predmet analiz objekti s temeljno ploščo pod celotnim tlorisom (100 % pokritost) in ne objekti s pasovnimi temelji).
- Mase po etažah v potresnem projektnem stanju se izračunajo na osnovi podanih enakomernih ploskovnih obtežb upoštevanih po celotnem tlorisu.
- Upošteva se elastični spekter odziva po EC8 za Slovenijo (faktorji tal in karakteristični nihajni časi po Nacionalnem dodatku (SIST, 2005) – različni od tistih v (CEN, 2005)).
- Za izračun nihajnega časa, izračun potresne sile (momenta) oziroma kontrolo robnih tlačnih napetosti v XPS-u se upošteva celotna nihajoča masa (tudi masa etaže 0).
- Vertikalna podajnost XPS-a se upošteva prek podanega elastičnega modula in njegove debeline, tlorisne dimenzije *a* oziroma *b* in koncentriranih mas na podanih ročicah. Nihajni čas se izračuna

po (Fajfar, 1984, str. 461) z upoštevanimi koncentriranimi masami po etažah. Pri močnem potresnem vzbujanju se površina tlačenega dela temelja oziroma XPS podlage spreminja glede na intenziteto in frekvenco vzbujanja. Ker XPS pri odlepljanju temeljne plošče ne nudi nobene odpornosti (nategi so izključeni), je to potrebno upoštevati pri določitvi efektivnega nihajnega časa. Zato je treba definirati efektiven (povprečen) tlačen del XPS podlage. V trenutni verziji je predpostavljeno, da je v tlaku 60 % celotne površine temelja, kar je ekvivalentno 30 % ekscentričnosti $e = M/N$.

- Strižna togost XPS-a je določena kot produkt strižnega modula (G) in tlorisne površine (a x b) na enoto debeline (d) sloja XPS njegove debeline.
- Vpliv dvosmernega vzbujanja je upoštevan po EC8 (CEN, 2005), člen 4.3.3.5.1(3).



Slika 4: Excel preglednica programa.

Za podane vhodne podatke program izpiše rezultate za izbran objekt ter rezultate (za podane tlorisne dimenzije) v odvisnosti od števila etaž. Rezultati so:

a. Nihajni čas konstrukcije v posamezni smeri.
b. Dosežena ekscentričnost (M/N) v posamezni smeri (program javi prekoračitev v primeru, če $e >$ 30 %)
c. Največje tlačne robne napetosti v XPS-u: če je računsko dosežena največja σ_{rob} negativnega predznaka, je merodajna stabilnost objekta, saj rezultanta pade izven tlorisa ($e >$ 50 %).
d. Največje strižne napetosti v XPS-u.
e. Največji horizontalni pomik XPS-a (dovoljeni je 2 % debeline XPS-a, kar naj bi ustrezalo deformacija XPS-a na meji elastičnosti)
f. Največji horizontalni pomik vrha stavbe (dovoljeni je 0,2 % višine stavbe (SIST, 2005)).
g. Največje možno možno število etaž – kot minimum vseh vrednosti glede na vse kontrole (omejitev ekscentričnosti, kontrola prevrnitve, kontrola tlačnih in strižnih napetosti v XPS-u), pri čemer se dodatno v matriki obnašanja izpisuje, ali je merodajna kontrola prevrnitve (stabilnost objekta) ali presežena tlačna trdnost XPS-a.

PARAMETRIČNA ŠTUDIJA

V raziskavi smo s pomočjo razvitega programa analizirali vpliv mase, tlorisnih dimenzij, števila etaž, temeljnih tal in karakteristik XPS-a na potresno varnost izbranih objektov na XPS podlagi. Pri masi smo upoštevali 3 različne materiale konstrukcije (Preglednica 1) po celotni višini objekta. Hibridov v nosilni konstrukciji (npr. armiran beton + les ipd.) nismo obravnavali. Upoštevali smo, da objekti nimajo kleti. V potresnem projektnem stanju je bila skladno z EC8 (CEN, 2005) upoštevana lastna in stalna obtežba ter 30 % koristne obtežbe ($q_{k,100\%}$ = 3,5 kN/m^2). V tej fazi raziskave so bili analizirani samo modeli stenastih konstrukcij. Masa nosilnih sten je bila vključena kot ploskovna enakomerna zvezna obtežba. Pri tem je bil za delež nosilnih sten upoštevan $A_{sten}/A_{tloris,bruto}$ = 10 %, privzeta etažna višina pa 3 m. Analizirali smo 3 različne pravokotne tlorise zgornje konstrukcije (b/a = 6/8, 8/14 in 14/40 m) in enako površino upoštevali tudi za temeljno ploščo in XPS podlago. Za potresno obtežbo je bil vzet elastični (5 % dušenje) spekter odziva po EC8 za Slovenijo, za izbran pospešek temeljnih tal (v tem prispevku so prikazani rezultati samo za največji pospešek temeljnih tal v Sloveniji, tj. a_g = 0,25g), pri čemer smo variirali tip tal (kategorije A-E po EC8). Debelina armiranobetonske temeljne plošče (30 cm) in debelina izolacije XPS (20 cm) pod njo je bila v vseh analiziranih primerih enaka. Etažna višina je bila enaka po vsej višini (3,0 m), celotna višina objekta (H) pa je bila merjena od kote spodnjega roba XPS podlage do vrha stavbe. V parametrizaciji materialnih karakteristik XPS-a smo izhajali iz kataloga proizvodov FIBRANxps proizvajalca Fibran Nord d.o.o. (http://www.xps.si/fibran-xps/dokumentacija/brosure, 2012) ter analizirali proizvode XPS za uporabo pod temelji (oznak 300-L do 700-L) in uporabili navedene materialne karakteristike. Slednje smo v program podali kot projektne (privzet varnostni faktor za material je znašal 1,0), kar lahko upravičimo z zagotovilom proizvajalca, da ima vsak vzorec vsaj tolikšno (nominalno) trdnost. Proizvajalec v katalogu za analizirane proizvode ne navaja vrednosti strižne trdnosti (τ) in strižnega modula (G), v korespondenci pa nam je navedel naslednje vrednosti (enake za vse tipe 300-L do 700-L): τ = 0,15 MPa, G = 2,6 MPa, ki smo jih upoštevali v analizi. Iz navedenega vidimo, da se posamezni proizvodi ne razlikujejo v strižnih karakteristikah in posledično je nihajni čas zaradi translacije (horizontalne podajnosti) enak v vseh primerih. Razlika pa se pojavi v obnašanju v tlaku (elastični modul E za 300-L znaša 20 MPa, za 700-L pa 40 MPa) kar vpliva na skupni nihajni čas.

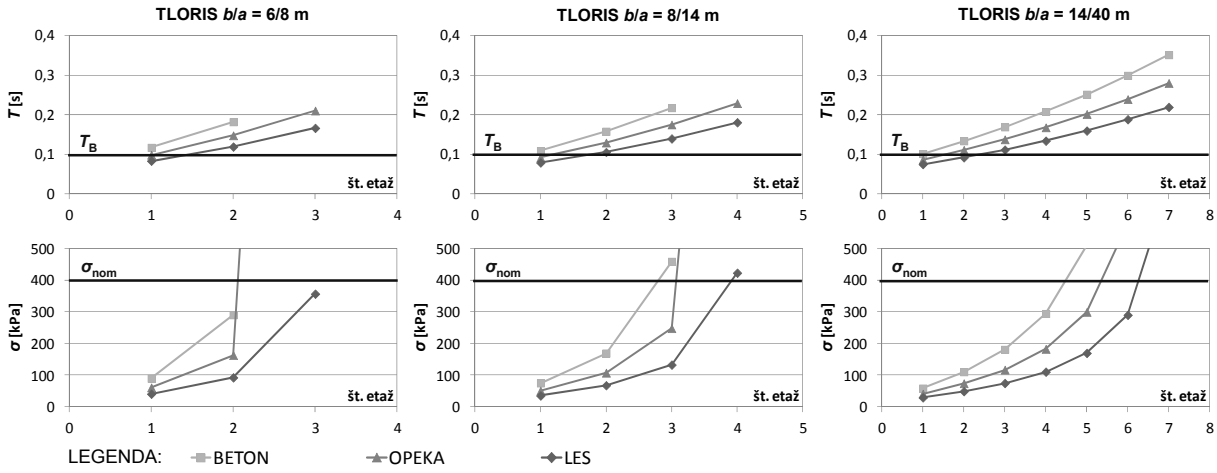
Preglednica 1: Upoštevane vrednosti [kN/m^2] vertikalnih obtežb v potresnem projektnem stanju za različne materiale nosilne konstrukcije.

Konstrukcija	**Pritličje** (brez lastne teže AB temeljne plošče)	**Etaže**
AB plošče + AB stene	7	16
opečne stene + traveta plošče	5	10
les (KLH plošče in stene)	3,5	6

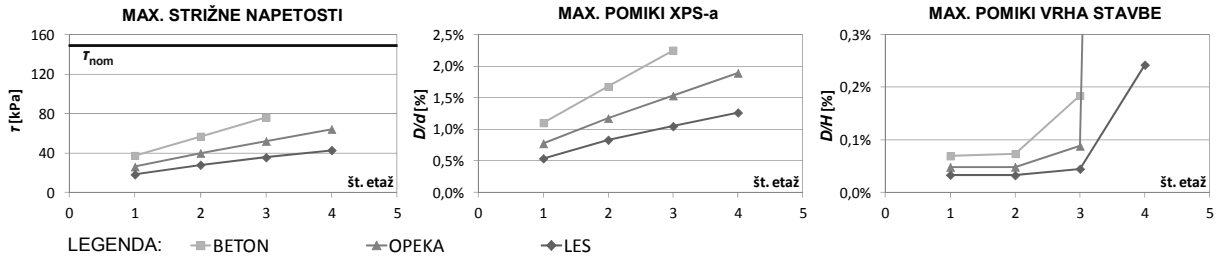
Na slikah 5-8 so prikazani izbrani rezultati izvedenih analiz. Rezultati so prikazani kot nihajni časi v smeri krajše tlorisne dimenzije (b), največje napetosti in pomiki v odvisnosti od števila etaž za različne gabarite in materiale zgornje konstrukcije, različne kategorije temeljnih tal in različne tipe XPS podlage. Prikazani so samo relevantni primeri, torej tisti, pri katerih rezultanta pade znotraj tlorisa objekta in stabilnost objekta ni ogrožena (ne pride do prevrnitve). Povedano drugače, prikazani so primeri, pri katerih je dosežena ekscentričnost (e) manjša od 50 % krajše tlorisne dimenzije. Iz tega razloga so dobljene krivulje različnih dolžin – nekatere se končajo prej (pri nižjem številu etaž) kot druge.

Na slikah 5 in 6 je prikazan vpliv različnih gabaritov in materialov zgornje konstrukcije na izbrani XPS podlagi (400-L) in izbranih temeljnih tleh (A). Opazimo, da so izračunani nihajni časi skoraj v vseh analiziranih primerih večji od mejnega nihajnega časa T_B = 0,10 s v spektru (tla A), kar pomeni, da se je nihajni čas konstrukcije z vgradnjo XPS podlage pod temeljno ploščo podaljšal in se premaknil proti ali v plato spektra, kjer so potresne sile večje! Pričakovano se kot bolj problematične izkažejo težje (betonske) konstrukcije. Pri tlorisih z relativno majhnimi tlorisnimi dimenzijami napram višini objekta (vitki objekti) je v nekaterih primerih pred kontrolo največjih tlačnih napetosti v XPS-u merodajna kontrola prevrnitve (stabilnosti). Pri večjih tlorisih (npr. 14/40) pa je skoraj vedno merodajna kontrola tlačnih napetosti v XPS-u. Glede na dosežene napetosti v XPS-u lahko zaključimo, da je za tloris 6/8 m največje dopustno število etaž 2 (beton, opeka) oziroma 3 (les), za

tloris 8/14 m 2 etaži (beton) oziroma 3 (opeka, les), za tloris 14/40 m pa je dopustno število etaž 4 (beton), 5 (opeka) oziroma 6 (les). Iz poteka največjih tlačnih napetosti v XPS-u lahko opazimo tudi to, da ko je v XPS-u enkrat dosežena neka višja raven robnih napetosti (okrog 200 kPa), le-te pri večanju višine objekta hitro narastejo (večji nakloni krivulj na grafih) in gradnja dodatnih etaž zaradi preseženih nominalnih tlačnih trdnosti (σ_{nom}) materiala XPS ni več mogoča. Če opazujemo največje strižne napetosti in največje horizontalne pomike XPS-a in vrha stavbe (slika 6), ugotovimo, da strižne napetosti v XPS-u niso kritične, saj gre za velike površine. V najbolj kritičnih primerih dosegajo okrog 50 % nominalne strižne trdnosti XPS-a (τ_{nom} = 150 kPa). Problemi s strižnimi napetostmi se pojavijo šele pri težjih in večjih objektih (kar je bilo opaziti npr. pri analiziranem objektu dimenzij 14/40 m na tleh kategorije A in XPS 400-L podlagi) in v primerih z reducirano površino XPS pod temelji (npr. pri pasovnih temeljih). Največji horizontalni pomiki vrha stavbe, ki so definirani kot vsota pomika XPS-a in pomika vrha (na koti *H*) objekta zaradi zasuka, ki je posledica vertikalne podajnosti XPS-a, so v večini analiziranih primerov manjši od mejne vrednosti (0,2 % celotne višine objekta *H*).



Slika 5: Nihajni časi (zgoraj) in največje tlačne robne napetosti (spodaj) za različne gabarite in materiale zgornje konstrukcije na podlagi XPS 400-L in tleh kategorije A.

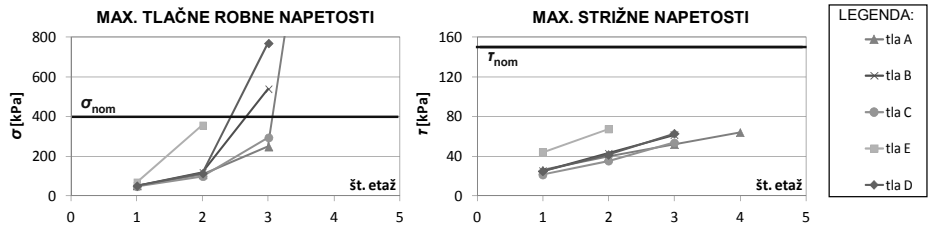


Slika 6: Največje strižne napetosti in največji horizontalni pomiki XPS-a (XPS 400-L) in vrha stavbe iz različnih materialov in tlorisnih dimenzij 8/14 m na tleh kategorije A.

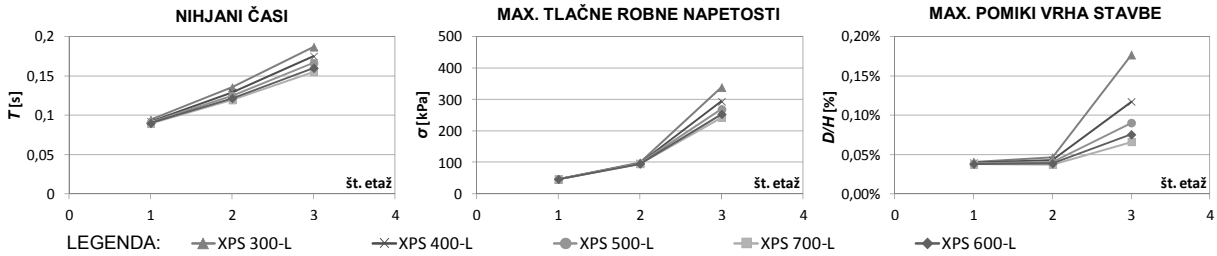
Na sliki 7 je prikazan vpliv vrste temeljnih tal za izbran material zgornje konstrukcije (opečne stene + traveta plošče), izbrane tlorisne dimenzije (8/14 m) in izbrano podlago XPS (400-L). Glede največjih tlačnih napetosti v XPS-u lahko ugotovimo, da dobra tla v splošnem dopuščajo višje objekte kot slabša. V prikazanem primeru tako tla E dopuščajo le 2-etažne objekte, enako tudi tla B in D, tla A in C pa etažo več. Podobno so tudi največje strižne napetosti v XPS-u pri enaki višini objekta dosežene pri temeljenju na slabših tleh.

Slika 8 prikazuje obnašanje opečne konstrukcije tlorisnih dimenzij 8/14 m na tleh kategorije C na XPS podlagi različnih trdnostnih razredov (XPS 300-L, XPS 400-L, XPS 500-L, XPS 600-L in XPS 700-L). Vidimo lahko, da ima stavba postavljena na tršo izolacijo krajši nihajni čas (pri opazovani 3 etažni konstrukciji za do 20%), manjše robne napetosti (pri opazovani 3 etažni konstrukciji za do 40%) in manjši pomik na vrhu stavbe (pri opazovani 3 etažni konstrukciji za do 2,7 krat). V tem primeru je obnašanje na trši izolaciji torej precej boljše kot pa na mehkejši. Največji horizontalni pomiki vrha stavbe so v vseh analiziranih primerih manjši od mejne vrednosti (0,2 % celotne višine objekta *H*).

Največje tlačne napetosti v XPS-u pri nobenem od opazovanih primerov ne dosegajo dopustnih projektnih trdnosti, izjema je le najmanj nosilen tip XPS-a (300-L), pri katerem v primeru 3-etažne stavbe projektno nominalno tlačno trdnost presežemo za cca. 13 %.



Slika 7: Največje tlačne robne in strižne napetosti v odvisnosti od vrste temeljnih tal za opečno zgornjo konstrukcijo tlorisnih dimenzij 8/14 m na podlagi XPS 400-L.



Slika 8: Nihajni časi, največje tlačne robne napetosti in največji horizontalni pomiki vrha stavbe v odvisnosti od tipa XPS podlage za opečno zgornjo konstrukcijo tlorisnih dimenzij 8/14 m na tleh kategorije C.

ZAKLJUČKI

Zaključimo lahko, da je pri projektiranju večetažnih hiš grajenih na toplotni izolaciji pod temeljno ploščo, potrebno določeno pozornost posvetiti analizi potresnega obnašanja, saj z vgradnjo mehkih toplotnoizolacijskih slojev pod temelji spremenimo dinamične karakteristike konstrukcij. Pomembne ugotovitve so:

- Pri stavbah na toplotni izolaciji pod temeljno ploščo lahko pri močnejšem potresnem vzbujanju pride do prekoračitve tlačnih trdnosti XPS-a že pri trietažnih stavbah (t.j. P+2E ali P+E+M). Pri stavbah z dvema etažama do tega ni prišlo v nobenem od analiziranih primerov.
- Kontrola največjih strižnih napetosti in največjih horizontalnih pomikov XPS-a v večini primerov ni merodajna, saj gre za velike površine z veliko togostjo. Obnašanje XPS-a v strigu lahko postane kritično v primeru težjih in večjih objektov in/ali temeljenju na reducirani površini XPS (npr. pasovni temelji).
- Nihajni čas konstrukcije se z vgradnjo XPS podlage pod temeljno ploščo podaljša in se lahko premakne v plato spektra (območje konstantnih pospeškov), kjer so potresne sile največje in posledično lahko postane merodajna kontrola katerega koli globalnega ali lokalnega projektnega parametra zgornje konstrukcije (npr. prekoračitev napetosti ali etažnega zamika zgornje konstrukcije).
- V primerih močnega potresnega vzbujanja so lahko preseženi tudi največji horizontalni pomiki vrha stavbe, ki nastanejo kot posledica zasuka objekta na podajni (v vertikalni smeri) XPS podlagi.
- Analiza vpliva vrste temeljnih tal na največje dosežene tlačne napetosti v XPS-u je pričakovano pokazala, da dobra tla v splošnem dopuščajo višje objekte kot slabša, podobno so tudi največje strižne napetosti v XPS-u pri enaki višini objekta dosežene pri temeljenju na slabših tleh.
- Tlačna nosilnost in togost XPS podlage je bistven parameter za dimenzioniranje XPS sloja, še posebej pri ožjih in višjih objektih, kjer se tlačne napetosti pod robom plošče hitro povečujejo. V teh primerih se zdi primernejša uporaba višjih tlačnih trdnostnih razredov XPS, pri katerih je tudi elastični modul večji (kar zmanjšuje tudi vpliv zibanja zgornje konstrukcije na podajni podlagi).
- Stavba postavljena na tršo izolacijo ima krajši nihajni čas, manjše sile na zgornjo konstrukcijo, manjše robne napetosti in manjši pomik na vrhu stavbe. V tem primeru je s potresnega stališča primernejše temeljenje na tršem XPSu.

Glede na največje dosežene napetosti v XPS-u lahko zaključimo, da je največje dopustno število etaž pri majhnih tlorisih omejeno na 2 do 3 etaže, pri večjih tlorisih pa na 4 etaže in več, odvisno od materiala (mase) nosilne konstrukcije. V parametrični študiji ni bil zajet vpliv podajnosti zgornje konstrukcije, ki bo predmet naših nadaljnjih raziskav z uporabo metod dinamike konstrukcij. V tem primeru je pričakovati, da bo premik na desno stran spektra še bolj izrazit, pri čemer pa bo izolacija za vse konstrukcije, kjer bo nihajni čas daljši od T_C, vplivala ugodno – t.j. zmanjšala sile na objekt. Navedene ugotovitve predstavljajo preliminarne rezultate, ki temeljijo na poenostavljenih seizmičnih analizah. V nadaljevanju raziskave je načrtovana kompleksna parametrična študija, kjer bomo z analizami časovnega odziva natančno analizirali odziv različnih realnih (zgoraj podajnih) konstrukcij na XPS podlagi. Za potrebe analiz bomo zato najprej pridobili eksperimentalne podatke o cikličnem obnašanju materiala XPS, kar je trenutno v svetovni literaturi še neraziskano področje.

ZAHVALA

Predstavljena raziskava poteka v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta ARRS z naslovom »Varnost pasivnih hiš pri potresu« (šifra L5-4319). Kot sofinancer projekta nastopa tudi podjetje FIBRAN NORD proizvodnja izolacijskih materialov d.o.o., kateremu se izrecno zahvaljujemo za vso podporo in pomoč. Enako se člani projektne skupine zahvaljujemo tudi ostalima sofinancerjema projekta (Gradbeni inštitut ZRMK; podjetje DULC, strojne instalacije in inženiring, d.o.o.).

VIRI IN LITERATURA

1. CEN, European Committee for Standardization (1996): European standard EN 826 : Thermal insulating products for building applications - Determination of compression behaviour.
2. CEN, European Committee for Standardization (1997): European standard EN 12090 : Thermal insulating products for building applications - Determination of shear behaviour.
3. CEN, European Committee for Standardization (2005): European standard EN 1998-1 - Eurocode 8, Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.
4. Fajfar, P. (1984): Dinamika gradbenih konstrukcij. Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
5. Fischinger, M., Isaković, T. (2001): Potresna izolacija pri novogradnjah in sanacijah AC mostov: končno poročilo. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana.
6. Gelagoti, F., Kourkoulis, R., Anastasopoulos, I., Gazetas, G. (2011): Rocking isolation of low-rise frame structures founded on isolated footings. Earthquake engineering and structural dynamics (v tisku).
7. Katalog proizvodov FIBRANxps, proizvajalca Fibran Nord d.o.o.: http://www.xps.si/fibran-xps/dokumentacija/brosure (februar, 2012)
8. Kilar, V., Koren, D. (2007): Potresna izolacija stavb kot alternativa za gradnjo na potresnih območjih. Gradbeni vestnik, 56 (12): 307-318.
9. Kilar, V. (2012): Statika II. z osnovami konstrukcij : učbenik za študente arhitekture, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana (v tisku).
10. Ryan K.L., Chopra A.K. (2006): Estimating bearing response in symmetric and asymmetric-plan isolated buildings with rocking and torsion. Earthquake engineering and structural dynamics, 35 (8): 1009-1036.
11. SIST (2005). Nacionalni dodatek k SIST EN 1990 (2005): Evrokod – Osnove projektiranja – Nacionalni dodatek SIST EN 1990:2004/A101 : 2005. Slovenski inštitut za standardizacijo.
12. Skinner, R. I., Robinson, W. H., McVerry, G. H. (1993): An introduction to seismic isolation. John Wiley & Sons, Chicester, England.
13. Zbašnik-Senegačnik, M. (2008a). Pasivna hiša. 2. izd. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana.
14. Zbašnik-Senegačnik, M. (2008b): Veliki pasivni objekti = Large passive structures. AR, Arhit. razisk. 2008/1: 46-55.

SANACIJA RAVNIH STREH, TERAS IN BALKONOV V STANDARDU PASIVNE HIŠE

Marjeta Vide Lutman, Fibran Nord d.o.o.

Večina stavb v Sloveniji, ki so bile grajene pred letom 1970, potrebuje sanacijo tako zaradi starosti objekta kot tudi zaradi njegove energijske neučinkovitosti. Sanacijo v smislu povečane toplotne zaščite bo v naslednjih letih potreboval skoraj vsak bivalni objekt, saj so od leta 2011 zahteve po energijski učinkovitosti precej zaostrene. Sanacija je s strani uporabnikov zaželena zaradi bivalnega ugodja ter visokih cen energentov. Dodaja pa se še nov moment: Članice EU so se zavezale, da se bodo novo grajene stavbe po letu 2020 gradile izključno kot »skoraj nič-energijske hiše«, zato bodo v prihodnje padale tržne vrednosti energijsko potratnim objektom.

Subvencije EKO-SKLADA so pripomogle k odločitvam lastnikov, da se ob potrebnih rekonstrukcijah ali sanacijah stavb odločijo tudi za energijsko adaptacijo. Vse več se jih poleg menjave stavbnega pohištva odloča za celoten ENERGIJSKI ŠČIT stavbe, od toplotne zaščite temeljev, kletnih sten, fasad, ravnih oz. poševnih streh, pa tudi tal na terenu oz. nad hladnim prostorom ter s takimi gradbenimi posegi pripravlja osnovo za nizko-energijsko ali celo pasivno hišo. Toplotna sanacija je potrebna tudi pri balkonih, pa tudi pri vseh ostalih masivnih elementih, ki prebijajo toplotni ovoj stavbe.

IZBOLJŠANJE TOPLOTNE UČINKOVITOSTI RAVNIH STREH

Večina streh, ki so bile grajene v 70-ih in 80-ih letih so potrebne sanacije. Mnoge so bile v tem obdobju že najmanj enkrat sanirane, saj princip gradnje t.i. toplih streh z izpostavljenimi, ali v najboljšem primeru s prodcem osenčenimi membranami ni zagotavljal trajnosti uporabljenim hidroizolacijskim slojem. Strehe, kot so se gradile v 80 letih, imajo minimalno toplotno zaščito, v najboljšem primeru 5 cm toplotne izolacije in toplotno prehodnost okoli 0,75 W/m^2K. Ob sanacijah se je debelina izolacije v povprečju povečala na 10-12cm. Tako dimenzionirana toplotna izolacija je tedaj zadostovala le za preprečevanje nastajanja kondenzata, ne pa kot dejanski toplotni ščit.

Cilj današnje sanacije ravnih streh je pridobiti trajno in toplotno učinkovito streho s toplotno prehodnostjo med 0,15 in 0,10 W/m^2K (po pasivnem standardu). Trajno in po možnosti še uporabno strešno površino garantirajo **sistemi obrnjenih streh**, trajno energijsko učinkovito streho pa izbrani ustrezni tipi proizvodov in občutek izkušenega mojstra pri sami izvedbi sanacije.

Kako pristopiti k sanaciji?

- Natančno preverimo zatečeno stanje:
  - preverimo sestavo obstoječe strehe,
  - preverimo vodotesnost hidroizolacije,
  - kontroliramo morebitno vlago v toplotni izolaciji,
  - preverimo ustreznost naklona in brezhibnost odvodnjavanja,
  - diagnosticiramo morebitna neizolirana mesta s termovizijo,
  - preverimo izvedbo zaključkov strehe...
- Z investitorjem je potrebno definirati bodočo namembnost površine strehe in temu prilagoditi izvedbo sanacije.
- V primeru predvidene povečane obremenitve, mnenje poda statik.
- Sledi odločitev o vrsti sanacije, o kateri se je dobro posvetovati z več strokovnjaki.

Glede na obstoječe stanje in predvideno namembnost strehe so ob energijski sanaciji lahko uporabljeni različni **sistemi obrnjenih streh**:

1. PLUS streha
2. OPTIMO streha
3. DUO streha
4. DUO OPTIMO streha

Postopki sanacij so opisani v nadaljevanju.

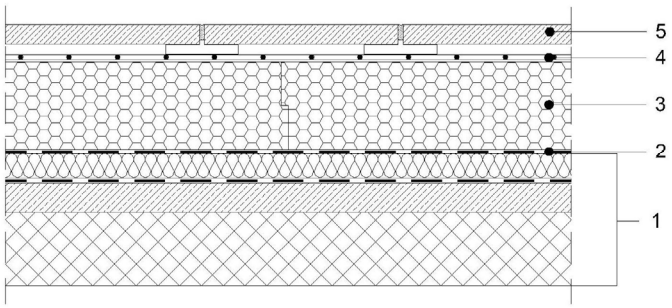
Slika 1 Sestava osnovne obrnjene strehe z zaključnimi plastmi ekstenzivno ozelenjene strehe. Posnetek je narejen na objektu na Trgu Komandanta Staneta v Ljubljani. Uporabljena izolacija: FIBRAN*xps* 300-L

1. Energijska sanacija po principu PLUS strehe

Če obstoječa streha potrebuje le dodatno toplotno zaščito, preverimo kvaliteto hidroizolacije[1)] in se odločimo za PLUS streho po sistemu obrnjene strehe. Za doseganje minimalnih pogojev po Pravilniku o učinkoviti rabi energije (U-vrednost ~ 0,20 W/m^{2}K) zadošča dodaten sloj toplotne izolacije FIBRAN*xps* 300-L v debelini od 18 do 20 cm. Če je bila streha v vmesnem obdobju že energijsko sanirana, in je debelina obstoječe izolacije cca 12 cm, z dodatnimi 20 cm FIBRAN*xps* 300-L plošč dobimo že kar zelo ugoden rezultat (U-vrednost ~ 0,15 W/m^{2}K)

Opomba:
Toplotna prehodnost je preračunana z upoštevanjem:

- vlažnosti obstoječe toplotne izolacije,
- maksimalnega vpliva vlage na toplotno izolacijo, ki je v primeru obrnjene strehe izpostavljena vodi.



Slika 2
PLUS streha – nadgradnja obstoječe

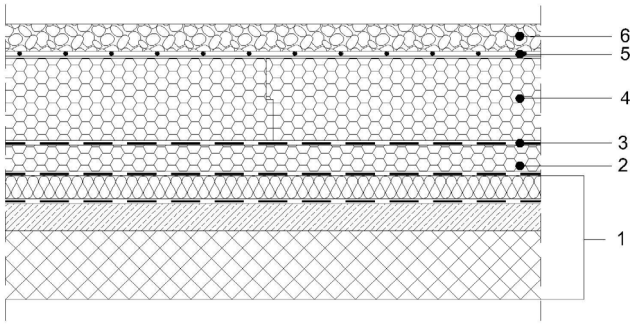
1. Obstoječi konstrukcijski sklop
2. Hidroizolacija
3. FIBRAN*xps* 300-L
4. Drenažni filc
5. Kulir plošče na distančnikih

Slika 2 Prerez PLUS strehe, ki je sestavljena iz obstoječe strehe in principa obrnjene strehe nad obstoječo ali obnovljeno hidroizolacijo.

[1)] Če je hidroizolacija potrebna popravila, je zelo verjetno obstoječa toplotna izolacija prepojena z meteorno vodo. V tem primeru se odločimo za popolno sanacijo strehe, odstranimo hidroizolacijo in toplotno izolacijo in po potrebi zamenjamo parno zaporo.

2. Energijska sanacija in sanacija naklona – OPTIMO[3)] PLUS streha

Če je toplotno izolacijski material obstoječe strehe zadovoljiv, naklon površine pa ni ustrezen, najprej namestimo lahke FIBRAN*xps* INCLINE naklonske toplotno izolacijske plošče, nato položimo hidroizolacijo, ki jo zaščitimo z nadgradnjo po sistemu OBRNJENE strehe. Tako streho imenujemo OPTIMO PLUS.



Slika 3
Sanacija naklona in adaptacija toplotne izolacije – OPTIMO PLUS streha

1. Obstoječi konstrukcijski sklop
2. Naklonska izolacija FIBRAN*xps* INCLINE
3. Hidroizolacija
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Drenažni filc
6. Prodec

Slika 3 Detajl OPTIMO PLUS strehe, ki je sestavljena iz obstoječe strehe in principa obrnjene strehe nad obstoječo ali obnovljeno hidroizolacijo. Dodan je sloj naklonske izolacije . FIBRAN*xps* 300-L *Pri PVC hidroizolaciji je potrebno dodati ločilni sloj.*

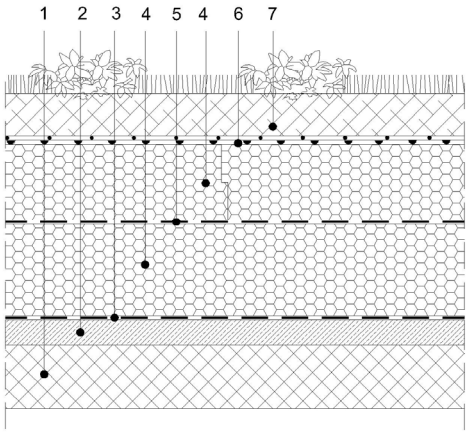
3. Energijska sanacija po principu DUO strehe

Za dosego pasivnih standardov je pri sanaciji tovrstne strehe škoda ohranjati stare vprašljive sloje, ki povečujejo balast na strehi. V obdobju pred 1987 so se kot parne zapore ponekod polagale le PVC ali PE folije: Da bi bil problem še večji, le-te po stikih niso bile tesnjene. Prihajalo je do kondenzacije vodne pare, mehurjenja hidroizolacije. Ta napaka se v izračunu, kjer upoštevamo prisotnost vlage v obstoječi izolaciji, pokaže v obliki prekomernega navlaževanja konstrukcijskega sklopa tudi ob nadgradnji s toplotno izolacijo, zato je včasih veliko primerneje (dolgoročno ceneje in učinkoviteje) pristopiti k sanaciji celotnega strešnega sklopa.

Postopek sanacije:

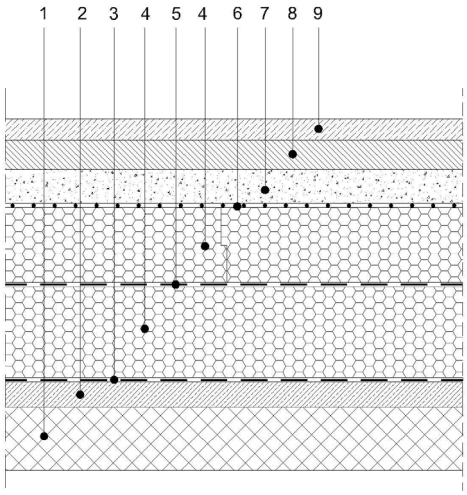
- odstranimo obstoječo hidroizolacijo,
- preverimo kakovost obstoječe toplotne izolacije in jo po potrebi zamenjamo,
- preverimo ustreznost parne zapore in jo po potrebi zamenjamo,
- če obstoječo izolacijo ohranimo, jo dogradimo s slojem FIBRAN*xps* 300-L izolacije,
- namestimo ustrezno hidroizolacijo, kot je npr. dvostransko samolepilna bitumenska hidroizolacija, na katerega nalepimo dodatni sloj hidroizolacije, ali TPO, EPDM, PE ali drugo ustrezno membrano[2)]
- namestimo FIBRAN*xps* 300-L ali drug odgovajajoč tip toplotne izolacije iz ekstrudiranega polistirena, ki ga izberemo glede na namembnost površine strehe, kot npr. FIBRAN*xps* 500-L ali FIBRAN*xps* 700-L za povozne površine po principu obrnjene strehe.

[2)] PVC membrane niso najustreznejša rešitev, ker kloridi vplivajo na površinske celice polistirenov. V primeru uporabe PVC membran je potreben dodaten ločilni sloj (PE folija, geotekstil, ipd)



Slika 4
Sestava DUO strehe z ekstenzivno ozelenjeno površino

1. AB plošča
2. Naklonski beton
3. Parna zapora
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Hidroizolacija
4. FIBRAN*xps* 300-L
6. Drenažni filc na sloju za zadrževanje vode
7. Substrat

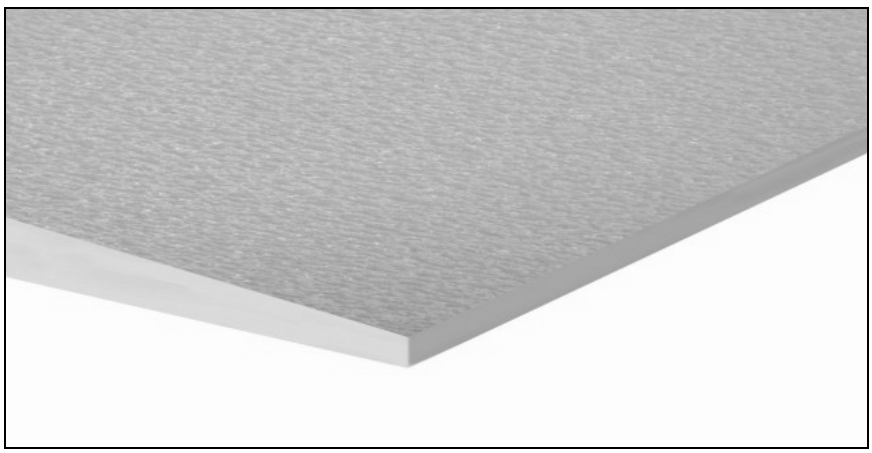


Slika 5
Sestava DUO strehe z vozno površino

1. AB plošča
2. Naklonski beton
3. Parna zapora
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Hidroizolacija
6. Drenažni filc
7. Peščena podlaga
8. Bitugramoz
9. Obrabni sloj asfalta

Pri tem postopku smo upoštevali dejstvo, da je obstoječi strešni naklon zadovoljiv. Če naklon ni zadovoljiv, se odločimo za DUO OPTIMO[3)] streho, **streho z naklonsko izolacijo** FIBRAN*xps* INCLINE.

[3)]OPTIMO streha, streha z naklonsko izolacijo FIBRAN*xps* INCLINE



Slika 6 Naklonska izolacijska plošča FIBRAN*xps* INCLINE

OPTIMO streha, streha z naklonsko izolacijo FIBRAN*xps* INCLINE

3 x PLUS = OPTIMO strehe z naklonskimi toplotno izolacijskimi ploščami FIBRAN*xps* INCLINE:

1 **Povečana energijska učinkovitost**
FIBRAN*xps* INCLINE toplotno izolacijske plošče v veliki meri prispevajo k energijski učinkovitosti v primerjavi z betonskim estrihom

2 Minimalna obtežba
FIBRAN*xps* INCLINE plošče so izredno lahke; z zamenjavo betonskega estriha se koristna obtežba obstoječe strešne konstrukcije znatno zmanjša, oz. dodatna obtežba prodca, pohodnih površin ali substrata ozelenjene strehe ne preseže trenutne obremenjenosti strehe.

3 Minimalna debelina
Z uporabo FIBRAN*xps* INCLINE plošč zmanjšamo debelino strešnega konstrukcijskega sklopa. Plošče se izdelujejo z najmanjšo debelino 1cm, hkrati pa so že sestavni del potrebne debeline toplotne izolacijskega sloja.

4. Energijska sanacija in sanacija naklona po principu DUO OPTIMO strehe

Za sanacijo po sistemu DUO OPTIMO strehe se odločimo takrat, ko je streha potrebna celotne prenove in nakloni ne ustrezajo, ali pa je naklonski beton predebel oz. pretežak sloj za bodoči konstrukcijski sklop. Sanacija z naklonskimi izolacijskimi ploščami je optimalna izvedba, saj imamo trikratno korist (glej opis prednosti OPTIMO streh zgoraj).

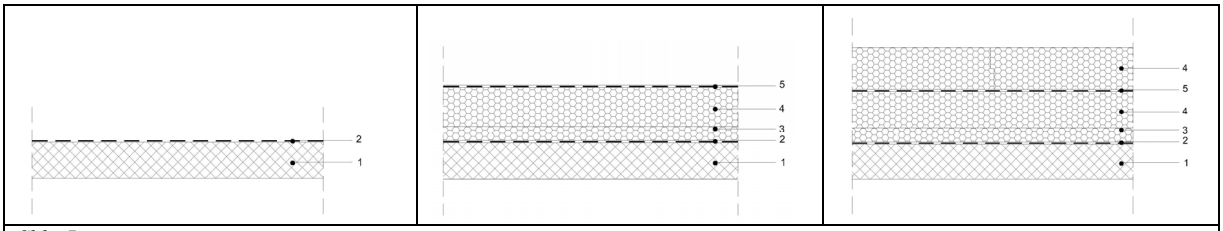
Postopek sanacije:

- odstranimo vso nagradnjo do nosilne konstrukcije vključno z naklonskim estrihom,
- namestimo parno zaporo (kakovost določimo na osnovi preračuna sklopa s programom ArchiMAID)
- namestimo FIBRAN*xps* INCLINE s potrebnim dodatnim slojem FIBRAN*xps* 300-L ali nosilnejše izolacije
- namestimo ustrezno hidroizolacijo, kot je npr. dvostransko samolepilna bitumenska hidroizolacija, na katerega nalepimo dodatni sloj hidroizolacije, ali TPO, EPDM, PE ali drugo ustrezno membrano[4)]
- namestimo FIBRAN*xps* 300-L ali drug odgovajajoč tip izolacije glede na namembnost površine strehe, kot npr. FIBRAN*xps* 500-L ali FIBRAN*xps* 700-L za povozne površine

Za doseganje pasivnega standarda strešne konstrukcije (U-vrednost med 0,15 in 0,10 W/m^{2}K) streho toplotno izoliramo s FIBRAN*xps* 300-L ploščami v skupni debelini od 24 do 38 cm. Toplotna prehodnost je preračunana z upoštevanjem ekstremnega vpliva vlage na toplotno izolacijo v času, ko je izolacija dela obrnjene strehe popolnoma izpostavljena vodi.

[4)] Hidroizolacije ne smemo variti z odprtim ognjem. PVC membrane niso najustreznejša rešitev, ker kloridi vplivajo na površinske celice polistirenov. V primeru uporabe PVC membran je potreben dodaten ločilni sloj (PE folija, geotekstil, ipd)

GRADNJA DUO OPTIMO STREHE

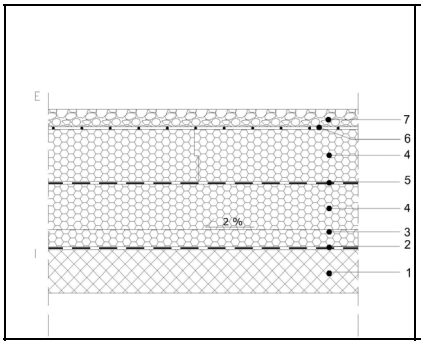


Slike 7

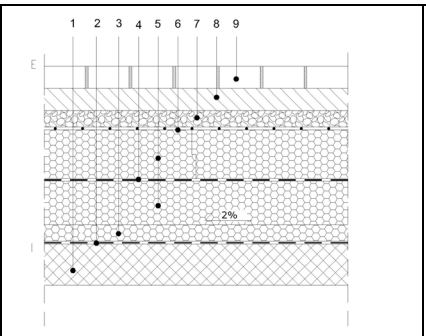
Risbe postopka izdelave DUO OPTIMO strehe

1. AB plošča
2. Parna zapora
3. Naklonska izolacija FIBRAN*xps* INCLINE postavimo pod ali nad osnovno toplotno izolacijo
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Hidroizolacija (samolepilna bitumenska, EPDM, PE, TPO)
4. FIBRAN*xps* 300-L

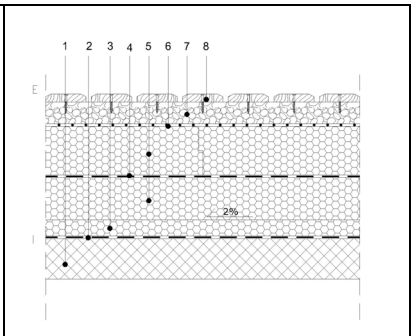
Različne finalne površine DUO OPTIMO strehe



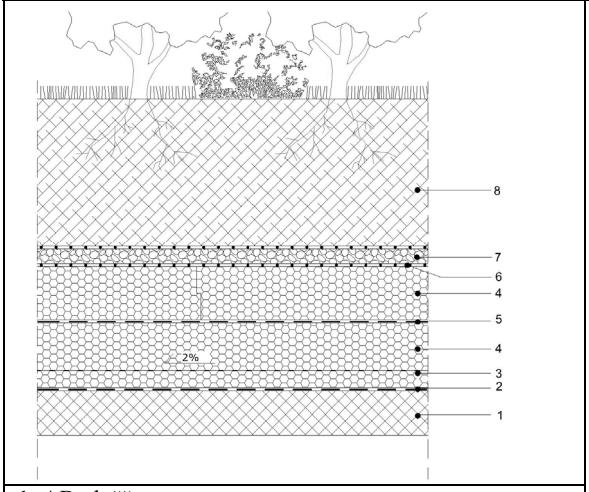
Slika 8 Prodnata površina DUO OPTIMO nepohodne strehe



Slika 9 Betonski tlakovci v pustem betonu – DUO OPTIMO streha za lažji promet



Slika 10 Kombinacija prodca in lesene pohodne površine DUO OPTIMO strehe



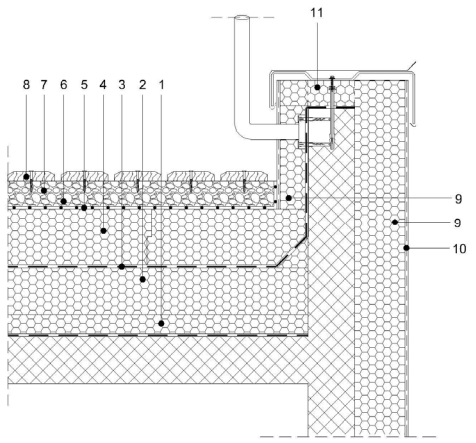
1. AB plošča
2. Parna zapora
3. Naklonska izolacija FIBRAN*xps* INCLINE
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Hidroizolacija (samolepilna bitumenska hidroizolacija, EPDM, PE, TPO membrane)
6. Drenažni filc
7. Prodec
8. 80 cm večslojnega intenzivnega substrata

Slik1 11

Intenzivno ozelenjena DUO OPTIMO streha

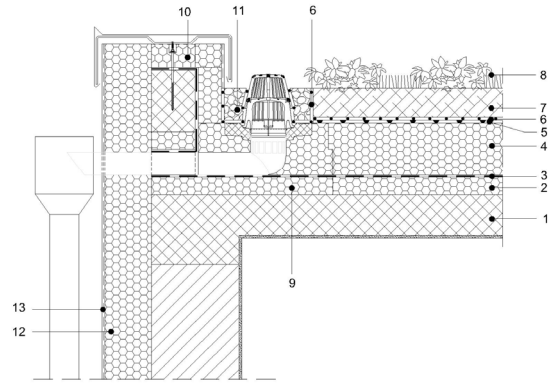
IZVEDBA ATIKE IN ODTOKOV

Masivno izvedeno atiko lahko klasično »oblečemo« v toplotno FIBRAN*xps* toplotno izolacijo in pazljivo izoliramo preboje toplotnega ovoja stavbe.



Slika 12
Detajl masivno grajene atike z ograjo

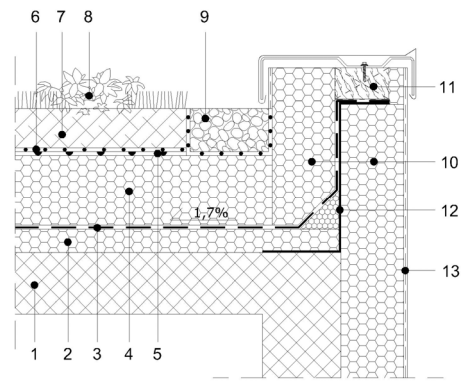
1. AB plošča
2. Naklonski beton
3. Hidroizolacija
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Drenažni filc
6. Prodec
7. Impregnirani leseni morali
8. Lesena terasa
9. FIBRAN*xps* ETICS GF
10. Fasadni omet
11. Lesena letev / xps



Slika 13
Odvodnjavanje

1. AB plošča
2. Naklonska izolacija FIBRAN*xps* INCLINE
3. Hidroizolacija
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Sloj za zadrževanje vode
6. Drenažni filc
7. Substrat zemlje cca 10cm
8. Vegetacija: trave, rože, homulice
9. FIBRAN*xps* 300-L
10. Lesena letev / xps
11. Prodec
12. FIBRAN*xps* ETICS GF
13. Fasadni omet

Energijsko ugodnejša je izvedba atike s pomočjo kovinskih nosilcev in toplotne izolacije FIBRANxps



Slika 14
Detajl atike grajene brez toplotnih mostov

1. AB plošča
2. Naklonska izolacija FIBRAN*xps* INCLINE
3. Hidroizolacija
4. FIBRAN*xps* 300-L
5. Sloj za zadrževanje vode
6. Drenažni filc
7., 8. Substrat zemlje, vegetacija
9. Prodec
10. FIBRAN*xps* ETICS GF
11. Lesen moral 12/8cm
12. Jekleni kovinski opornik
13. Fasadni sloj

Opomba: Posamezni detajli ravne strehe znajo biti pri sanaciji stavb po pasivnih standardih kritični. Določene naprave se zato na strehi pričvrstijo na plavajočo težnostno betonsko ploščo, ki predstavlja zaključni sloj dela obrnjene strehe, tako da sama sidranja ne predstavljajo niti preboja v hidroizolaciji, niti toplotnega mostu. Kritični pa so določeni instalacijski preboji. Teh toplotnih mostov se je potrebno lotiti s posebno natančnostjo.

SANACIJA BALKONOV V SMISLU NIZKO-ENERGIJSKE GRADNJE

Klasično grajeni balkoni, ki prebijajo toplotni ovoj stavbe, so eden najopaznejših toplotnih mostov. Že ob menjavi stavbnega pohištva v obstoječih slabše izoliranih stavbah, kot opažamo, se v kotih notranje površine obodne stene pojavljajo plesni, ki niso nič drugega kot le vidni dokaz toplotnih mostov. Ob neizoliranem balkonu in večji debelini toplotne izolacije na fasadi, je pojav samo še bolj intenziven.
Če balkona ne nameravamo podreti in novega z nosilnim izolacijskim vložkom ločiti od ogrevanega dela stavbe, nam preostane le še »oblačenje« balkonske plošče.

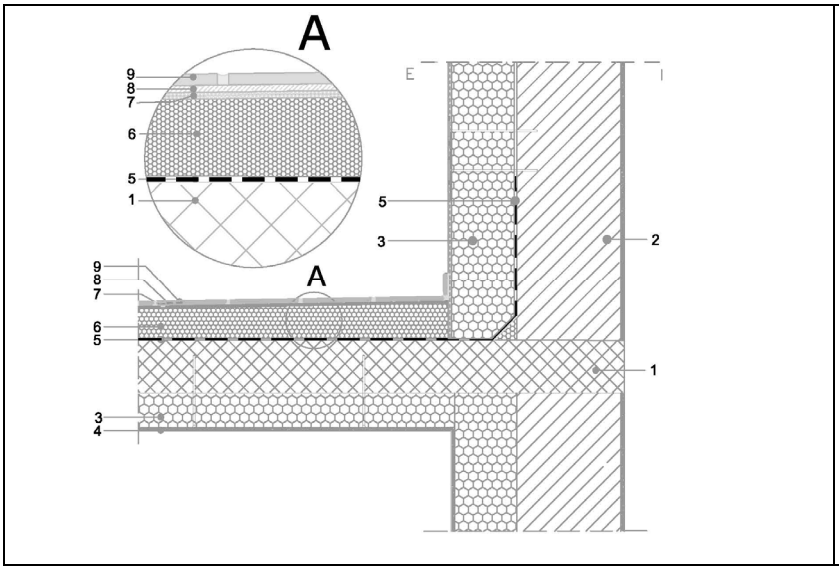
Najpogostejše vprašanje je, s katero debelino toplotne izolacije ga je potrebno obdati, laiki pa sprašujejo tudi, ali ga je potrebno obdati z vseh strani.

Osnovno pravilo, brez preračunavanja toplotnih mostov, naj bi bilo:

- Debelina toplotne izolacije balkona na mestu vpetja, oz. ob toplotno izolacijskem fasadnem ovoju, naj bo enaka debelini fasadne izolacije.
- Toplotno je potrebno izolirati vse stranice balkona, vključno s čelom, kjer je debelina toplotne izolacije lahko tanjša.
- Toplotna izolacija je proti vzdolžnemu robu balkona lahko tanjša, zato uporabimo FIBRAN*xps* INCLINE plošče, plošče v naklonu, kar je predvsem smiselno na pohodni površini balkona, če moramo hkrati narediti dodaten naklon (OPTIMO rešitev).

Pritrjevanje toplotne izolacije se na **spodnji površini balkona in robovih** izvede z lepljenjem in z dodatno mehansko pričvrstitvijo s fasadnimi sidri. Površine se obdelajo kot ETICS - toplotno izolirana ometana fasada. Uporabijo se temu namenjene toplotno izolacijske plošče FIBRAN*xps* ETICS GF.

Zgornja površina se zaščiti odvisno od dane situacije, izbranega sistema oz. materialov. Kritična je lahko izvedba hidroizolacije, zato se v tem primeru obrnite na proizvajalce hidroizolacij, tesnilnih mas in lepil. Pri sanacijah na balkonih in terasah lahko pride do preobremenitve konstrukcije, zelo verjetno pa z dodatno toplotno izolacijo naletimo na omejitve višin. Prikazujemo primer sanacije balkona oz. terase s pomočjo naklonskih izolacijskih plošč ter tankega armiranega hidroizolacijskega sloja (7), na katerega se kot zaključni sloj lepijo npr. keramične plošče.



Slika 15
Sanacija balkona oz. kombinacije balkon-terasa

1. AB plošča
2. Zunanji zid
3. FIBRAN*xps* ETICS GF
4. Fasadni omet
5. Hidroizolacija
6. FIBRAN*xps* INCLINE
7. Hidroizolacijska malta z vgrajeno armirno mrežico
8. Lepilo za zunanjo keramiko
9. Keramične ploščice

FIBRAN NORD d.o.o., kot eden najpomembnejših proizvajalcev toplotnih izolacij v Evropi, skrbi za **ENERGIJSKI ŠČIT** stavb ne le s proizvodnjo kvalitetnih izolacij, temveč tudi s stalno tehnično podporo vsem v verigi gradnje. Zavedamo se, da je kvalitetna izvedba objektov odvisna od znanja in izkušenj, ki si jih lahko medsebojno izmenjamo. Na razpolago smo vam z osnovnimi praktičnimi informacijami, fotografijami in risbami preko spletne strani www.fibran.si, za oseben nasvet nas lahko kontaktirate preko el. pošte nasvet@fibran.si, ali po tel. št. 07 39 39 525.

ZRAKOTESNOST KOT PREDPOGOJ ZA UČINKOVITOST TOPLOTNE IZOLACIJE

Stojan Habjanič, univ. dipl. inž. gr., Biogradnja s.p.

Povzetek
Pojem zrakotesnosti ovoja stavb je v gradbeništvu znan že dalj časa in ni zgolj novodobna muha tki. trajnostne in nizkoenergijske gradnje. Izmenjave zraka v stavbah, bodisi minimalne količine zaradi higienskih vidikov, bodisi maksimalne količine zaradi ventilacijskih toplotnih izgub so sestavni del gradbene fizike in energetike že desetletja.

V zadnjih 20 letih je pojem zrakotesnosti še posebej pridobil na pomenu. Razlogov za to je več. Poizkus zmanjšanja porabe energije za ogrevanje stavb, posledično bistveno povečanje debelin slojev toplotnih izolacij, nove tehnološke rešitve sestavov gradbenih konstrukcij, kakovostno stavbno pohištvo in vgradnje le-tega, natančnejši izračuni transmisijskih in ventilacijskih izgub, ugotavljanje velikega razkoraka med teoretičnimi izračuni in dejansko gradbeno prakso so le nekateri od bistvenih razlogov za ponovno reafirmacijo pojma zrakotesnosti stavbnega ovoja.

Zrakotesnost je bistveno povezana s toplotno prehodnostjo gradbenih konstrukcij, s količino vodne pare, ki prehaja in uhaja skoznjo, s suhim zrakom v prostoru v zimskem času, s pregrevanjem gradbenih konstrukcij in prostorov v stavbah v poletnem času, s poškodbami gradbenih konstrukcij zaradi vlage kot so plesni in lesne gobe, s poslabšanjem hrupne izolativnosti gradbenih konstrukcij,... itd..

Test »Blower door« in termografsko snemanje stavb sta dve sodobni orodji za odkrivanje nekakovostne in nenatančne izvedbe ovoja stavbe. Tki. »Blower door« test z vpihovanjem ali izsesavanjem zraka v oz. iz stavbe pod umetno ustvarjenim nadtlakom/podtlakom velikosti 50 Mpa pomaga pri natančnem vrednotenju količine izmenjave zraka v stavbi v 1 uri kakor tudi pri odkrivanju pomanjkljivo zatesnjenih mest. Take napake se ponekod v EU štejejo za »skrite napake« in zanje lahko velja celo do 30 let garancije.

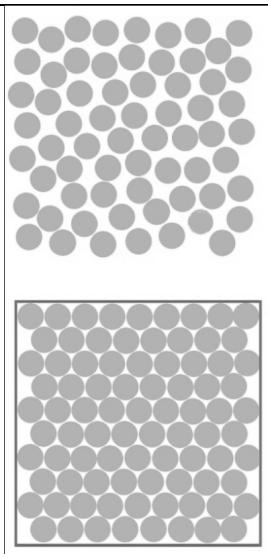
Ključne besede: konvekcija, difuzija, tlačne razlike, difuzijski upor, relativna vlažnost

PRINCIP DELOVANJA TOPLOTNE IZOLACIJE

Toplotno izolacijski materiali so lahko narejeni iz različnih snovi. Tako lahko z ozirom na poreklo ločimo dve osnovni skupini, to sta anorganski in organski toplotno izolacijski materiali. Organske materiale pa lahko dalje delimo na materiale na bazi ogljikovodikov ter na materiale rastlinskega oz. živalskega porekla.

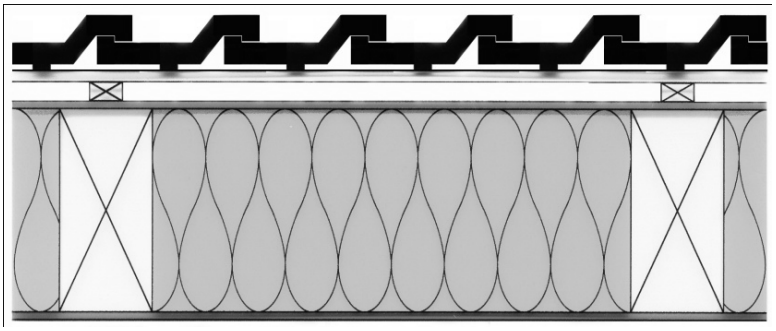
Skupno vsem toplotno izolacijskim materialom je to, da so zelo lahki in da poizkušajo vase ujeti čim več zraka, ki se bo čim manj premikal. Toplota se skozi material prenaša namreč preko materiala (transmisija) in preko gibanja zraka (konvekcija). Prvi del zmanjšujemo tako, da poizkusimo izdelati toplotno izolacijo iz čim lažjih snovi, drugi del pa zmanjšujemo tako, da poizkušamo strukturo izolacijskega materiala narediti tako, da se bo zrak čim težje premikal skozenj.

Če ilustriramo opisan fenomen s principom toplega oblačila, lahko to ponazorimo z gosto pletenim volnenim puloverjem, čez katerega oblečemo vetrni jopič. S slednjim namreč bistveno zaustavimo gibanje zraka skozi volnen pulover oz. skozi toplotno izolacijo .

Toplotna izolacija je zrak, ujet med vlakni/delčki toplotno izolacijskega materiala. Gibanje zraka = transport toplote. → Le pred gibanjem zraka zaščitene zračne pore dobro IZOLIRAJO.	

IDEALIZIRANA TOPLOTNO IZOLIRANA KONSTRUKCIJA

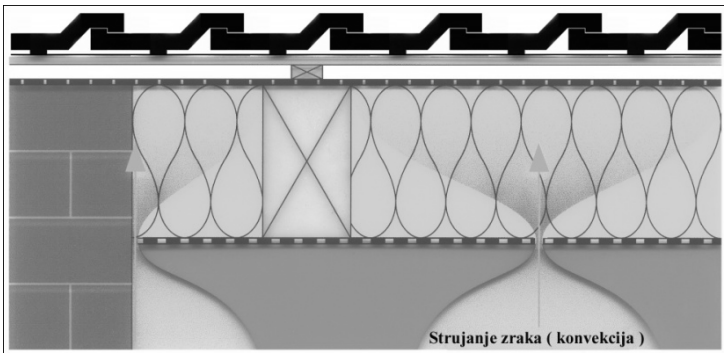
V smislu osnovnega principa izoliranja, t.j. ujetja zračnih delcev med delčke izolacijskega materiala, si lahko kot idealno vgrajeno toplotno izolacijo, npr. v streho, predstavljamo kot je prikazano na spodnji sliki.



Toplotna izolacija vgrajena med špirovci; z obeh stran ovirano gibanje zraka!

VSAKDANJA GRADBENA PRAKSA

Nekaj popolnoma drugega pa je pogosta, skoraj vsakdanja situacija v resnični gradbeni praksi:



- konstrukcija je preluknjana,
- ima veliko špranj,

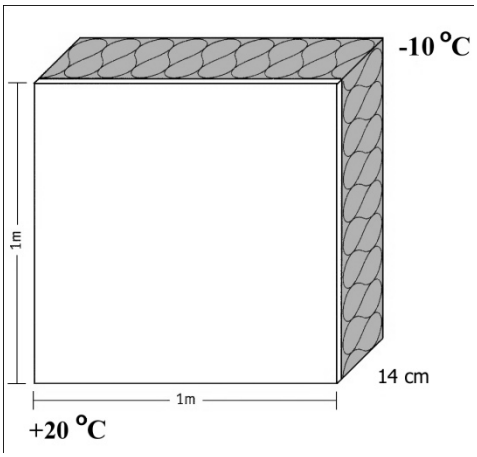
- stiki niso tesnjeni,
- zrak nemoteno uhaja/izhaja skozi izolacijo....

Posledice so sledeče:

- toplotne izgube so večje od predvidenih,
- v izolacijo nam uhaja več zračne vlage kot je predvideno z izračunom difuzije vlage,
- nastajajo lokalna mesta s povečano količino kondenzne vlage,
- zmanjša se efektivnost izoliranja,
- možen pojav lesnih gliv in poškodba konstrukcije,....

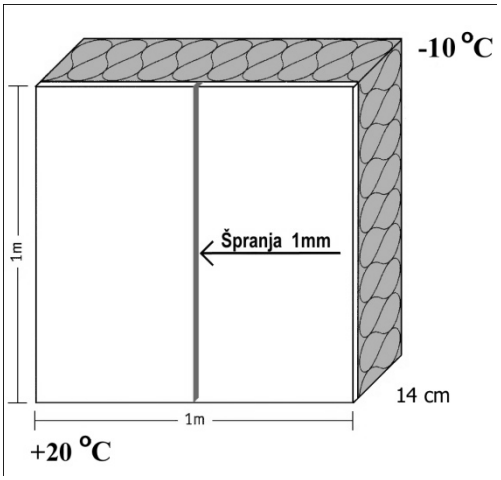
POVEČANJE TOPLOTNE PREHODNOSTI SKOZI KONSTRUKCIJO ZARADI POMANJKLJIVE ZRAKOTESNOSTI

Kot primer, kaj se zgodi s toplotno prehodnostjo prereza, če konstrukcija ni zrakotesna, so na Fraunhofer inštitutu v Stuttgartu izvedli realne meritve na vzorčnem modelu velikosti 100x100 cm. Pri tem so model izpostavili temperaturnim razmeram, ki so bile enake zahtevam iz pravilnika; t.j. zunaj -10°C in notri +20°C. Izračunana toplotna prehodnost konstrukcije U je znašala 0,3 W/m^{2}K.



U = 0,3 W/m^{2}K (element je zrakotesen)

In kaj se zgodi s toplotno prehodnostjo, če je v konstrukciji reža širine 1 mm?



U = 1,44 W/m^{2}K → reža širine 1 mm
U = 0,3 W/m^{2}K → brez reže

Poslabšanje toplotne prehodnosti konstrukcije za faktor 4,8 !

Meritve: Fraunhofer Inštitut za gradbeno fiziko, Stuttgart, s predpostavljenimi normiranimi klimatskimi pogoji, kar pomeni temperaturo znotraj + 20° C in temperaturo zunaj - 10° C ter tlačno razliko 20 Pa, kar je približno 2 kp/m^2 oz. ustreza jakosti vetra 2 – 3 po Beaofort-u.

Razlika med teoretičnim gradbeno fizikalnim izračunom in realno situacijo v gradbeni konstrukciji je že v tem primeru zelo velika. Ob zavedanju, da je zgolj 1 mm reže v sestavu strešne konstrukcije relativno dobro izvedena konstrukcija, bi nas moralo resnično skrbeti, kako je z večino naših stavb.

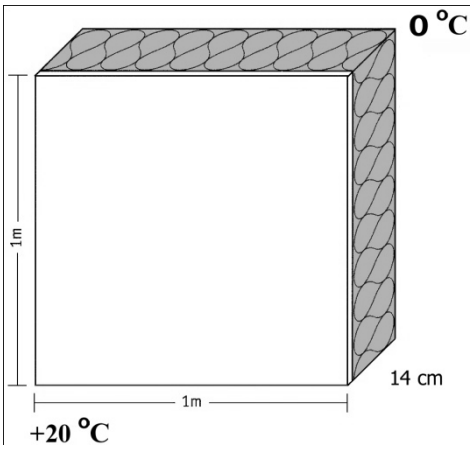
Vzroke za tako velik delež konvekcijskih toplotnih izgub najdemo v tlačnih razlikah, ki se pojavijo na gradbeni konstrukciji oz. na ovoju stavbe. Le-te lahko nastanejo zaradi termike znotraj objekta ali pa zaradi vetra zunaj hiše; termično pogojene tlačne razlike – z vetrom pogojene tlačne razlike.

Za ilustracijo navajam velikostni razred pogosto prisotnih tlačnih razlik:

- Termično pogojene tlačne razlike
  - 10 m višine med seboj povezanih etaž → 15 Pa
- Z vetrom pogojene tlačne razlike
  - Hitrost vetra 5,3 – 7,4 m/s (4 po Beaufort-u) → 18 – 35 Pa

In je skupaj že skoraj 50 Pa !

POVEČANJE KOLIČINE VLAGE SKOZI KONSTRUKCIJO ZARADI POMANJKLJIVE ZRAKOTESNOSTI



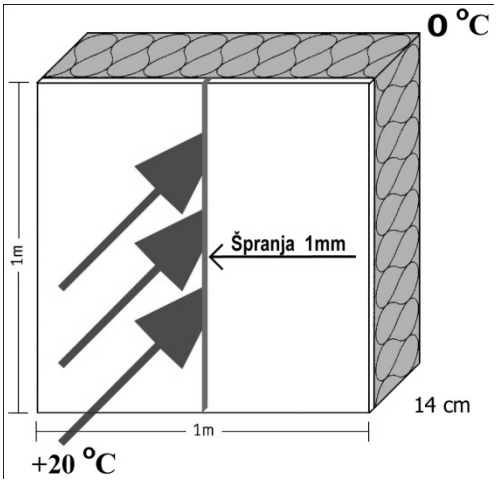
Kot primer, kaj se zgodi s toplotno prehodnostjo prereza, če konstrukcija ni zrakotesna, so v Fraunhofer inštitutu v Stuttgartu izvedli realne meritve na enakem vzorčnem modelu velikosti 100x100 cm.

Količina difuzijske vlage = 0,5 g vode/m^2 24h

Meritve: Fraunhofer Inštitut za gradbeno fiziko, Stuttgart, s predpostavljenimi normiranimi klimatskimi pogoji kar pomeni temperaturo znotraj + 20° C in temperaturo zunaj 0° C ter tlačno razliko 20 Pa. Vir: DBZ 12/89, stran 1639 ff.

Izračunana in izmerjena količina difuzijske vlage, ki gre skozi 1 m^2 konstrukcije sta identični.

In kaj se zgodi s količino vlage, če je v konstrukciji reža širine 1 mm ?



Količina vlage zaradi konvekcije skozi režo → 800 g/m2 24h

Faktor povečanja je 1600 x !

Iz navedenih primerov je že moč slutiti, kako velika je lahko razlika med teoretičnim izračunom gradbeno fizikalnih parametrov in dejanskim stanjem stavb, ko so le-te zgrajene in v uporabi.

Podobno kot s poslabšanjem toplotno izolacijskih lastnosti in povečanjem prehoda vlage zaradi pomanjkljive zrakotesnosti ovoja stavbe se dogaja na ostalih segmentih bivalnega ugodja.

Skozi netesnosti nam poleti vdirata toplota iz zunanjosti in vročina izpod kritine ter s povečano izmenjavo količin zraka povzročata hitrejše ogrevanje konstrukcij kot tudi notranjosti stavbe. **Poletno prehajanje** toplote skozi ovoj stavbe zaradi konvekcije **zelo poveča pregrevanje**. Ponovno se zgodi veliko razhajanje med izračunom in realno situacijo.

Tako kot se poleti toplejši zrak iz zunanjosti premika v smeri notranjosti stavbnega ovoja, se pozimi toplejši zrak iz notranjosti premika navzven skozi ovoj stavbe. Pri tem se z njim transportira tudi vlaga v zraku. V kolikor je ovoj zrakotesen, govorimo o difuziji, v kolikor pa ovoj ni zrakotesen, govorimo o difuziji in konvekciji hkrati; kot je prikazano na zgornji risbi.

Ko topli zrak iz notranjosti stavbe zaradi pomanjkljive zrakotesnosti uhaja na prosto, nam enaka količina hladnega zraka na drugi strani prihaja v stavbo (princip vezne posode). Ker ima hladni zunanji zrak mnogo manjšo absolutno vlažnost (pri -10° C lahko sprejme max. 2,1 g vlage /m^3, kar predstavlja 100% relativno vlažnost) se le-ta še bolj zmanjša, ko se zrak v notranjosti ogreje. Zrak pri temperaturi 20° C lahko nase sprejme 17,3 g vlage/m^3 kar predstavlja 100% relativno vlažnost zraka pri tej temperaturi. Če sedaj izračunamo novo relativno vlažnost tako ogretega zraka, ki je z zunanjosti prešel v notranjost, vidimo da imamo opravka **z zelo suhim zrakom**!

Primeri:
Zunanji zrak ima 100% vlažnost → 2,1 g/m^3:17,3g/m^3 = 12% relativna vlažnost pri 20° C

Zunanji zrak ima 80% vlažnost → 0,8 x 2,1 g/m^3:17,3 g/m^3 = 9,9 % relativna vlažnost pri 20° C

Pomanjkljiva zrakotesnost ovoja stavbe vpliva na:

- Poslabšanje toplotno izolacijskih lastnosti stavbe,
- povečanje količine skozi ovoj transportirane vlage,
  - nevarnost poškodb konstrukcij zaradi kondenzne vlage
- povečanje poletnega pregrevanja stavbe,
- izsuševanje zraka v stavbi v zimskem času,
- povečanje prehoda hrupa skozi ovoj stavbe.

Viri:

- Moll, Dr. Lothar; »...und die Dämmung ist perfekt«, Schulungunterlagen, Schwetzingen 1996.
- http://de.proclima.com/co/DE/de/basics_start.html

PASSIVE HOUSE RENOVATION OF LARGE BUILDINGS

Arch. DI **Gerhard Kopeinig**, ARCH + MORE ZT GmbH, Dr. Karl-Rennerweg 14, A- 9220 Velden am Wörthersee, E-mail: arch@archmore.cc, www.archmore.cc

1 PASSIVE HOUSE RENOVATION OF THE ZIRBITZKOGEL GREBENZEN NATURE PARK SCHOOL IN NEUMARKT IN STEIERMARK (STYRIA)

1.1.1.1 The Neumarkt in Steiermark school complex with an event hall is located in a region that has a long tradition of using timber as a building material. After evaluating the results of function and renovation analyses, a committee consisting of all the mayors in the school district **(alle Bgm. des Schulsprengels)** decided on a sustainable, resource-conserving renovation of the school and the event hall to at least the Passive House Standard.

1.1.1.2 The two main goals are to permanently improve indoor quality for the school and to serve as a role model in the Neumarkt-Murau region, which depends greatly on timber as a raw material.

1.1.1.3 The school complex currently consists of two secondary schools (HS 1 and 2), a music school, a gymnasium as part of HS 1, a multipurpose hall that can be used as a gymnasium as part of HS 2, and a number of rooms for clubs. The elementary school is directly connected to the multipurpose hall and uses both it and the gym.

1.1.1.4 The buildings are dividing into construction units A-D.

2 Objectives of renovation

- Raise the standard of construction, thereby ensuring a high-quality structure for the next 30 years (long-term increase in building value).

- Fulfill the following functions:
  - Secondary school including all auxiliary rooms in accordance with the requirement profile
  - Music school including auxiliary rooms
  - Rooms for local clubs
  - Space for community events
  - Improve indoor structure and room connections and create attractive outdoor and indoor spaces. The openness of the design should also serve as an example to students.
  - Construct an energy-efficient building that significantly decreases operating costs without additional investment costs.
  - Build rooms with consistently high fresh air quality and comfort.
  - Use local resources.

Figure 1:

Figure 2:

Figure 3:

2 PASSIVE HOUSE RENOVATION OF THE LIND OB VELDEN ELEMENTARY SCHOOL IN VELDEN AM WÖRTHERSEE

1 Original building

1.1.1.1 The Lind ob Velden elementary school has been existing at this location on Triester Strasse (formerly a highway) since the end of the 19th century (exact date unknown).

1.1.1.2 The original structure consisted of two rooms (classrooms) on the ground floor and two on the top floor.

1.1.1.3 In the 1960s, two more classrooms were added (on the ground and top floors), along with a principal's office and teachers' lounge, coatrooms and bathroom facilities, and a small gymnasium in the basement. Since then, no changes have been made within the original structure.

1.1.1.4 The attic resulting from this expansion was later turned into an apartment and then, in the 1990s, a library, a classroom, and a rehearsal space for the Lind ob Velden men's choir.

1.1.1.5 Also in the 1990s, an annex was built on the north side. It is connected to the original building and comprises two classrooms, a music room, a workshop, and a gymnasium with auxiliary rooms. The old gym was turned into a kitchen.

2 Design

1.2.1.1 The goal of the architectural design is to make the building, which cannot be changed much as far as volume goes, more suitable for children, thereby making it a little less heavy-looking.

1.2.1.2 The design's lightness is achieved by the appearance of having removed the building's foundation.

1.2.1.3 The resulting band around the base is covered with individual strips of color (shades of the three primary colors using glaze). The building thus gains some playfulness and lightness, as is appropriate for a school. The wall surfaces between the windows look like columns supporting the building.

1.2.1.4 With the "surrounding band of color strips," the school no longer feels like it's weighed down, but rather as though it has "lifted off from the ground on purpose."

1.2.1.5 The optical dominance of the roof is broken up by a cube-shaped dormer popping out of it. The concept is still to be augmented with a photovoltaic array.

Figure 4:

Figure 5:

Figure 6:

3 Objectives of the renovation concept

1.3.1.1 The following goals are to be achieved for renovation with a very good cost-benefit ratio:

- High use quality: good fresh air quality in classrooms, significantly improved thermal comfort (no cooling effect).

- Passive use of solar energy on the school's east, south, and west sides (daylighting without overheating).
- Low energy demand: heating and primary energy demand within the current energy standard. Low energy demand during construction with ecological construction optimization (about 1/10 of current energy consumption).
- Greater building quality: high-quality structure after a sustainable renovation for the long term, low lifetime costs.
- Role model and image effect: renovation of a public building using the latest technology (in accordance with guidelines in the current energy standard), a forward-looking concept for energy efficiency and modern school construction, use of innovative technologies, multiplier effect for the general public.

1.3.1.2 This renovation of a rural school using the latest technology can therefore be seen as an important role model for the region and beyond.

1.3.1.3 The original structure is oriented north-south so that the classrooms face the east.

1.3.1.4 To the east, the building ends in a foyer built with the gymnasium. The custodian's apartment is at the south end of the ground floor. The light-filled assembly area is at the center and connects to the coatroom and bathroom facilities to the north and the classroom hallway to the west.

1.3.1.5 The basement, which was not constructed according to the original plan, contains storage space and the heating system, along with the former gymnasium area, which is a few steps lower and has outdoor access to the west.

1.3.1.6 The south side of the top floor is currently the location of a spare classroom and the teachers' lounge. The principal's office is to the east. As on the ground floor, four classrooms are on the north side.

1.3.1.7 Energy demand for the structure is given as heat demand ≤ 15 kWh/(m²a) (heat demand – Passive House limit value), calculated with the Passive House Planning Package according to Dr. Feist.

1.3.1.8 This value is calculated from net floor area and with consideration of internal loads and yields; it is equivalent to a heat demand of < 10 kWh/(m²a) calculated with the Austrian Institute of Construction Engineering (OIB) process.

The heating load must be calculated independent of the calculated value for heat demand. The renovated building's heating load cannot exceed the maximum amount of energy able to be transported via fresh air.

Figure 7: Elementary school

Figure 8: Kindergarten

Figure 9:

2 Accepted and suggested functional configuration

- On the ground floor, the custodian's apartment will be converted to a library. The classroom wing with its coatroom will mostly remain as it is.
- In the basement, a room will be adapted for the custodian. In addition, the former gymnasium will be used for after-school care, including a prep kitchen. To this end, the floor will be raised to the level of the basement and a slope will be built in front of the east-facing windows for better lighting.
- The top floor can therefore remain unchanged, including the spare classroom.

3 Construction measures for achieving the determined standards

- In the part of the ground floor that is not above the basement, the floor structure, including the concrete substructure, is to be replaced with a 30-centimeter layer of pressure-resistant and water-resistant insulation without thermal bridges, in accordance with static and building engineering requirements.

- The walls above the basement are to be split and closed off with insulation according to the above requirements.
- In the area above the basement, the floor structure is to be increased by about 30 centimeters for the required level of insulation.
- Façade renovation should mostly consist of prefab timber elements mounted on the existing façade as statically required. The project can thus rely mostly on pre-made materials and avoid problems on the construction site.
- The roof should be renovated without thermal bridges by removing the current structure and building a flat roof structure with insulation of about 35 centimeters around the gutters. Adding trusses for a gabled roof would only be for aesthetics and would incur additional costs compared to a flat roof.

4 SUMMARY

4.1.1.1 The Zirbitzkogel Grebenzen nature park school in Neumarkt in der Steiermark is a typical case of a local school complex that was built and gradually changed over decades and has now been renovated after intensive project development that took into account the existing structure and materials. Construction units A and B were improved, construction unit C (classroom wing) was renovated to the Passive House Standard using timber elements and central comfort ventilation, and construction unit D (gymnasium and event hall for 800 people) was renovated to the Passive House Standard with a comprehensive insulating façade and its own comfort ventilation system.

4.1.1.2 The Lind ob Velden quadrilingual elementary school in Velden am Wörthersee is a typical small-town school. It was added on to several times, and the structure uses a number of materials (stone, tile, concrete frame, etc.). Because ceilings are relatively low, a distributed comfort ventilation system was the only option. The façade was comprehensively renovated with insulation.

4.1.1.3 After project development, the St. Leonhard elementary school in Arnoldstein was designed to be a place where children feel at home. The elementary school had been rebuilt in the late 1960s, and it was now time for a renovation. Renovation using prefab timber elements was ideal for the building's structure, and a central comfort ventilation system could be used because of the ceiling heights. Thanks to the project development process, at least three buildings could be combined in one (school, kindergarten, after-school care, and public library), thereby conserving energy and contributing to the village center.

4.1.1.4 An important factor in each of these projects was a sound analysis followed by an open project development process to develop goals in cooperation with future users (village residents, politicians, educators, custodians, and local government agencies). Our task as planners and architects is to use this information to make the correct decisions for each individual case. Besides detailed planning, an important factor for construction is on-site quality assurance, without which renovation quality will decrease despite pre-made materials. Once the building is used, adjustments and fine-tuning based on measurement results can help ensure the project’s success.

PASIVNA HIŠA OD ZASNOVE DO IZVEDBE

Nataša Teraž, Marko Lukić, Lumar IG d.o.o.

Povzetek
Prispevek opisuje izkušnje pri prenosu načel gradnje pasivnih hiš iz teorije v prakso s stališča podjetja Lumar IG d.o.o., vodilnega slovenskega proizvajalca pasivnih objektov. Predstavlja ključne tehnološke procese, skozi katere zagotavljajo obljubljeno kakovost pasivnih objektov. Izpostavlja pomembnost tesnega sodelovanja različnih strokovnjakov ter prenašanja izkušenj iz prakse nazaj v podjetje. Na osnovi teh izkušenj v podjetju iščejo nove ter optimirajo obstoječe rešitve.
Ključne besede: pasivna gradnja, montažna lesena gradnja, načrtovanje, projektiranje, montaža

1. UVOD

Vse večja ekološka osveščenost, skrb za okolje ter trajnostni razvoj spodbujajo razvoj in uporabo okolju prijaznejših konstrukcijskih in izolacijskih materialov ter energijsko učinkovitih gradbenih rešitev. Energijska učinkovitost je vsekakor pomemben parameter novogradenj, vendar je s stališča investitorjev oziroma uporabnikov novogradenj kakovost bivalnega okolja velikokrat še pomembnejša. Dejstvo je, da sta v praksi oba parametra neločljivo povezana, saj je tako kakovost bivalnega okolja kot energijska učinkovitost odvisna od pravilne zasnove, projektiranja in izvedbe celotnega objekta. In tukaj ima les odličen potencial, je naraven konstrukcijski material, ki ga odlikujejo dobre mehanske in toplotnoizolacijske lastnosti ter ponuja prijetno bivalno klimo. Energijsko učinkovitost in kakovost bivalnega ugodja je pred 20 leti v konceptu pasivne hiše predstavil dr. Wolfgang Feist, s pilotnim pasivnim projektom leta 1990. V tistem času izredno visoke tehnične zahteve za komponente ovoja so skupaj z zahtevo po vgradnji naprave z vgrajenimi prenosniki toplote za vračanje toplote zavrženega zraka predstavljale rešitev za gradnjo energijsko najoptimalnejših objektov z visoko stopnjo bivalnega ugodja. Velike steklene površine, ki zagotavljajo izjemno svetle prostore ter koriščenje sončne energije za pasivno ogrevanje v zimskem času in dobro izoliran ovoj, ki zagotavlja visoke površinske temperature zunanjih sten, prispevajo k izboljšanju energijske bilance objekta in bivalnega ugodja. Definicija pasivne hiše je danes podana z znanimi merili Passivhaus instituta iz Darmstadta. Največja dovoljena potreba po toploti za ogrevanje je omejena na 15 kWh/m^2a, zračna prepustnost ovoja mora biti manjša od $0{,}6h^{-1}$, poraba primarne energije mora biti manjša od 120 kWh/m^2 a, toplotne izgube morajo biti manjše od 10 W/m^2 [Zbašnik Senegačnik, 2007].
Čeprav pri današnjem znanju in tehnologiji gradnja pasivnih hiš na prvi pogled morda deluje relativno enostavno, zahteva pri prenosu v prakso veliko znanja in tesno sodelovanje vseh vpletenih projektantov in izvajalcev. V podjetju Lumar IG smo od leta 2007, ko smo postavili prvo pasivno stanovanjsko hišo, s stalnim izobraževanjem ter vlaganjem v razvoj, koncept gradnje pasivnih hiš uspešno prenesli v prakso. Z vsakim postavljenim objektom smo pridobili nove izkušnje, na osnovi katerih še zmeraj dopolnjujemo in optimiramo našo tehnologijo za gradnjo pasivnih hiš.
V nadaljevanju bomo predstavili tehnološke procese in njihove posebnosti, ki jih zahteva gradnja pasivnih hiš ter izkušnje, ki smo jih pridobili pri gradnji takšnih objektov.

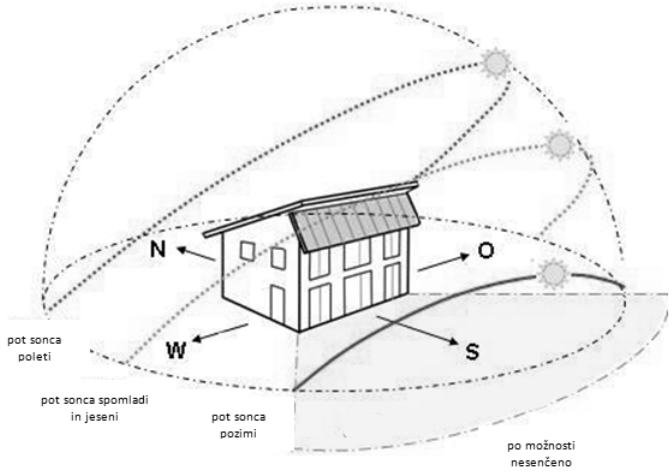
2. POSEBNOSTI PRI GRADITVI PASIVNIH HIŠ

Za zagotavljanje obljubljene energijske učinkovitosti in visoke stopnje bivalnega ugodja v pasivnih hišah je potrebno več kot sestavljanje posameznih pasivnih komponent. Kakovostna celota zahteva tesno medsebojno sodelovanje strokovnjakov iz različnih področji od začetne idejne zasnove do končne izvedbe projekta. Na področju montažne gradnje je v večini primerov prav proizvajalec montažne gradnje tisti, ki povezuje in koordinira potrebne strokovnjake in projektante.
Najpomembnejše tehnološke procese pri graditvi pasivnih hiš lahko podobno kot pri ostalih objektih opišemo s štirimi sklopi: načrtovanjem, projektiranjem, proizvodnjo in montažo.

2.1 Načrtovanje

S trenutkom, ko se investitor odloči za gradnjo objekta, se prične tudi faza načrtovanja. Prvi koraki so opravljeni z izbiro in nakupom parcele ter pridobitvijo lokacijske informacije. V naslednjem koraku je potrebno uskladiti želje in potrebe investitorja s pogoji, podanimi v lokacijski informaciji. Čeprav se

morda zdi še prezgodaj, je to pravi trenutek, ko se v projekt vključi ustrezen tim strokovnjakov, ki bo izpeljal gradnjo pasivne hiše. Ob urbanistu, ki poda urbanistične pogoje in arhitektu, ki skladno s temi pogoji pripravi arhitekturno zasnovo, se našem podjetju vključimo kot svetovalci oziroma koordinatorji, v kolikor prevzamemo tudi pripravo projektne dokumentacije. Zgodnje sodelovanje ne omogoča le večje končne kakovosti objekta, ampak lahko ključno optimira tudi stroškovni vidik projekta. Na osnovi analize lokacije objekta, obstoječe pozidanosti okolice ter orientacije predvidenega objekta lahko objekt zasnujemo tako, da maksimalno izkorišča energijo sonca. To ugodno vpliva na končno energijsko bilanco objekta kot tudi samo bivalno ugodje, v smislu zagotavljanja izredno svetlih bivalnih prostorov. Za preprečevanje prekomernega ogrevanja v poletnem času je seveda potrebno zagotoviti ustrezno senčenje vseh steklenih površin. Le-to lahko zagotovimo z zunanjimi senčili, ustrezno projektiranimi nadstreški ali naravnimi ovirami. Na sliki 1 je prikazan primer analize osončenja objekta. Velik vpliv ima tudi ustrezna arhitekturna zasnova, energijsko učinkovite objekte odlikuje enostavna in kompaktna arhitekturna zasnova z ravnimi linijami, ki minimira transmisijske izgube skozi toplotni ovoj. Kompaktnost ovoja se pri načrtovanju pasivne hiše kaže skozi tako imenovani faktor oblike, ki podaja razmerje med površino ovoja in volumnom objekta [Zbašnik Senegačnik, 2008]. Za arhitekta je pri pripravi idejne zasnove bistvena tudi informacija o vrsti konstrukcije. Vsak konstrukcijski material ima svoje lastnosti, posebnosti in prednosti, ki jih lahko arhitekti upoštevajo in izpostavijo v arhitekturni zasnovi.



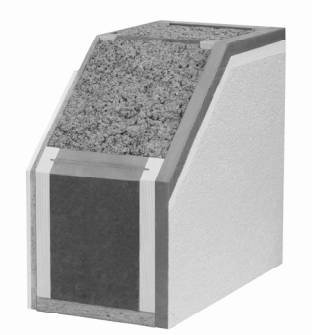
Slika 1: Izkoriščanje sončne energije pozitivno vpliva na energijsko bilanco objektov (vir: www.sonnenhaus-institut.de)

2.2 Projektiranje

Bistvena prednost montažne gradnje ni le v prefabrikaciji elementov v proizvodni hali, temveč tudi vnaprej podanih rešitvah kritičnih detajlov. Na osnovi izkušenj iz gradnje imamo v podjetju sicer nabor standardiziranih izvedbenih detajlov, vendar vse več objektov zahteva individualen pristop in iskanje novih rešitev. Vendar projektiranje ne zajema le reševanja konstrukcijskih detajlov, ampak pripravo celotne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja in projekta za izvedbo. Ob arhitektu se tukaj v projekt aktivno vključijo tudi projektanti elektro in strojnih inštalacij. Projektant skupaj s strokovnjakom za gradbeno fiziko izračuna in optimira energijsko bilanco objekta, na osnovi katere se projektira ustrezen generator toplote. Skupaj z arhitektom iščeta optimalne rešitve za razvod sistema prezračevanja, ki izpolnjujejo tehnične zahteve in hkrati ne posegajo v arhitekturi koncept oblikovanja interjerja, ki si ga je zamislil arhitekt. V našem podjetju se aktivno vključujemo v fazo projektiranja, na osnovi izkušenj svetujemo strankam ter skupaj s projektanti iščemo optimalne rešitve za izvedbo inštalacij. Že sedaj je namreč potrebno razmišljati o izvedbi, kako se bodo inštalacije izvedle, ne da bi preveč posegale v zrakotesno ravnino in toplotni ovoj objekta. Ker za potrebe proizvodnje izdelujemo celotno delavniško dokumentacijo z vsemi detajli, arhitektom ni potrebno reševati izvedbenih detajlov v projektih za izvedbo, s čimer jim je prihranjenega kar nekaj časa.

2.2.1 Konstrukcijski sistem in projektiranje detajlov

Pri gradnji pasivnih hiš je velik poudarek na ustrezno toplotno izoliranem zunanjem ovoju zgradbe, njegova toplotna prehodnost mora biti skladno z merili pasivne hiše manjša od 0,15 W/m^{2}K, in projektiranju detajlov brez toplotnih mostov. To skladno z definicijo pasivne hiše pomeni, da mora biti vrednost linijske toplotne prehodnosti toplotnih mostov manjša od 0,01 W/mK. Montažna okvirna konstrukcija ima pri zagotavljanju ustrezne toplotne prehodnosti določeno prednost, ki izhaja iz same sestave konstrukcije. V ravnini nosilne konstrukcije imamo med lesenimi nosilci tudi že toplotno izolacijo kar pri danih debelinah konstrukcije zagotavlja boljšo toplotno prehodnost kot pri klasični gradnji. V podjetju Lumar smo za gradnjo pasivnih hiš razvili konstrukcijski sistem Lumar Pasiv (slika 2), kjer nosilno leseno konstrukcijo tvorijo leseni »I nosilci«. Konstrukcijski sestav s sistemom pasnice in stojine zmanjša toplotni tok skozi nosilno konstrukcijo ter posledično tudi delež lesa v konstrukciji. Toplotna prehodnost konstrukcijskega sistema zunanje stene, ob upoštevanju deleža lesa, znaša U=0,10 W/m^{2}K. Nosilna konstrukcija zunanje stene in strešne konstrukcije sta izolirani s celulozno izolacijo, pridobljeno iz recikliranega časopisnega papirja. V stenske konstrukcije se celulozna izolacija vpihuje, lahko na mestu montaže ali v proizvodni hali. Pri strešni konstrukciji, izvedeni z žebljanimi nosilci, se celulozna izolacija izvede kot prosto nasutje v zahtevani debelini, ki običajno znaša od 40 do 50 cm. Za fasadno izolacijo uporabljamo lesnovlaknene fasadne plošče debeline 6 cm. Oba toplotnoizolacijska materiala odlikuje nizka toplotna prevodnost in visoka specifična gostota, zaradi česar zagotavlja dobro toplotno zaščito skozi celo leto. Na notranji strani stenske in strešne konstrukcije vgrajujemo OSB plošče, ki opravljajo funkcijo nosilne obloge, hkrati pa služijo tudi kot parna ovira in zrakotesna ravnina. Nosilna konstrukcija notranjih sten in stropne konstrukcije je sestavljena iz dolžinsko lepljene lesene nosilne konstrukcije, povezane z obložnimi elementi. Pri konstrukciji notranje stene so to obojestransko izvedene mavčno vlaknene plošče debeline 15 in 10 mm. Pri stropni konstrukciji nosilce v togo šipo povežemo z OSB ploščami debeline 18 mm.



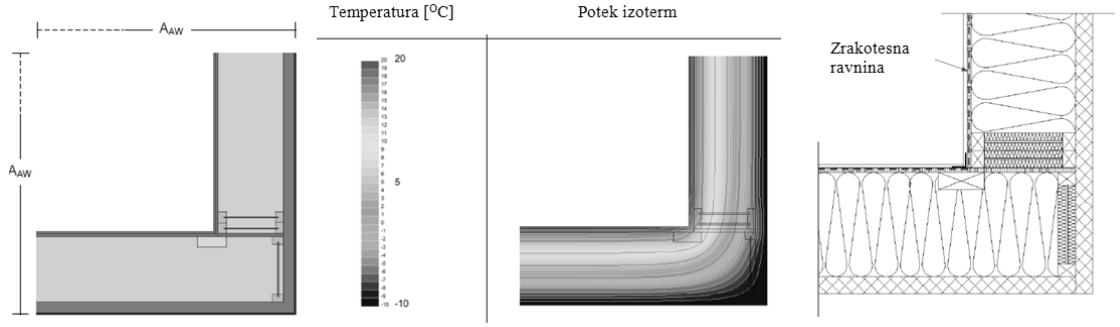
Slika 2: konstrukcijski sestav zunanje stene Lumar Pasiv (sestava od zunaj navznoter: zaključni omet, lesnovlaknena fasadna izolacija 6 cm, nosilna lesena konstrukcija izolirana s celulozno izolacijo, OSB plošča kot parna ovira 1,5 cm, proti požarna mavčno vlaknena obloga 1,25 cm)

Ob ustreznem konstrukcijskem sistemu so pri gradnji pasivnih hiš ključni še pravilno projektirani in kasneje izvedeni detajli. Morebitni toplotni mostovi, ki bi na teh stikih nastali, imajo pri gradnji pasivnih hiš namreč bistveno večji negativni učinek kot pri običajni gradnji. Kritična mesta v zunanjem ovoju konstrukcije predstavljajo predvsem naslednji detajli:

- detajl stikovanja zunanjih in notranjih sten na talno oz. kletno ploščo (vključno z izvedbo fasadnega podzidka)
- detajl stikovanje zunanje stene in stropne konstrukcije
- detajl stikovanja zunanje stene in strešne konstrukcije
- detajli dolžinskega stikovanja zunanjih sten
- vgradnja stavbnega pohištva [Žegarac Leskovar, 2010]

Omenjeni detajli na objektu predstavljajo tudi kritična mesta z vidika zagotavljanja zrakotesnosti ovoja. Pravilnost predvidenih rešitev za zgoraj omenjene detajle preverjamo s programi za izračun in simulacijo toplotnih mostov. V podjetju Lumar so nam celostno analizo vseh omenjenih detajlov opravili na Passivhaus inštitutu konec leta 2009 (slika 3). Preračuni so pokazali, da so vrednosti

toplotnih mostov za vse zgoraj omenjene detajle manjše od največje dovoljene vrednosti (ψ=0,01 W/mK), kar potrjuje tudi izdan certifikat Passivhaus inštitua (slika 4). Pri odločitvi za certificiranje je bilo v podjetju Lumar glavno vodilo iskanje dopolnjenih in optimiranih projektnih rešitev.



Slika 3: Standardizirana rešitev stikovanja zunanjih sten v vogalu. V nadaljevanju simulacija toplotnih mostov v detajlu ter detajl zagotavljanja zrakotesnosti

Zertifikat

Passivhaus Institut Dr. Wolfgang Feist Rheinstraße 44/46 D-64283 Darmstadt

gültig bis 31.12.2011

Passivhaus geeignete Komponente: Wärmebrückenfreier Anschluss

Hersteller: LUMAR IG d.o.o.

Produktname: LUMAR PASIV

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Regulärer Wärmedurchgangskoeffizient für die Außenbauteile:

$f \cdot U_{typisch} \leq 0{,}15$ W/(m²K)

mit f : Temperaturreduktionsfaktor

Wärmebrückenfreiheit im Passivhaus:

$\Psi_g \leq 0{,}01$ W/(mK) für alle regulären Anschlussdetails

mit Ψ_g außenmaßbezogener Wärmebrückenverlustkoeffizient

$U_{fW,\ eingebautes\ Normfenster\ (1{,}23\ m\ breit,\ 1{,}48\ m\ hoch)} \leq 0{,}85$ W/(m²K)

Innenoberflächentemperaturen über 17°C (bei θ_e = -10°C und θ_i = 20°C)

Luftdichtheit aller Regelbauteile und aller Anschlussdetails

zertifizierte Details gemäß Zertifizierungsunterlagen:

Sockel: LU_12_AW-BP, LU_14_AW-KD-UK_AW, LU_14_AW-KD-UK_KD, LU_24_W-BP

Außenwand: LU_10_AW-AK, LU_23_W-AW

Dach: LU_16_AW-DK(T), LU_16_AW-DK(O), LU_17_DK-Z, LU_18_AW-Z-O, LU_19_AW-PD(T)-V01, LU_20_AW-PD(O)-V01, LU_21_AW-FLK(T)-V02, LU_22_AW-FLK(O)-V02

Fenster: F1, F3

Das Zertifikat ist wie folgt zu verwenden:

geprüfter Anschluss — Passiv Haus geeignete Komponente Dr. Wolfgang Feist

Slika 4: Certifikat Passivhaus institute v Darmstadtu, potrjuje, da projektirani detajli v podjetju Lumar izpolnjujejo merila pasivne hiše podana na Passivhaus inštitutu.

2.3 Proizvodnja

Proizvodnja je pomemben proces, saj se v tej fazi pravilno projektiranji detajli prenesejo iz papirja v prakso. Prefabrikacija elementov v proizvodni hali hkrati predstavlja ključno prednost montažne gradnje. Neodvisnost od vremenskih vplivov, stalen nadzor nad kakovostjo izvedbe ter predvsem milimetrska natančnost imajo pri gradnji pasivnih hiš še bistveno večji pomen.

Slika 5: Prefabrikacija elementov v proizvodni hali prinaša veliko prednosti.

Na osnovi detajlno izdelanih delavniških načrtov v proizvodnji sestavimo celotne stenske in stropne elemente, strešna konstrukcija se montira na gradbišču (slika 5). V stenske elemente se že v proizvodnji vgradijo plastične cevi za razvod elektro inštalacij. Pri pasivnih hišah je zaželeno, da je večina razvodov električnih inštalacij izvedena na notranjih stenah, da ne prihaja do prebojev

zrakotesne ravnine v konstrukciji zunanje stene. V kolikor se na željo investitorja predvidi večje število električnih inštalacij na zunanjih stenah, je potrebno predvideti dodatno inštalacijsko ravnino, pritrjeno na OSB plošče. Vsi stiki OSB plošč na konstrukciji zunanje stene se že v proizvodnji prelepijo s trajno zrakotesnimi lepilnimi trakovi. Izredno pomembna je vgradnja stavbnega pohištva, ki mora ustrezati merilom pasivne hiše. Te zahtevajo uporabo okvirjev z nižjo toplotno prehodnostjo ter uporabo energijsko učinkovite zasteklitve ter seveda pravilno in kakovostno vgradnjo. V večini primerov se kot material za okvir pojavlja les, po potrebi z dodatno toplotno izolacijo in aluminijasto oblogo, v nekaterih primerih so okvirji tudi iz PVC materialov. Vse stavbno pohištvo je vgrajeno po načelu tesnjenja v treh ravninah, z materiali, ki zagotavljajo zrakotesnost in paroneprepustnost na notranji strani ter vodotesnost in paroprepustnost na zunanji strani ter s toplotno izolacijo pod okvirjem (skladno z nemškimi RAL smernicami), (slika 6). Za izpolnjevanje pogojev vgradnje brez toplotnih mostov je potrebno okenske okvirje z zunanje strani prekriti s fasadno izolacijo.

Slika 6: Stavbno pohištvo je vgrajeno tako, da je zagotovljena ustrezna zrakotesnost na notranji strani ter vodotesnost na zunanji strani.

2.4 Montaža

Zadnji in najbolj pomemben proces v fazi gradnje je montaža. Predstavlja proces, kjer pravilno projektirane detajle prenesemo iz teorije v prakso in kjer se pokažejo vse morebitne pomanjkljivosti in napake, storjene v prejšnjih procesih. Montažna gradnja ima tukaj že v osnovi nekatere bistvene prednosti kot so hitra, čista in natančna montaža po vnaprej določenih izvedbenih detajlih(slika 7).
Pred pričetkom montaže kot izvajalci vedno preverimo dimenzijsko ustreznost plošče, predvsem je potrebno preveriti višinsko odstopanje. Dopustno odstopanje je tukaj izredno majhno. Zaradi zagotavljanja ustrezne zrakotesnosti je potrebno pri višinskem odstopanju, večjem od 5 mm, vse stene spodlivati z ekspanzijsko malto. Sama montaža elementov poteka izredno hitro, vsi dolžinski in vogalni stiki sten se izvedejo z vijačenjem. Pred sidranjem celotnega objekta v betonsko ploščo, za kar uporabljamo ustrezno dimenzionirane kotnike na razmiku, določenem v statičnem izračunu, je potrebno zagotoviti ustrezno zrakotesnost in vodotesnost stika med talno ploščo in stensko konstrukcijo. Zrakotesnost zagotavlja trak iz bitumen-kavčuka na notranji strani, vodotesnost na zunanji strani zagotovimo z izvedbo vertikalne hidroizolacije. Največ pozornosti je pri zaključnih delih montaže namenjenih kakovostni izvedbi zrakotesne ravnine (slika 8). S trajno zrakotesnim lepilnim trakom se prelepijo vsi vogalni stiki ter stik stenske in strešne konstrukcije. Ustrezna zrakotesnost pasivnih hiš se dokazuje z meritvami zrakotesnosti t.i. Blower door test, ki je izvedena skladno s standardom SIST EN 13892. Ta meritev definira zračno prepustnost stavb pri tlačni razliki 50 Pa. Zgornja dovoljena vrednost za pasivne hiše znaša n_{50}=0,6 h^{-1}, skladno z novo slovensko zakonodajo (Tehnična smernica učinkovita raba energije, TSG 1-004:2010) je zgornja dovoljena vrednost zrakotesnosti za stavbe z vgrajenim sistemom prezračevanjem n_{50}= 2,0 h^{-1} oz. n_{50}= 3,0 h^{-1} za objekte s predvidenim naravnim prezračevanjem [Ministrstvo za okolje in prostor, 2010].
Po zaključku grobih montažnih del, ki trajajo okoli 5 dni, se na objektu prične z inštalacijskimi deli. Vgradnjo naprave z vgrajenim prenosnikom toplote za vračanje toplote zavrženega zraka

(rekuperatorjem) izvajajo usposobljeni podizvajalci skladno z predvidenimi načrti. Vse razvode je med montažo potrebno zaščititi, da ne pride do onesnaženja sistema s prašnimi delci iz gradbišča. Za sistem ogrevanja v pasivne hiše največkrat vgradimo toplotne črpalke, ki v celoti pokrivajo potrebe za pripravo tople sanitarne vode kot tudi nizkotemperaturno ploskovno ogrevanje. Čeprav bi se lahko marsikatera izmed naših pasivnih hiš grela le toplozračno, kot je predvideno v standardu pasivne hiše, ki ga postavljajo v Passivhaus inštitutu, se večina investitorjev odloči še za dodatno nizkotemperaturno talno ogrevanje. Potrebno toploto zagotovijo s toplotno črpalko, ki sočasno služi še za pripravo tople sanitarne vode, s čimer povečajo bivalno udobje v najhladnejših zimskih konicah. Preostala obrtniška dela potrebna za zaključek gradnje podobno kot pri ostalih objektih izvedejo usposobljeni podizvajalci.

Slika 7: Montaža objektov je hitra, čista in natančna

V praksi je pri montažni gradnji na ključ proizvajalec tisti, ki jamči končno kakovost zgrajenega objekta. Zato je pomembno, da ima zraven lastne montažne skupine na voljo ustrezno usposobljene podizvajalce inštalacij in stalno kontrolo nad izvedbo. Zaradi same prepletenosti in kompleksnosti del je za končno kakovost zaželeno, da dela vsaj do dokončanja grobih strojno inštalacijskih del prevzame en glavni izvajalec. Vzpostavljanje mreže podizvajalcev je stalno razvijajoč se proces, skozi katerega lahko le s kompetentnimi podizvajalci iščemo inovativne pristope in rešitve. Stalno kontrolo na objektih izvajamo predvsem z meritvami zrakotesnosti in termografskimi analizami. S tema dvema postopkoma preverjamo vse ključne detajle pri gradnji pasivnih kot tudi nizkoenergijskih objektov. Rezultati teh meritev niso le kontrola za izvajalce temveč tudi dokazilo za investitorje, da so bili koncepti pasivne gradnje iz teorije pravilno prenešeni v prakso.

Slika 8: Kakovostna montaža in natančno polepljeni stiki so ključni za zagotavljanje zrakotesnosti objekta

3. IZKUŠNJE IZ GRADNJE

Čeprav montažno gradnjo odlikujejo vnaprej dodelani detajli, ima vsak objekt svoje posebnosti, ki zahtevajo individualni pristop. Povratne informacije iz terena so zato za napredek in razvoj zelo pomembne. Na osnovi izkušnje iz gradnje v našem podjetju iščemo nove rešitve in optimizirane detajle, ki na eni strani omogočajo optimizacijo našega objekta ter rešitve za kakovostno izvedbo tehnično vedno bolj zahtevnih objektov na drugi strani.

Izkušnje iz gradnje pa ne moremo omejiti samo na tehnični vidik. Za nas, kot glavnega izvajalca montaže objekta, so bistvenega pomena tudi izkušnje lastnikov novih pasivnih objektov in njihova

potrditev, da objekti izpolnjujejo predvsem obljubo o zagotavljanju visokega bivalnega ugodja. Danes je na voljo že veliko literature o gradnji pasivnih, hiš tako je vse več investitorjev že pred nakupom dobro seznanjenih z lastnostmi pasivnih hiš, vendar se kljub temu pojavljajo nekateri dvomi in napačne predstave. Nekaterim to predstavlja omejitve pri načinu bivanja v hiši, nekateri se bojijo, da ne bodo morali odpirati oken. Vsem tem je potrebno razložiti, da se seveda tudi v pasivni hiši lahko odpirajo okna in da je življenje v takšni hiši podobno kot v vsaki drugi. Sedaj, ko imamo postavljenih že kar nekaj pasivnih hiš v katerih investitorji že nekaj časa živijo, imamo tudi od njih pozitivne odzive. Vsi so navdušeni nad kakovostjo zraka ter nizkimi položnicami za ogrevanje in kaj hitro se navadijo, da za kakovosten zrak ni potrebno stalno odpiranje oken.

4. ZAKLJUČEK

Z novim Pravilnikom o učinkoviti rabi energije v stavbah bo nizkoenergijski standard gradnje postal stalnica v našem okolju. Pojem pasivne hiše danes predstavlja splošno uveljavljen koncept gradnje, vendar prihaja zaradi nezadostne ali nepravilne informiranosti tudi do napačnih predstav kaj pasivna hiša je in kaj je pri izvedbi pomembno. Zmotno je namreč prepričanje, da je pasivna hiša le objekt z dodatno toplotno izolacijo na zunanjem ovoju ter da je pomembna le končna vrednost energije potrebne za ogrevanje, ki mora biti manjša od 15 kWh/m^2 na leto. Pojem pasivna hiša predstavlja celovit koncept, katerega cilj je gradnja energijsko varčnih objektov, ki ob minimalnih stroških ogrevanja ponujajo visoko stopnjo bivalnega ugodja. Za doseganje tega cilja je potrebno veliko znanja, pravilnega načrtovanja in kakovostne izvedbe. V našem podjetju smo ta koncept še dopolnili z ekološkim vidikom, uporabljeni materiali, les, toplotne izolacije iz lesnih vlaken in celulozna izolacija imajo namreč sposobnost shranjevanja ogljikovega dioksida. Z vgradnjo toplotnih črpalk in sistemov prezračevanja se zmanjšuje tudi odvisnost od fosilnih goriv.

Koncept pasivne hiše ob potrebni energiji za ogrevanje omejuje tudi porabo primarne energije, danes se ta koncept razširja še zniževanje izpustov toplogrednih plinov. Bistvenega pomena ostaja izhodišče. Pravilno projektiran in kakovostno izveden ovoj konstrukcije je tisti, ki omogoča nadgradnjo v danes aktualne aktivne, nič in plus energijske objekte ter kar je za investitorja še pomembneje, ponuja prijetno bivalno klimo.

5. LITERATURA

[1] Ministrstvo za okolje in prostor, Tehnična smernica TSG 1-004:2010 učinkovita raba energije, http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf (zadnji dostop 13.01.2011)

[2] Zbašnik-Senegačnik M., Zakaj pasivna hiša?, http://www.fa.uni-lj.si/filelib/8_konzorcijph/razlogi.pdf (zadnji dostop 13.01.2011)

[3] Zbašnik-Senegačnik M., Pasivna hiša, UL, Fakulteta za arhitekturo, 2007.

[4] Žegarac Leskovar V., Premrov M., Vpliv zasteklitve na energetsko učinkovitost montažnih lesenih stavb, mednarodni posvet 2010 Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu, UM, Fakulteta za gradbeništvo in Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor, Maribor, 21.10.2010, str. 71 do str. 82, 2010.

POSLOVNA STAVBA EKO PRODUKT – ZGRAJENA IZ NARAVNIH MATERIALOV

Miro Škvorc, Eko produkt d.o.o.

Povzetek
Podjetje EKO PRODUKT d.o.o. se z ekološko pasivno gradnjo ukvarja že 13 leto. Naravne materiale ne tržimo le zaradi zaslužka, temveč tudi zato, ker verjamemo, da je z njihovo uporabo možno zgraditi kvalitetne, cenovno ugodne in okolju prijazne stavbe, ki so hkrati tudi energijsko zelo učinkovite brez večjih dodatnih stroškov. Tako smo pri načrtovanju svoje poslovne stavbe primerjali različne načine gradnje od betonske, zidane, jeklene in lesene. Pri slednji smo primerjali različne načine lesenih izvedb, kot so skeletna in masivna lesena izvedba. Prav tako smo preučili kombinirane izvedbe, t.i. hibride, kjer smo kombinirali različne lesene izvedbe v kombinaciji z betonom in jeklom. Končna ugotovitev je bila, da se enostavne izvedbe, kjer ni posebnih statičnih in toplotnih zahtev, cenovno najbolj izplača graditi v skeletni betonski izvedbi s fasadnimi paneli iz pločevine. Ti materiali so kljub visokemu vložku primarne energije in zaenkrat še relativno nizki okoljski sprejemljivosti še vedno ekonomsko najbolj upravičeni. V kolikor pa je objekt statično bolj zahteven, hkrati pa imamo tudi višje zahteve po toplotni učinkovitosti, lesena stavba zelo hitro postane konkurenčna ali celo cenejša, saj imamo zaradi manjše teže zgradbe manj zemeljskih del, manj je betona in železa v temeljni plošči, nimamo nobenih stroškov z odpravljanjem toplotnih mostov, hkrati pa lahko s pametnim načrtovanjem strojnih inštalacij zmanjšamo investicijo v grelne in hladilne naprave tudi do 75%. Naravni materiali imajo bistveno daljši fazni zamik prehoda toplote, ne kondenzirajo in pripomorejo k boljši mikro klimi v prostoru. Tako pri enaki U vrednosti z uporabo naravnih materialov porabimo kar za 25% manj energije za ogrevanje in hlajenje (neodvisne študije).

UVOD

Zaposleni v Eko produktu smo se odločili, da za primerljivo ceno raje zgradimo poslovne prostore iz naravnih materialov, saj se zavedamo, da materiali, ki nas obdajajo, vplivajo tudi na naše zdravje. Glede na to, da smo vsaj tretjino dneva v službi, želimo bivati v čim bolj zdravih prostorih. Les je material, ki odlično sprejema in oddaja vodno paro, pripomore k ustvarjanju ugodne mikro klime in zelo počasi prepušča toploto. Ker masiven les ni najboljši toplotni izolator, smo lesene masivne križno lepljene stene na zunanji strani še dodatno toplotno izolirali z naravnimi materiali iz celuloze in lesnih vlaken. Pri gradnji smo uporabili le kvaliteten certificiran les, sušen in obdelan v skladu z veljavnimi standardi, zato ga ni bilo potrebno dodatno ščititi pred lesnimi škodljivci. Kljub temu, da les sodi med gorljive materiale, gori relativno počasi, do 2 cm na uro. Glede na to, da je odzivni čas gasilcev le 10-15 minut, lahko v primeru hitrega in uspešnega odziva realno pričakujemo le manjše in neproblematične poškodbe na objektu. V primeru večjega požara pa upamo, da bo za gasilce gašenje lesenega objekta bolj predvidljivo, strošek odstranitve pogorišča pa mnogo cenejši. Nekoliko bolj problematična je jeklena konstrukcija v skladiščnem delu objekta, ki smo jo uporabili namesto lesa zaradi manjših presekov pri enaki nosilnosti, zato jo je bilo potrebno dodatno zaščititi z negorljivimi materiali.

OSNOVNI PODATKI OBJEKTA

Poslovna cona Komenda se nahaja med Vodicami in Komendo v kraju Žeje. Velikost cone je 930.000 m^2 in je od Ljubljane oddaljena 14 km. Zemljišče se nahaja v vzhodnem delu cone in je veliko 2500 m^2. Objekt je velikosti 34x34 m. Sestavljata ga dva sklopa in sicer hladno skladišče velikosti 34x26 m in toplo skladišče s pisarno za skladiščnike v velikosti 26x8 m. Nad toplim skladiščem so pisarniški prostori velikosti 34x8 m s previsnim delom, ki je hkrati tudi nadstrešek pri izdaji blaga v velikosti 8x8 m. Trenutna

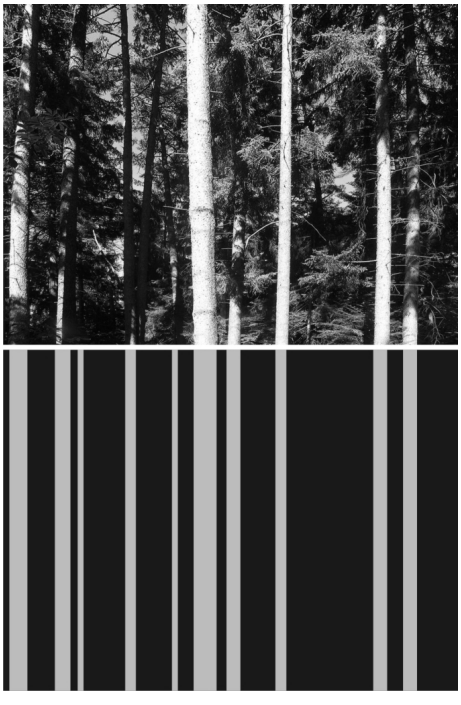
višina objekta je 8,5 m, vendar je možna nadgradnja še dveh etaž. Ravno previsni del je bil velik izziv za statika, saj nismo želeli imeti podpornega stebra. Da bi bila naloga še težja je bilo potrebno pri izračunih statike in izbiri konstrukcijskega materiala upoštevati tudi dejstvo, da bo možno v prihodnosti objekt nadgraditi še z dvema etažama, dodatna zahteva pa je bila tudi večja nosilnost tal v naslednji etaži in sicer namesto 300 kar 600 kg/m^2.

ARHITEKTURNA IN TEHNIČNA ZASNOVA

Arhitekturna zasnova objekta je dokaj enostavna, predvsem zaradi strogih določil iz Odloka o lokacijskem načrtu in pa zaradi funkcije objekta, ki je v večji meri namenjeno skladiščenju. V okviru teh določil je bilo potrebno oblikovati objekt, ki bo funkcionalno kar najbolj ustrezal investitorju oz. poslovni dejavnosti podjetja. V ta namen je tudi predvidena etapna gradnja v dveh ali celo treh etapah. Tlorisno je objekt kvadratne oblike 34x34 m z manjšim izsekom v zahodnem vogalu. Izsek se po vertikali zaključi na višini 4 m in se nadaljuje z medetažo. Zgrajeni del objekta predstavlja 1. fazo izgradnje do višine 8,5 m. Predvideni sta še dve etaži poslovnih prostorov do skupne višine 14 m. Objekt je po stavbnih masah prilagojen primarni in sekundarni funkciji. Primarni del objekta obsega neogrevano paletno skladišče z manipulacijskima vhodoma oz. izhodoma za dobavo in izdajo skladiščenega materiala. Večja rolo vrata na SZ strani so namenjena polnjenju skladišča, manjša pod previsom pa izdaji materiala, s čimer se obe funkciji lahko vršita hkrati. Tukaj se tudi nahaja vhod v manjše ogrevano skladišče, za skladiščenje toplotno občutljivih materialov in pisarna z garderobo in sanitarijami za skladiščnike. Vhod v poslovni del je na sredini JZ fasade, kjer preko stopnišča ali dvigala pridemo v medetažo (sekundarni del), ki se nahaja nad toplim delom skladišča. V medetaži so pisarniški prostori in manjša dvorana za cca. 20 oseb vključno s sanitarijami in čajno kuhinjo. Oblikovno je objekt enostavnih ortogonalnih oblik, saj se fasada zaključi z ravno atiko, ki skriva dvokapno streho z minimalnim naklonom. Zaključni sloj fasade je v večji meri črne grafitne barve (fasadna folija), neenakomerno deljene z vertikalnimi lesenimi letvami različnih širin. Na skladiščnem delu je fasada enostavna, podrejena funkciji objekta. Poleg manjših oken, ki zagotavljajo minimalno osvetlitev skladišča je večji oblikovni element le nadstrešek nad glavnim vhodom v skladišče na SZ strani. Na poslovnem delu je v višini medetaže okenski niz povezan v linijo, obdelano z lesom v naravni barvi. Lesena fasada se pojavi tudi pod previsom in se nadaljuje do glavnega vhoda v poslovne prostore. Ta vhod je tudi zaščiten s steklenim nadstreškom v dolžini 7 m, ki poudari horizontalno linijo lesene fasade.

OBLIKOVNI KONCEPT ZUNANJE PODOBE OBJEKTA

Dinamika pridobivanja gradbenega dovoljenja je botrovala k dobrim, predvsem funkcionalnim rešitvam, medtem ko je zunanja podoba obstala na nivoju enotne fasadne površine, posejane z danimi odprtinami. V risbi je objekt deloval premalo ambiciozno in povsem brez identitete. Glede na splošno dejstvo, da objekti komunicirajo z okolico predvsem preko fasadnega ovoja, ja bilo določeno, da se problematiko reši z dodatnim načrtom obdelave fasadnih površin. Glavno vodilo je bilo, da naj stavba s svojo podobo jasno izraža pripadnost uporabniku in dejavnosti, ki se v njej vrši, snovanje koncepta pa je potekalo na nivoju oblikovanja, funkcionalnosti in ekonomike.



Oblikovalski koncept je vezan na analogijo poslanstva podjetja. Ponudba zajema materiale za ekološko gradnjo, ki izvirajo iz naravnih surovin, predvsem lesa. Tako je bila za oblikovalsko izhodišče izbrana podoba smrekovega gozda kot vir osnovnega gradnika ekoloških materialov, z njim pa je obdana tudi sama lokacija. Pogled na osončen začetek smrekovega gozda razkriva pokončna debla v svetlejših tonih in različnih debelinah, obdana s temnejšimi zasenčenimi krošnjami . Abstraktna podoba pogleda nam kot grafični element ponudi nepravilen vertikalen raster različno debelih linij v svetlejšem tonu na temni podlagi, kar je bilo v

ustreznem razmerju in materialu preneseno na fasadno površino. Fasadni ovoj je v celoti obdelan s temno zaščitno UV obstojno fasadno folijo, ki je pritrjena z vertikalnim rastrom različno širokih macesnovih desk. Poleg tega se objekt uredi tudi s tem, da se okenske odprtine poslovnega dela povzame v zaključeno potezo. Dana dispozicija oken se s poudarjeno leseno špaleto prikaže kot enoten fasadni element in ne kot skupek nepovezanih odprtin. Obratno je z okenskimi odprtinami skladišča. ki so manjša in vizualno nepomembna. Ta ostajajo neobdelana in zlita znotraj vertikalnega rastra macesnovih desk. K leseni špaleti je dodan še en fasadni element, ki pomaga omiliti uniformnost kontinuiranega vertikalnega vzorca in hkrati usmerja. Z njim se obdela vhodni del frontalne fasade. Uporabi se horizontalno orientirano lamelno leseno fasado z majhnimi distancami med lamelami. Tako se doseže kontrastno območje fasadnega ovoja, ki jasno nakazuje vhod v poslovni del objekta. Celotna površina je precej homogena in definirana le s strukturo lesa in temnim tonom fasadne folije in okenskih površin. Dodaten akcent se skuša ustvariti z elementi označevanja (logotipi, napisi, zastave ipd.).
Funkcionalni pristop je bil upoštevan predvsem kot prezentacija in testiranje materialov podjetja na sami fasadi objekta. Skozi čas se bo ta del nadgrajeval, hkrati pa bo dajal rezultate o delovanju vgrajenih elementov. Glede na to, da gre za prototip fasade, bo čas pokazal, kje se pojavljajo kritični deli. Različne distance vertikalnih letev bodo pokazale, do katere dimenzije je raztezek folije še zanemarljiv. Pokazalo se bo tudi, kakšen vpliv ima voda, ki zaide med letev in folijo, saj je bilo pritrjevanje rešeno na način, ki omogoča sušenje.
Pri snovanju fasadne obdelave je bila kot vodilo prisotna tudi ekonomika. Misel je bila, da bi se razvil ekonomičen način obdelave fasadnih površin, ki bi se lahko predvsem na področju enodružinskih hiš ponujal kot alternativni sistem. Groba ocena je pokazala, da bi lahko taka obdelava dosegla tudi do polovico nižje stroške kot pri klasičnih fasadnih sistemih.

ENERGIJSKA UČINKOVITOST OBJEKTA

Sama lega zemljišča je SV-JZ, zato smo pisarniški del in toplo skladišče umestili na JZ stran in ga še dodatno izolirali s 24 cm toplotne izolacije, kljub temu, da je masivna lesena stena toplega skladišča debela 12 cm, v pisarniškem delu pa kar 20 cm. Prav tako smo dodatno izolirali predelno steno med toplim in hladnim skladiščem, kjer smo na 8 cm debelo masivno leseno steno dodali še 18 cm celulozne izolacije. Streha bo nad pisarnami izolirana s 40 cm celulozne izolacije Trendisol, nad hladnim skladiščem pa z 20 cm Trendisol izolacije, saj ima hladno skladišče tudi manj izolacije na fasadi in sicer na 10 cm debeli leseni steni le 6 cm debelo lesno vlakneno ploščo Agepan. Temeljna plošča je v predelu hladnega skladišča izolirana z 10 cm XPS izolacije, v toplem skladišču pa z 15 cm enake izolacije. Okna v pisarniškem delu so v alu les izvedbi proizvajalca Internorm z U<0,8W/m^{2}K, primerna za vgradnjo v pasivne hiše. Prav tako imata enako U vrednost tudi okno in vrata v pisarni skladiščnika. Enako U vrednost imajo tudi glavna vhodna vrata v poslovni del objekta, le da so v celoti lesena z dodano stekleno oblogo na zunanji strani. Odločili smo se za slovenskega proizvajalca Doors, saj Internorm ni mogel izdelati vhodnih vrat, ki bi se odpirala navzven, kar je bila zahteva požarnega elaborata. Skupna potreba po toploti za ogrevanje je izračunana le za topli del objekta in znaša 7900 kWh letno oz. 20kWh/m^{2}a. Ogrevanje ali hlajenje v hladnem skladišču ni predvideno. Skupni toplotni pritoki znašajo 12400 kWh, od tega notranji viri 7300 kWh in so skoraj enaki toplotnim izgubam. Ta podatek je bil bistven element pri načrtovanju strojnih inštalacij, saj smo dali večji poudarek hlajenju kot ogrevanju. V kolikor bi objekt gradili »klasično«, bi bile potrebe po ogrevanju in hlajenju približno 3x večje, povečali bi se sončni dobitki, saj bi vgradili tudi slabša okna. Sedaj dobitki zaradi sončnega sevanja znašajo le 5100 kWh, zato imamo manjšo potrebo po hlajenju. Skupne toplotne izgube v stavbi znašajo 20300 kWh. Zaradi manjše potrebe po ogrevanju in hlajenju

je potrebna tudi manjša moč električnih varovalk, to pa v praksi pomeni tudi manjši mesečni strošek za elektriko. Zaradi majhne potrebe po električni energiji že razmišljamo, da bi na strehi objekta zgradili manjšo FV elektrarno moči 7-10 kW. Tako bi s sofinancirano odkupno ceno elektrike pokrili celotne stroške obratovanja stavbe.
Da bo stvar delovala vemo že sedaj, saj smo že leta 2002 v pasivnem standardu adaptirali poslovne prostore v katerih še trenutno delujemo, in v njih že takrat nismo vgradili nobenega klasičnega sistema za ogrevanje. Namesto tega smo raje investirali v kvalitetno toplotno izolacijo brez toplotnih mostov, saj je investicija primerljiva oz. dosti cenejša, v kolikor upoštevamo tudi mesečne stroške za energijo. Ker nameravamo v prihodnosti stavbo še nadgraditi smo ugotovili, da bi bila investicija v dodatni sloj toplotne izolacije, ki bi zmanjšal potrebno letno toploto za ogrevanje na 15 kWh nesmiseln, še posebej zato, ker se bo z nadgradnjo bistveno povečal volumen ogrevanih prostorov, zaradi česar bo pri enako grajenih obodnih površinah kasneje letna potreba po toploti za ogrevanje padla na 25500 kWh oziroma na 12 kWh/m^2a. Tako bodo toplotne izgube znašale 86100 kWh ter toplotni dobitki 60600 kWh (od tega 24700 kWh dobitki zaradi sončnega sevanja ter 35900 kWh od notranjih dobitkov toplote).

STROJNE INŠTALACIJE
Projektiranje strojnih instalacij za objekt Eko produkt je bila svojevrstna posebnost. Naročnik je ekspert na področju pasivne gradnje in zelo dobro pozna ogrevalne in hladilne sisteme za pasivno gradnjo, zato so bile projektne zahteve že od samega začetka zelo jasne in se tudi kasneje niso spreminjale, temeljile pa so na naslednjih predpostavkah:

- vsi pisarniški prostori se hladijo in ogrevajo, toplo skladišče pa le ogreva
- vse pisarniške prostore je potrebno prezračevati z učinkovitim sistemom vračanja toplote
- zasnova strojnih instalacij mora biti cenovno racionalna in optimalna

Investitor je sam izdelal več preračunov po PHPP metodologiji, kjer je preigral različne možnosti, katere izolacijske materiale je najbolj smiselno uporabiti in v kakšni debelini. V tem primeru je manipuliral med investicijskimi in obratovalnimi stroški, ki so potrebni za zagotovitev energije za potrebe ogrevanja, hlajenja in prezračevanja. Na voljo smo imeli tudi zemeljski plin, ki je bil že na parceli. Dokaj hitro smo oblikovali dva cenovno ugodna koncepta, ki sta ustrezala zahtevam investitorja:
1. KONCEPT:
• uporaba kondenzacijskega plinskega kotla za proizvodnjo potrebne toplote za ogrevanje prostorov in tople sanitarne vode, ogrevanje in hlajenje s konvektorji, kjer hlad proizvajamo s hladilnim agregatom in prezračevanje z rekuperacijo
2. KONCEPT
• uporaba toplotne črpalke za ogrevanje in hlajenje in prezračevanje z rekuperacijo

Sprva smo razmišljali klasično, kot pri projektiranju ostalih objektov a smo hitro ugotovili, da je prva varianta bolj primerna za slabše izoliran objekt, ki potrebuje večje moči, lahko pa bo ta sistem prava izbira kasneje pri nadgradnji objekta, zato smo plin kot opcijo še vedno pustili odprto za kasneje. Pri nadaljnjem iskanju smo preverili kar nekaj možnosti. Investitor je zagovarjal kvalitetno napravo in cena ni bila na prvem mestu. Iskali smo rešitev, ki bo v dani situaciji optimalna glede na kvaliteto, ceno in izkoristke, zato smo preverili naslednje možnosti:

- Toplotna črpalka z geosondo je odpadla takoj. Cena geosonde je previsoka. Problem pa predstavlja tudi uporaba geosonde v sistemu s hlajenjem, ker imamo omejene kapacitete.
- Toplotne črpalke z zemeljskim kolektorjem nismo mogli uporabiti, ker nismo imeli ustreznih površin.
- Toplotna črpalka s talno vodo je bila ustrezna. Problem pa je predstavljala ustanova ARSO, saj nismo mogli predvideti za koliko časa se bo zavleklo izdajanje gradbenih dovoljenj za uporabo talne vode.
- Toplotna črpalka zrak-zrak je imela hibo, da neha delovati pri temperaturi pod -20°C, kar pa v tem primeru ni bila težava, saj so potrebe po toploti izjemno nizke, zato tudi nekoliko slabše grelno število pri tako dobro izoliranemu objektu ne odigra odločilne vloge.

Tako se je izoblikovala odločitev o izvedbi toplotne črpalke zrak-zrak, saj je ta sistem tudi cenovno zelo ugoden. S tem smo opravičili tudi nekoliko višjo investicijo v toplotno izolacijo. Še vedno pa smo

tehtali med uporabo klasičnih split sistemov, o uporabi dvojčkov, trojčkov in o uporabi enocevnih multi split sistemov. Kalkulacija je pokazala, da je enocevni sistem ugoden. Tako smo se odločili za zunanjo enoto Mitsubishi Electric PUHY-P200YHM-A ter ustrezne notranje enote za vsako pisarno. Ta enota omogoča ogrevanje tudi pri zunanji temperaturi -20°C. Za prezračevanje smo izbrali enoto Mitsubishi Electric LGH 150. Izbrali smo jo zaradi kompaktne izvedbe in ugodne cene. Naprava bo večino časa obratovala na srednji obremenitvi. Prezračevanje je zasnovano tako, da v posamezne pisarne zrak dovajamo, odvajamo pa ga iz sanitarij in hodnikov. Razvod prezračevanja je iz spiro cevi. Sanitarije so v sredini objekta in imajo zelo malo toplotnih izgub, zato smo se odločili, da jih bomo ogrevali kar z električnimi radiatorji. Za optimalno delovanje bodo skrbeli časovni termostati, ki bodo preprečevali ogrevanje v nočnem času. Na enak način se bo pripravljala tudi sanitarna topla voda v električnem bojlerju. Kljub nekaterim pomislekom se je na koncu ta odločitev izkazala kot optimalna izbira, saj se bo topla voda uporabljala le za umivanje rok in za čiščenje prostorov.

STATIČNA ZASNOVA

Zasnova poslovno skladiščnega objekta Eko produkt se je začela v okviru projektne naloge na idejni ravni, kjer smo v okviru projektantskega tima postavili izhodišča za zasnovo stavbe in s tem konstrukcijskega sistema. Na nivoju idejne zasnove stavbe so bile izvedene finančne primerjave med različnimi konstrukcijskimi sistemi, kot so npr. prefabricirani armirano-betonski sistemi, jekleni sistemi in različni leseni sistemi. Vsekakor so se prefabricirani sistemi gradnje v AB konstrukciji in jeklu izkazali kot cenovno najcenejša varianta, a le na prvi pogled, saj v najnižjem cenovnem rangu niso dopuščali fleksibilnosti v arhitekturni zasnovi in s tem pri uporabnosti ter izkoriščenosti objekta. Ker so bile naročnikove želje glede uporabnosti objekta zelo jasno zastavljene in ker si je želel sodobno arhitekturo, ki se razlikuje od tipskih industrijskih objektov klasične gradnje, smo zastavili konstrukcijo glede na arhitekturna izhodišča, hkrati pa smo upoštevali vse zahteve po uporabnosti prostorov. Projektna naloga je bila zastavljena tako, da je možno objekt izvesti v dveh ali treh fazah in da se lahko dvoetažna konstrukcija objekta enostavno nadgradi še za dve etaži. Hkrati je bila izražena želja, da se pri nadgradnji hladnega skladišča lahko uporabi tudi zgornja etaža (to je trenutno streha skladišča) za skladiščenje materiala, kar je pomenilo pri dokaj velikih razponih še dodatno obtežbo. Zaradi transportnih poti je bila želja, da je sprednji prometno pretočni del objekta brez podpor, to pa je pomenilo, da je sprednji del objekta v vogalu v celoti v previsu preko 8 m. Na ta previs pa naj bi bilo ob upoštevanju izhodišč naše zasnove možno postaviti še dve etaži (!). Hkrati je bila omejitev pri zasnovi objekta tudi ta, da so tla na tem področju zelo slabo nosilna, saj so na tej lokaciji vsi okoliški objekti izvedeni v klasični gradnji tudi pilotirani.

V skladu z vsemi postavljenimi izhodišči smo zastavili projekt, v katerem smo želeli izvesti objekt z želeno arhitekturo, z možnostjo čim bolj enostavne večfazne izvedbe oz. kasnejše nadgradnje še za dve etaži, brez globokega temeljenja na pilotih, ki bi precej povečalo strošek izvedbe, z možnostjo uporabe skladišča na nivoju 3. etaže. Glede na dana izhodišča je klasična gradnja odpadla predvsem zaradi temeljenja in 8 metrskega previsa, pa tudi ekonomsko takšen sistem gradnje ni bil več cenovno ugoden. Hkrati bi tak način gradnje zahteval mnogo najdaljši čas izvedbe in zelo slabe toplotne karakteristike stavbe. Tudi jeklena izvedba ni bila nič manj ekonomična predvsem zaradi obložnih panelov, ki zapirajo prostorsko jekleno konstrukcijo, saj lahko pride pri izven standardnih rešitvah do problemov pri izvedbi ovoja stavbe predvsem na področju kvalitete detajlov in s tem toplotnih mostov ter odvodnjavanju meteorne vode.

Želja investitorja, da bi se statično in tehnološko pregledale tudi možnosti lesene izvedbe se je v tem primeru izkazala za zelo utemeljeno. Preverili smo različne načine lesenih izvedb od palične, okvirne,

skeletne in masivne. Glede na analizo stroškov posameznih variant, smo se odločili, da v glavnem delu skladišča zaradi velikih obtežb, ki se stekajo iz nadgradnje dodatnih dveh etaž, namestimo tri jeklene polokvirje, kjer so zaključni stebri okvirja leseni stebri v »jambo« leseni okvirni steni. Ta je namesto z OSB ploščami zavetrovana z »jambo« križno lepljenimi ploščami debeline 83 mm. Na ta način smo ustvarili hibridno konstrukcijo, kjer so jekleni polokvirji prevzeli vertikalno obtežbo nad skladiščem, leseni ovoj, izdelan v obliki »jambo« lesenega okvirnega sistema, pa s pomočjo križno lepljenih plošč zavetruje objekt. Hkrati ovoj iz XLam plošč preko povezav z glavnimi lesenimi stebri obodnega okvirja prerazporedi lokalne napetosti na rob temeljne AB plošče, ki je izdelana zaradi velikih prebojnih sil v debelini 50 cm na XPS izolaciji brez kakršnih koli pilotov. Glede na to, da smo potrebovali učinkovito zavetrovanje plošče nad hladnim skladiščem, ki na nivoju 3. etaže poveže vse jeklene pol okvirje in zunanje obodne »jambo« lesene okvirne stene z obložnimi XLam ploščami, smo diafragmo izvedli z lesenimi rebri višine 60 cm, ki so se sidrali v pasnice jeklenih profilov, preko celotne branaste konstrukcije, sestavljene iz jeklenih HEB profilov in v pravokotni smeri vstavljenih lesenih reber, pa so bile zlepljene in dodatno mehansko pritrjene XLam plošce debeline 83 mm. Na tak način smo ustvarili efekt škatle, ki lahko prevzame vso predvideno potresno in vetrno obtežbo v primeru upoštevanja nadgradnje in uporabe skladišča na nivoju 3. etaže. Poslovni del objekta je bil zasnovan in izveden v celoti iz XLam plošč različnih debelin, ravno tako stopnišče in jašek za dvigalo. Večji razponi v poslovnem delu so se zaradi racionalizacije pri uporabi materiala izvedli kot rebričasti strop z uporabo tanke Xlam plošče in lesenih reber na spodnji strani. Konzolni previs je bil zasnovan v obliki stenastih nosilcev z odprtinami (vratne in okenske odprtine v 2. etaži), zaradi katerih je bila osrednja stena ojačana z jeklenimi kotnimi elementi na zgornjem in spodnjem robu. Podporni elementi nosilnih sten konzolnega previsa so bili izvedeni iz ustreznih jeklenih stebrov z ustrezno razširjenimi jeklenimi U ležišči. Dvižne sile na koncu konzolnih sten so bile sidrane preko XLam sten, ki v tem delu tečejo preko dveh etaž. Na ta način smo ustvarili optimalno hibridno leseno konstrukcijo, ki se večinoma sestoji iz XLam plošč minimalnih debelin, ki ustvarijo škatlast efekt objekta, večje obtežne tokove po konstrukciji pa smo pokrili z lesenimi masivnimi stebri, jeklenimi stebri in jeklenimi HEB profili preko razponov v glavnem skladišču. S takšno konstrukcijsko zasnovo smo glede na dana izhodišča izvedli optimalno in najbolj cenovno ugodno konstrukcijo.

Poslovno skladiščni objekt Eko produkt je trenutno največja projektirana lesena zgradba v Sloveniji, ki se izvaja v dveh fazah. Prva faza je bila izvedena avgusta 2010 in predstavlja objekt tlorisne površine 1156 m^2 tlorisne in višine 7,5 m, kar predstavlja prostornino okoli 8700m^3. Objekt ima v poslovnem delu konzolni previs preko 8 m, kar predstavlja še dodatni dosežek pri konstruiranju z lesom. Nad izvedeno prvo fazo objekta bo nadgradnja dveh poslovnih etaž (z možnostjo uporabe spodnje v skladiščne namene), do skupne višine 14 m, kar predstavlja objekt skupne površine 3740m^2 in prostornine 16.200m^3.

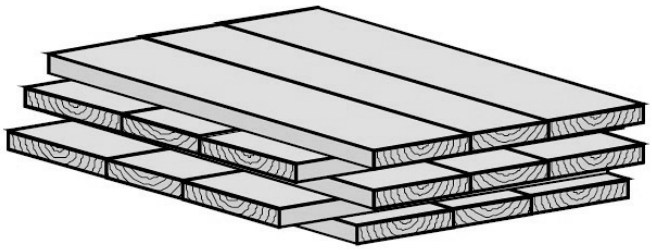
IZVEDBA

Z izgradnjo smo pričeli v začetku julija 2010. Ker smo preigrali kar nekaj različnih možnosti izvedbe, je bila investicija v zemeljska in gradbena dela relativno nizka, saj izkopa zemljine skoraj ni bilo, tampon pa je bil kljub slabemu terenu visok le 60 cm. Na pripravljeno podlago smo dodali 10 cm toplotne izolacije ter vse skupaj prekrili z hidroizolacijsko membrano na osnovi ilovice, ki naredi za vodo neprepustno plast šele takrat, ko pride ilovica v stik z vodo. Detajli pri tej izvedbi so zelo enostavni, saj ni varjenja, folija se le prekrije. Da membrana tudi dejansko zelo dobro tesni, smo se lahko prepričali po končani izvedbi, ko meteorna voda v jašku za dvigalo nikakor ni hotela odteči.

Na pripravljeno podlago se je izvedla 50 cm debela AB plošča. Izvedba je bila kar zahtevna, saj je bilo potrebno zaradi ekstremno visokih dnevnih temperatur v času gradnje, preko noči vgraditi 578 m^3 betona, vključno z izdelavo quarc finalnega tlaka.

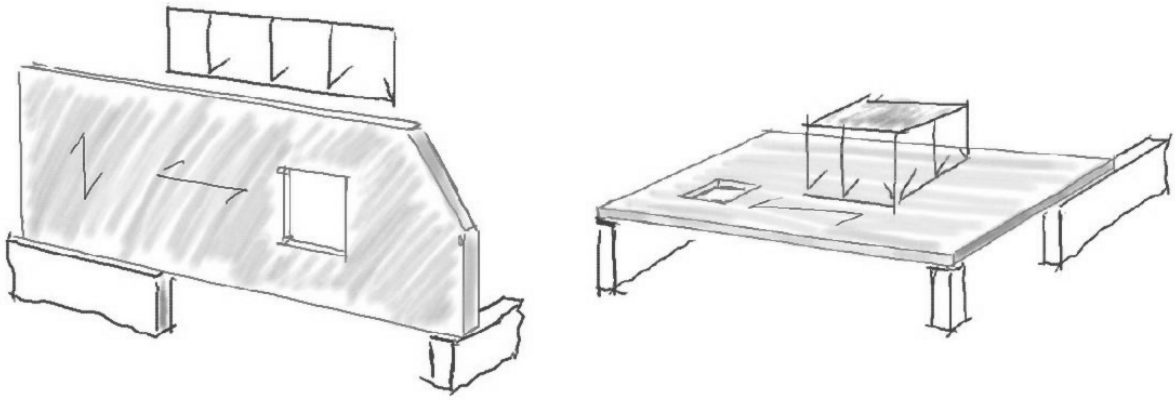
V začetku avgusta se je pričela izvedba jeklene konstrukcije in lesenega dela iz križno lepljenih plošč. Konstrukcijski elementi iz križno lepljenega lesa so sodobno kompozitno gradivo, ki imajo bolj

enakomerne in boljše mehanske ter deformacijske lastnosti kot konstrukcijski elementi iz masivnega in enosmerno lepljenega lesa predvsem v smeri pravokotno na vlakna lesa. Križno lepljene elemente sestavljajo križno zložene lesene lamele oziroma deske, ki so pod visokim pritiskom ploskovno zlepljene v večji masivni element. Za osnovno surovino se najpogosteje uporablja les iglavcev, ki je tehnično posušen do 12 % (±2 %) vlažnosti, s čimer je omogočena naravna zaščita lesa pred škodljivci kot so glive, insekti in plesni. Odvisno od vrste uporabe in zahtev po nosilnosti so plošče izdelane v lihem številu slojev – 3, 5, 7 ali več, vse do maksimalne debeline 60 cm. Medsebojna orientiranost lamel v posameznih slojih znaša 90°, prečni prerez plošče pa je simetričen.



Lamele so križno zlepljene v konstrukcijski element – leseno vezano ploščo (»jumbo plywood«).

Križno lepljenje omogoča obojesmerno nosilnost lesenih ploskovnih elementov, povečuje nosilnost in preprečuje cepitev v smeri pravokotno na vlakna lesa, poleg tega pa zagotavlja dimenzijsko stabilnost plošč, kar pomeni, da je delovanje lesa (krčenje, nabrekanje) zmanjšano na zanemarljivo vrednost. Tako so deformacije v ravnini XL lesene plošče dejansko zanemarljive, medtem ko pravokotno na ravnino plošče znašajo približno 2,4 mm/m za vsak % spremembe vlažnosti lesa. Zaradi križno orientiranih lamel lahko elementi obtežbo prenašajo v dveh pravokotnih smereh, kar omogoča njihovo uporabo tako za stenske kot za stropne elemente, primarna smer prenosa obtežbe pa ustreza orientaciji vlaken zunanjih plasti desk, kar je shematično prikazano na sliki spodaj. Paneli lahko dosegajo dimenzije, ki so primerne tudi za gradnjo etažnih sten v enem kosu s predhodno izrezanimi odprtinami in pripravljenimi površinami za stikovanje, največje dolžine elementov pa so prilagojene transportu.



Raznos vertikalne obtežbe v ravnini stene (levo) in raznos vertikalne obtežbe v ravnini plošče (desno); vir: KLH Massivholz, 2001.

Z ustrezno povezavo elementov v celotno konstrukcijo lahko dosežemo, da plošče, ki se uporabljajo za stenske elemente, prevzamejo veliko vodoravno obtežbo tako v ravnini stene kot pravokotno nanjo. S primerno arhitekturno in statično zasnovo objekta, ustrezno nosilnostjo XLam panelov ter primerno izvedbo stikov med stenami in ploščami lahko torej zagotovimo odlično odpornost konstrukcije iz križno lepljenih plošč tudi na delovanje vodoravnih obtežb kot sta veter in potres.

ZAKLJUČEK

Z izgradnjo poslovne stavbe Eko produkt smo dokazali, da je možno za solidno ceno 642 €/m^2 (zajeti vsi stroški investicije od soglasij, projektov, izvedbe, opreme prostorov itd.), zgraditi poslovni objekt z minimalnim ogljičnim odtisom in v skladu s trajnostnim razvojem. Slovenski javnosti in še posebej gradbeni stroki smo želeli pokazati, da je možno tudi z lesom graditi statično zelo zahtevne objekte po konkurenčnih cenah. Z gradnjo v pasivnem standardu in uporabo naravnih izolacijskih materialov ne bomo varčevali le pri mesečnih stroških ogrevanja in hlajenja, temveč v celotnem ciklu od proizvodnje do odstranitve. Z dodatno investicijo v FV elektrarno, ki znaša le 28 €/m^2 pa lahko objekt postane tudi energijsko samozadosten.

Viri:

- Arhitekturna in tehnična zasnova – Peter Pavšic udia, Petrus design
- Oblikovni koncept zunanje podobe objekta – Matjaž Križman udia, Arhitekturni Studio Krizzman
- Energijska učinkovitost objekta – Jana Mlakar udb, Eko produkt
- Strojne inštalacije – Janez Šlibar udis, Hermes projektiva
- Statična zasnova – dr. Bruno Dujič udig, CBD

Zahvala:
Raziskovalno delo dr. Bruna Dujiča in investicija poslovne stavbe Eko produkt – Center za ekološko gradnjo, je delno sofinancirano s strani Evropske unije.

Naložba v vašo prihodnost
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA
Evropski socialni sklad

Tehnični podatki:
• Gabarit pritličja tlorisno 34x34 m z izsekom 8x8 m
• Gabarit medetaže: 8,0 x 34,0 m
• Kota pritličja: ±0.00 m
• Kota medetaže: +4.20 m
• Višina venca objekta od gotovega tlaka: +8.50 m (predvidena končna višina +14.00 m)
• Svetla višina pritličja (hladno skladišče) 6.75 m
• Svetla višina pritličja (toplo skladišče) 3.75 m
• Svetla višina medetaže 3.05 m
• Temelji: glede na pogoje temeljenja je izdelana AB temeljna plošča, deb. 50 cm, ki bo v skladišču hkrati tudi povozna površina, zaključena z obrabnim slojem.
• Nosilna konstrukcija je večinoma lesena iz križno lepljenih masivnih plošč, v hladnem skladišču jekleni HEB stebri in horizontalne povezave, ki so protipožarno zaščiteni.
• Stropna konstrukcija je iz lesnih križno lepljenih masivnih plošč in lepljenih lesenih nosilcev v kombinaciji z jeklenimi HEB nosilci.
• Stopnišče je izvedeno v jekleni konstrukciji, ki je obdana z negorljivimi oblogami.
• Horizontalne komunikacije so hodniki, ki funkcionalno povezujejo posamezne sklope objekta.
• Vertikalna komunikacija je stopnišče z dvigalom.
• Objekt bo ogrevan in hlajen s kombinirano hladilno-ogrevalno klimatsko enoto z rekuperatorjem, z ločenim režimom za posamezne funkcionalne sklope. Zaradi predvidene majhne porabe se sanitarna voda ogreva z električnimi hranilniki vode, ki so racionalno razporejeni v sanitarnih prostorih. Ker je v Poslovni coni Komenda predviden plinovod, je pripravljen tudi plinski priključek na objekt (plinska požarna pipa v omarici na objektu).
• Vsi prostori se prezračujejo naravno preko oken in kontrolirano s sistemom prezračevanja z vračanjem toplote odpadnega zraka
• Objekt bo priključen na javno električno, telefonsko in CATV omrežje. Predvidena potrebna priključna moč je 1x3x100A. 66kW, 400V
• Objekt bo priključen na javno kanalizacijsko omrežje. Fekalna kanalizacija se že v objektu združi v en vod, katerega se nadgrajuje v skladu s fazno gradnjo objekta. Točen potek kanalizacije je razviden iz projekta kanalizacije vključno s priključkom na javno kanalizacijsko omrežje.
• Padavinske vode s strešnih površin objekta in padavinske vode z utrjenih površin bodo speljane v javno meteorno kanalizacijo. Vse padavinske vode s tlakovanih povoznih površin, se odvajajo v ponikovalnico preko lovilcev olja in bencina.
• Interna vodovodna inštalacija se izvede v podometni inštalaciji. Jašek z vodomerom se nahaja ob vhodu v poslovni del objekta.
• Na zahodnem vogalu parcele je predviden osebni in tovorni uvoz in izvoz na lokalno cesto. Prometna ureditev okoli objekta predvideva dostavo materiala v skladišče s kamioni, ki jim je omogočeno vzratno obračanje na plato pred vhodom za izdajo materiala. Vrata za dostavo materiala so na sredini severozahodne fasade, kjer je pred njo večja ploščad za manipulacijo kamiona in viličarjev. Okoli ostalih prostih stranic objekta so predvidena parkirna mesta za osebna vozila za zaposlene in obiskovalce. Tak razpored parkirnih mest omogoča tudi krožni promet osebnih vozil okoli objekta.
• Skupno število parkirnih mest na parceli je 26 in zadostuje za potrebe objekta, ki bo zgrajen v 1. fazi (11PM).
• Glavni izvajalec del: Eko produkt d.o.o., Trpinčeva 39, Ljubljana
• Nadzor gradbenih del: Stojan Ražen univ.dipl. inž. gr. SEJ d.o.o.
• Nadzor elektro inštalacijskih del: Dušan Holzbauer, univ.dipl.inž.el, Erling d.o.o.
• Nadzor strojnih inštalacij: Janez Šlibar univ. dipl. inž. str., Hermes projektiva d.o.o.
• Odgovorni vodja projekta: Milan Rađenovič univ. dipl. inž. arh., Arhi-3K d.o.o.
• Projekt gradbenih konstrukcij: dr. Bruno Dujič univ.dipl.inž. gr., CBD d.o.o.
• Projekt strojnih inštalacij: Janez Šlibar univ. dipl. inž. str., Hermes projektiva d.o.o.
• Projekt elektro inštalacij: Bojan Germovšek univ.dipl.inž. el., Profi d.o.o.
• Revizija projekta: Bureau Veritas
• Investicijska vrednost: 642 €/m^2 (zajeti vsi stroški izgradnje, projektov, soglasij, opreme, itd.)
• Leto izgradnje: 2010-2011

ZIDANA PASIVNA HIŠA IZ OPEKE NA BELICI

Štefan Piškur, Zelena gradnja d.o.o., **Marko Jankovec**, investitor, **Irena Hošpel**, Wienerberger opekarna Ormož d.d.

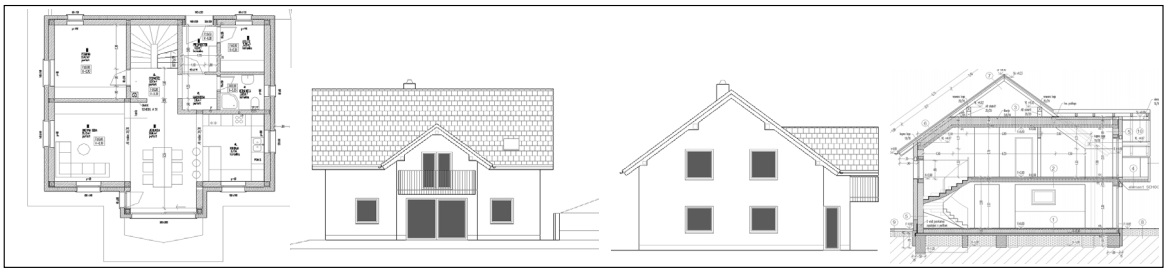
Predstavljamo vam načrtovanje in gradnjo prve končane pasivne hiše iz opečnega sistema POROTHERM DRYFIX (brušena opeka POROTHERM PROFI) zgrajene v Sloveniji po sistemu Zelene gradnje, ki dosega vse osnovne standarde predpisane za pasivno gradnjo.
Hiša stoji na obrobju Ljubljanske kotline v smeri Polhovega Gradca. Hiša je zasnovana kot klasična dvokapnica s frčado na južni strani objekta. Hiša ima pritličje, v katerem so urejeni dnevno bivalni prostor s kuhinjo, kabinet, kopalnica in tehnični prostori ter mansardo s kolenčnim zidom višine 1,6 m, kjer so spalni prostori s kopalnico.
Hiša je bila prvotno načrtovana kot dobra nizkoenergijska hiša, saj investitor in projektant nista poznala vseh standardov za načrtovanje pasivne hiše. Ker je investitor želel pridobiti nepovratna sredstva od Eko sklada, se je odločil, da poišče strokovnjaka za pasivno gradnjo, ki bi mu pomagal pri načrtovanju in vodenju gradnje hiše. Tako se je pričel proces načrtovanja in gradnje pasivne hiše, ki je na koncu tudi uspešno prestala test zrakotesnosti.

Načrtovanje pasivne hiše iz opeke je v osnovi zelo podobno kot pri montažni hiši. Vendar je potrebno poznati nekaj osnovnih elementov, ki so primerni za tako gradnjo, saj je zelo pomembno, da hiša ni predraga, oziroma, da stroški ne presegajo koristi, ki jih prinaša takšna gradnja.

Pred začetkom optimizacije smo opravili informativni izračun s Programom PHPP 07 (slika 1), ki je pokazal na slabosti obstoječe zasnove, na osnovi katere smo opravili optimizacijo projekta.

Slika 1: Enodružinska hiša na Belici je pripravljena na zaključna dela

Passivhaus Nachweis



Objekt:	Stanovanjska hiša, novogradnja				
Standort und Klima:	k.o. Babna Gora	Ljubljana			
Straße:					
PLZ/Ort:					
Land:	Slovenija				
Objekt-Typ:	enostanovanjska stavba, P+M				
Bauherr(en):	Marjeta Jankovec				
Straße:	Škofjeloška cesta 25				
PLZ/Ort:	1215 Medvode				
Architekt:	V. Gorenčič, u.d.i.a.				
Straße:	Taborska 3				
PLZ/Ort:	1290 Grosuplje				
Haustechnik:	info@zelenagradnja.si				
Straße:					
PLZ/Ort:					
Baujahr:	2010				
Zahl WE:	1		Innentemperatur:	20,0	°C
Umbautes Volumen V_e:	654	m^3	Interne Wärmequellen:	2,8	W/m^2
Personenzahl:	5,0				

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche: 161,2 m^2

	Verwendet:	Jahresverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	**14,5**	**kWh/(m^2a)**	**15 kWh/(m^2a)**	**ja**
Drucktest-Ergebnis:	**0,6**	**h^{-1}**	0,6 h^{-1}	**ja**
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	**93**	**kWh/(m^2a)**	120 kWh/(m^2a)	**ja**
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**28**	**kWh/(m^2a)**		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		**kWh/(m^2a)**		
Heizlast:	**13**	**W/m^2**		
Übertemperaturhäufigkeit:	**9**	**%**	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	**1**	**kWh/(m^2a)**	15 kWh/(m^2a)	**ja**
Kühllast:	**8**	**W/m^2**		

Kennwert mit Bezug auf Nutzfläche nach EnEV

Nutzfläche nach EnEV: 209,3 m^2

			Anforderung:	Erfüllt?
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	**21**	**kWh/(m^2a)**	**40 kWh/(m^2a)**	**ja**

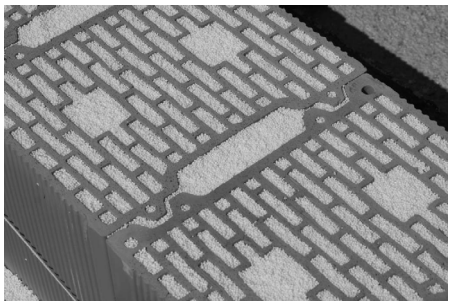
Wir versichern, dass die hier angegebenen Werte nach dem Verfahren PHPP auf Basis der Kennwerte des Gebäudes ermittelt wurden. Die Berechnungen mit PHPP liegen diesem Antrag bei.

Ausgestellt am:

gezeichnet:

Slika 2: Izračun s Programom PHPP 07

Optimizacijo projekta smo pričeli pri temeljih. Težava je bila v tem, da je investitor že imel izdelane temelje, kar je pomenilo, da ni možna uporaba sistema temeljenja s temeljno ploščo na sloju toplotne izolacije iz XPS, pri kateri se izognemo vsem toplotnim mostovom. Zato je bilo potrebno izvesti dodatno izolacijo pasovnih temeljev na zunanji strani z XPS deb. 15 cm do dna temelja, prav tako tudi na notranji strani. Drugi ukrep je bil izveden v prvih dveh vrstah nosilnih zidov iz opeke na način, da smo zapolnili zračni prostor v opeki z EPS kroglicami (možno tudi perlit) (slika 2).



Slika 3: Zapolnitev zračnih prostorov z EPS kroglicami

V nadaljevanju smo optimizirali tudi sestavo konstrukcije tal proti terenu. Tako je bila povečana debelina toplotne izolacije iz EPS na skupno debelino 25 cm in na izolacijo je bil izdelan AB tlak debeline 8 cm.
V večini pasivnih hiš je sicer najbolje in cenovno najugodneje, da temeljimo na osnovi temeljne plošče na sloj XPS toplotne izolacije ustrezne trdote. Sestava talne konstrukcije sledi v naslednjem zaporedju: 30-40 cm ustreznega tampona, v katerem potekajo tudi instalacijski vodi in kanalizacija. Kanalizacijske cevi morajo biti v celoti obbetonirane, priključni del v predelu skozi ploščo mora biti v celoti ločen od temeljne plošče. Nato se izdela podložni beton deb. 7-8 cm, na katerega položimo hidroizolacijo, v nadaljevanju postavimo plast XPS ustrezne trdote (300 – 500 kPa/m^2) v debelini 10 – 12 cm in nato pride AB temeljna plošča deb. 20-30cm. Seveda pa je potreben še dodatni sloj toplotne izolacije, ki se položi na temeljno ploščo v deb. 10 –12 cm in zaključi z 6- 8 cm AB tlakom.

Pri načrtovanju nosilnih zidov je pomembno, da že pred začetkom načrtovanja določimo, s katerimi gradivi bo grajena hiša, saj le tako lahko pripravimo kakovosten projekt za modularno gradnjo, ki pripomore k znižanju stroškov gradnje. Pri načrtovanju naše hiše je bil uporabljen brušen opečni zidak POROTHERM 30 PROFI dim. 25*30*25 cm, ki nam je dal osnovo za načrtovanje višine posameznih zidov, kot tudi končno svetlo višino v prostoru. V večini primerov je optimalna višina zidov 275 cm z možnostjo dodatnih 2cm, ki jih lahko pridobimo pri zidni vezi. Tako imamo skupno bruto višino zidu cca 277-278 cm, kar nam omogoča neto svetlo višino prostorov cca 257 – 259 cm.
Tako natančno načrtovanje omogoča uporabo dodatnih modularnih gradnikov (vogalniki, nadokenske preklade s pripravljeno odprtino za žaluzije, slepi opaž za robove plošč,…), ki so vključeni v sistem gradnje POROTHERM DRYFIX (Slika 3).

Slika 4: Prikaz uporabe dodatnih modularnih gradnikov

Pri tako načrtovani konstrukciji dosežemo svetlo višino oken cca. 140 cm pri višini parapetov 90 cm, pri panoramski steni ali balkonskih vratih pa višino 230 cm. Za uporabo tipskih rešitev je zelo pomembno, da debelina zidov praviloma ni manjša od 30 cm in debelina izolacije ne manj kot 20 cm, kar je po dosedanjih izračunih (prevodnost zunanjega zidu z izolacijo 0,13 W/m^2K) tudi minimalno potrebno, da dosežemo standard odlične nizkoenergijske ali pasivne hiše.
Načrtovanje plošče nad pritličjem je možno na več načinov. Najpogostejša je izdelava iz AB betona debeline 16 cm ali pa uporaba montažnih stropnih sistemov, pri katerih pa je zelo pomembno, kako bomo zagotovili zrakotesnost ovoja hiše. V primeru, da bi želeli vgraditi v nosilno ploščo še cevi za prezračevanje, je potrebno povišati ploščo za cca 2-4 cm, odvisno od potreb po nosilnosti posamezne konstrukcije. V našem primeru smo se rajši odločili, da smo cevi za prezračevanje razpeljali nad AB ploščo, kar pa zahteva debelejši sloj zvočne izolacije tlaka v nadstropju v višini 8 cm. Katera rešitev je boljša, je odvisno od ostalih vgrajenih instalacij, ki potekajo v tlaku in AB plošči, predvsem instalacije centralnega sesanja, ogrevanja in drugo. Pri montažnih ploščah pa praviloma ni drugih možnosti, kot da namestimo instalacije pod tlak.

Načrtovanju zidov naslednjih etaž je potrebno upoštevati enaka izhodišča kot pri pritličju, vendar je potrebno biti posebno pozoren v primeru kolenčnega zidu mansarde. Tu se pogosto srečamo s problemom višine, ki ga predpisujejo posamezni prostorsko ureditveni plani. Uporabo tipskih elementov prilagodimo predpisom tako, da ne presežemo predpisanih gabaritov. V primeru, da v mansardi nimamo AB plošče, ampak bomo izdelali montažni strop, moramo paziti, da se bodo zunanji zidovi končali v višini zrakotesnega nivoja stropa (parna ovira, OSB plošče), notranji zidovi pa vsaj 4 cm pod nivojem zrakotesnosti, tako da je možen prehod instalacij nad zidovi.

Pri izboru stropa nad mansardo je zelo pomembno, kakšne imamo omejitve z višino slemena kot tudi z bruto višino hiše. Kadar teh omejitev nimamo, je najboljša rešitev izdelava AB plošče, tudi v poševnem delu, saj tako najlažje zagotovimo zrakotesnost celotnega ovoja. Seveda obstajajo tudi druge možnosti izdelave stropov, ki pa zahtevajo bistveno večjo pozornost pri izvajanju, kar je lahko zelo problematično, saj imamo zelo malo mojstrov, ki znajo pravilno izvesti celotno sestavo stropa, ki bi zagotavljala zrakotesnost, kot tudi ustrezno toplotno prevodnost konstrukcije in ustrezne fazne zamike prehoda toplote skozi konstrukcijo.
Nad AB ploščah nad mansardo se namesti še toplotna izolacija v debelini vsaj 40 cm, pri kateri pa moramo paziti, da bo izbrana ustrezne kakovosti, saj je pomembno, da bo lahko ta služila svojemu namenu še najmanj 50 - 80 let.

Kadar se odločimo za montažni strop pa je potrebno paziti predvsem na pravilno sestavo toplotnih izolacij, kot tudi, kako bomo zagotovili trajno zrakotesnost. Rešitve, ki se uporabljajo pri montažnih hišah, niso v celoti primerne pri gradnji zidanih hiš, saj je problem predvsem v stiku tesnjenja na zidove zaradi povesov konstrukcij pri občasno povečanih obremenitvah s snegom kot tudi eventualnih potresih, saj lahko pride do večjih začasnih pomikov strešne konstrukcije, kar bi lahko povzročilo

poškodbe na zrakotesnih spojih med stropom in zidom. Zato je zelo pomembna uporaba posebnih tesnilnih trakov, ki so sposobni prenesti večje raztezke, kot tudi njihova življenjska doba, ki mora biti daljša od 50 let. Zato v praksi uporabljamo posebne EPDM folije, ki jih lepimo s specialnimi lepili, kar omogoča trajno zrakotesnost ovoja hiše. Seveda je potrebno razumeti, da stropovi ne morejo biti izvedeni samo s podkonstrukcijo, na katero so pritrjene mavčno kartonske plošče, pod njo parna ovira ter vmesni prostor zapolnjen z ustrezno debelino izolacije. Potreben je dodatni sloj, ki predstavlja zrakotesni ovoj in sočasno ustrezno parno oviro. Poleg tega moramo zagotoviti instalacijski prostor v stropu, saj bi v primeru prehajanja instalacij skozi zrakotesni ovoj zelo težko zagotovili ustrezno zrakotesnost, pa še stroški izvedbe tesnjenja se zelo povečajo. Poleg tega je zelo pomembno, da upoštevamo predpise o prehodu zvoka skozi konstrukcije med prostori.
Pri izvedbi je potrebno zagotoviti, da se prostor nad zidovi in stropom, predvsem med posameznimi spalnimi prostori in kopalnico, zatesni s trajno elastično peno, ki prepreči širjenje zvoka med prostori. Strop se nato zaključi z mavčno kartonsko oblogo na ustrezno podkonstrukcijo, vmesni prostor pa se zapolni po potrebi z dodatno toplotno izolacijo iz lesnih vlaken (boljša akumulacija toplote in vlage).

Sestava konstrukcij zunanjega ovoja hiše je zelo pomembna pri načrtovanju pasivne hiše, predvsem iz vidika trajnosti in stroškov gradnje, ki je danes ključna, da se investitor odloči za tako vrsto gradnje. Potrebno se je zavedati, da gradnja ne sme biti bistveno dražja kot je predpisana z veljavnim pravilnikom PURES, na drugi strani pa mora tako načrtovana zgradba zadostiti tudi trenutno predpisanim pogojem, ki ji ima Ekosklad j.s. za pridobitev nepovratnih sredstev, namenjenih za spodbudo energijsko varčnih zgradb.

Pri ostalih pomembnih rešitvah ki jih moramo upoštevati pri načrtovanju in gradnji, so še izbor ustreznih oken ter njihovo pravilno vgradnjo, vključno z vgradnjo žaluzij. Žaluzije so ključni element za preprečevanje pregrevanja v poletnem času in uravnavanje naravne svetlobe.

Pri izboru oken je zelo pomembna kvaliteta okenskih okvirjev, saj le-ta lahko predstavlja skoraj 40% celotnega okna, in nikakor ni dovolj, da gledamo samo podatke o vgrajenem oknu, saj bi lahko zahtevano toplotno prehodnost vgrajenega okna U_w = 0,8 W/m^{2}K dosegli že z okvirjem U_f = 1,1 W/m^{2}K in ustrezno zasteklitvijo U_g = 0,5 W/m^{2}K , vendar to velja za večja okna. Ker pa velikokrat vgrajujemo tudi manjša okna, je pomembno, da je prevodnost okvirja nižja od U_f = 0,8 W/m^{2}K .
Vgradnja po smernicah RAL je seveda obvezna, poleg tega pa je pomembno, da okna potisnemo v fasadno izolacijo.

Vse ostale rešitve kot so ogrevanje, prezračevanje in še drugi pomembni segmenti gradnje,
pa so enaki kot pri montažni leseni gradnji hiš.

Seveda se tu delo v resnici šele začne, saj tudi če je vse lepo in pravilno narisano in opisano, nas na gradbišču še vedno čakajo mojstri, ki se velikokrat niso pripravljeni učiti novih tehničnih rešitev, uporabljati sodobnih materialov in delati kot velevajo pravila za pasivno gradnjo. V prehodnem času pa so investitorjem na razpolago strokovnjaki Zelene gradnje, ki svetujejo in pomagajo voditi koordinacijo investitorju od začetka projektiranja do uspešno opravljenega testa zrakotesnosti.

Zelena gradnja – Štefan Piškur

POGLEDI INVESTITORJA NA GRADNJO ZIDANE PASIVNE HIŠE

Odločitev za gradnjo zidane pasivne hiše je nastala kot posledica več različnih, deloma tudi naključnih dogodkov. Od vsega začetka sem želel zgraditi čim bolj energijsko varčno hišo, pri čemer naj bi ohranil tradicionalno obliko in izgled hiše. Osebno so mi tehnike in postopki zidanja z opeko blizu, zato je bila odločitev za zidano hišo sama po sebi umevna. Seveda se je ob poplavi informacij o materialih, sistemih in rešitvah zataknilo že ob načrtovanju. Glavno pozornost sem namenjal debelini izolacije, pri čemer nisem pazil na rešitve detajlov, prezračevanja itd. Šele napovedani razpisi Eko sklada so me spodbudili, da sem se obrnil na strokovnjake, kjer smo projekt prevetrili, rešili detajle za minimizacijo toplotnih mostov, na novo sprojektirali strojne inštalacije ogrevanja in prezračevanja in izbrali ustrezne materiale tako, da je hiša ustrezala standardom pasivne hiše. Ob spoznavanju problemov in njihovih rešitev sem spoznal pomembnost celovitega načrtovanja hiše v fazi projektiranja. Stereotip, ki sem ga ovrgel, je bil, da je pasivna hiša draga in luksus le za izbrance. Ključ do uspeha je, da se odpoveš stvarem, ki jih nikoli ne boš rabil in si si jih želel samo zato, ker si mislil, da to potrebuješ in zato, ker jih ima kdo od prijateljev. Privarčevana sredstva vložiš v ključne komponente hiše, ki jih tvoji prijatelji večinoma nimajo in za katere si do sedaj misli, da so nepotreben luksuz.

Eden od primerov je prezračevanje. Na začetku sem bil mnenja, da je sistem prezračevanja v hiši eden od takih luksuznih stvari. Navsezadnje, koliko hiš dandanes pa ima prezračevanje in v vseh se normalno živi. Pri tem pa sem pozabil odgovoriti na ključno vprašanje: Koliko hiš dandanes pa je zrakotesnih? Ko sem se zavedel tega dejstva, mi je postalo jasno, zakaj je prezračevanje ključna komponenta hiše. Nič koliko zgodb sem slišal (tudi od obrtnikov), da je zamenjava oken v starih hišah naenkrat pomembno zmanjšala kvaliteto bivanja. Pojavili so se problemi z vlago in plesnijo, saj je bilo naravno prezračevanje z boljšim tesnjenjem oken okrnjeno. Dandanes težko kupiš tako slaba okna, da ne bi tesnila. Izjema so mogoče okna s kontroliranimi ventilacijskimi režami, ki pa ne zagotavljajo izmenjave toplote. Tega se malokdo zaveda in investicija v nova okna je običajno prvi korak pri obnovi hiše ali stanovanja. To sem na lastni koži občutil tudi sam, ko smo menjali okna v stanovanju brez fasade in z izpostavljenimi betonskimi vezmi in nadstreškom. In kljub temu sem bil na poti, da bi isto napako ponovil še enkrat, z mnogo večjim vložkom in posledicami. Dodatni stroški zaradi vgraditve prezračevalnega sistema z vračanjem toplote odpadnega zraka so bili pokriti že s tem, da sem namesto drsne panoramske stene vgradil fiksno zasteklitev in namesto balkonskih vrat s francoskimi balkoni v sobah vgradil običajna okna. S tem smo poleg racionalizacije stroškov odstranili potencialno najbolj problematične komponente za zagotavljanje zrakotesnosti hiše (Slika 5: Test zrakotesnosti).

Pomembna odločitev je bila izbira sistema zidakov. Sam sem bil mnenja, da naj zid sam predstavlja le nosilno vlogo, fasada ustrezne debeline pa vlogo toplotne izolacije. Ključni faktor, ki je premaknil tehtnico k izbiri POROTHERM DRYFIX sistema so bile njegove toplotno izolacijske lastnosti, saj so omogočile dosego standarda pasivne hiše z debelino izolacije 20 cm, ki je bila mišljena že v samem začetku. Dodaten strošek zidu zaradi dražjega materiala pa se je pokril s prihrankom pri toplotni izolaciji, z izredno hitro in natančno gradnjo, ki je zahtevala bistveno manj ur dela kot pri klasični zidavi z malto, cenejšimi rešitvami toplotnih mostov pri betonskih stebrih in vezeh ter bistveno enostavnejšo vgradnjo oken. Rešitve toplotnih mostov so se izkazale v praksi že prvo zimo, ko smo hišo minimalno ogrevali na 12-15°C, da so lahko pleskarji z izravnalno maso obdelali in zbrusili stene. Hiša je bila še brez fasadnega ovoja in pri zunanji temperaturi -10°C je bila kondenzacija po kotih, kjer se stikajo horizontalne in vertikalne vezi minimalna in ni ovirala pleskarjev pri delu.

Pri gradnji hiše je ogromno izbire in moraš sprejeti veliko pomembnih odločitev. Pri tem je vsekakor ključnega pomena izbira prave ekipe strokovnjakov, ki teoretično razumejo probleme gradnje in bivanja, poznajo rešitve, ki so dobre in cenovno sprejemljive ter delujejo usklajeno. Vsakdo lahko z neomejeno količino denarja zgradi super hišo. Umetnost pa je zgraditi hišo, ki bo bistveno boljša, a cenovno primerljiva z navadno hišo. Ko je projekt do potankosti dodelan, se ga morajo izvajalci držati do pike. Pri izvajalcih sem naletel na različne odzive. Nekateri so novosti sprejeli lažje, nekateri težje. Vsekakor pa sem ugotovil, da če bi se lotil zidave z nedovršenim projektom, lastnim znanjem, za katerega sem na začetku mislil, da ga imam dovolj, in medsebojno neusklajenimi nasveti mojstrov za posamezne sklope, bi naredil največjo napako v svojem življenju.

BUILDING LEAKAGE TEST

Montažna gradnja
Tadej Zimic s.p.
Ul. bratov Komel 29
Ljubljana, Slovenia 1210
Phone: 0038641204650

Date of Test: 4.2.2011
Test File: jankovec Marko

Technician: Tadej Zimic

Customer: Marjeta Jankovec
Škofjeloška 25
Medvode, Slovenija 1215
Phone:
Fax:

Building Address: pasivna opečna hiša
Belce n.h.
Polhov Gradec, Slovenija

Test Results at 50 Pascals:

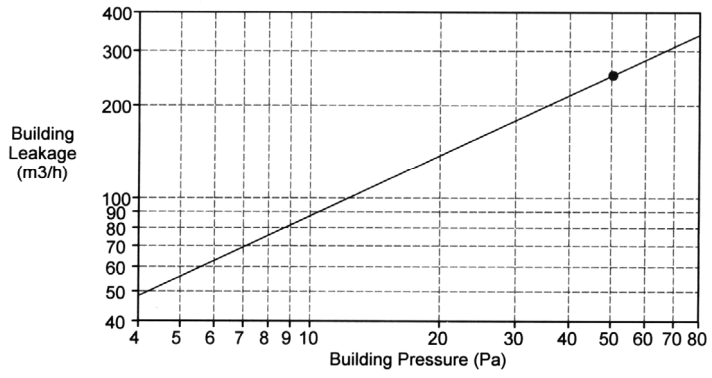
V50: Airflow (m3/h)	249
n50: Air Changes per Hour (1/h)	0.58
w50: m3/hm2 m3/hm2	1.23
q50:	

Leakage Areas: 97.8 cm2 Canadian EqLA @ 10 Pa
52.0 cm2 LBL ELA @ 4 Pa

Building Leakage Curve: Air Flow Coefficient (Cenv) = 19.2
Air Leakage Coefficient (CL) = 19.6
Exponent (n) = 0.650 (Assumed)

Test Standard: EN 13829 Test Mode: Depressurization
Type of Test Method: B Regulation complied with:
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door, S/N 28243312

Inside Temperature:	10 °C	Volume:	433 m3
Outside Temperature:	3 °C	Surface Area:	
Barometric Pressure:	101325 Pa	Floor Area:	
Wind Class:	0 Calm	Uncertainty of Building Dimensions:	3 %
Building Wind Exposure:	Highly Exposed Building	Year of Construction:	2010
Type of Heating:			
Type of Air Conditioning:	Prezračevanje z rekuperacjo		
Type of Ventilation:	None		



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

est: 4.2.2011 Test File: jankovec Marko

mments

Hiša je v gradnji. Fasada še ni dokočana. Estrihov še ni.

Mesto meritve: Odprtina vhodnih vrat
Začasno tesnjenje: prezračevalne cevi, nekateri kanalizacijski odtoki.

Večje napake: brez večjih napak

Manjše napake: nekoliko piha pri nekaterih oknih, pod oknom, pri luknjicah v notranjem ometu, pri luknjah
kjer gredo instalacijske cevi v steno.

Večjih napak na stavbi nismo našli. Generalno je hiša dobro zatesnjena.

Data Points: Depressurization - Data Entered Manually

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m3/h)	Temperature Adjusted Flow (m3/h)	% Error	Fan Configuration
0.3	n/a				
-50.0	150.3	256	251	-0.0	Ring C
0.4	n/a				

Test 0 Baseline (Pa): p01- = 0.0 p01+ = 0.3 p02- = 0.0 p02+ = 0.4

ZIMIC
Gsm. 041 204 650
ID za DDV: SI 70525633

Montažna gradnja
Tadej Zimic s.p.

Ul. Bratov Komel 29
1210 Ljubljana
Slovenija

Slika 5: Test zrakotesnosti

PRIMUS 137 – PASIVNA HIŠA V PRAKSI

Nataša Teraž, Marko Lukić, Lumar IG d.o.o.

Slika 1: Lumarjev Primus 137 v praksi. Hkrati je to prva certificirana pasivna hiša v Sloveniji.

Število pasivnih hiš v Sloveniji narašča. K temu so veliko pripomogli številni promocijski dogodki, izobraževanja za stroko in javnost, razvojna usmerjenost znotraj podjetji in ne nazadnje finančne spodbude Eko sklada, ki z nepovratnimi finančnimi sredstvi spodbujajo gradnjo energijsko učinkovitih hiš, ki bodo v prihodnjih letih postale standard. Koncept pasivnih hiš je danes že dobro poznan, veliko število objektov v tujini potrjuje energijsko učinkovitost in visoko bivalno ugodje. Kljub temu pa se v slovenskem prostoru veliko ljudi še zmeraj sprašuje; ali so ti podatki o minimalni porabi in maksimalnem ugodju tudi realnost pri postavljenem objektu?

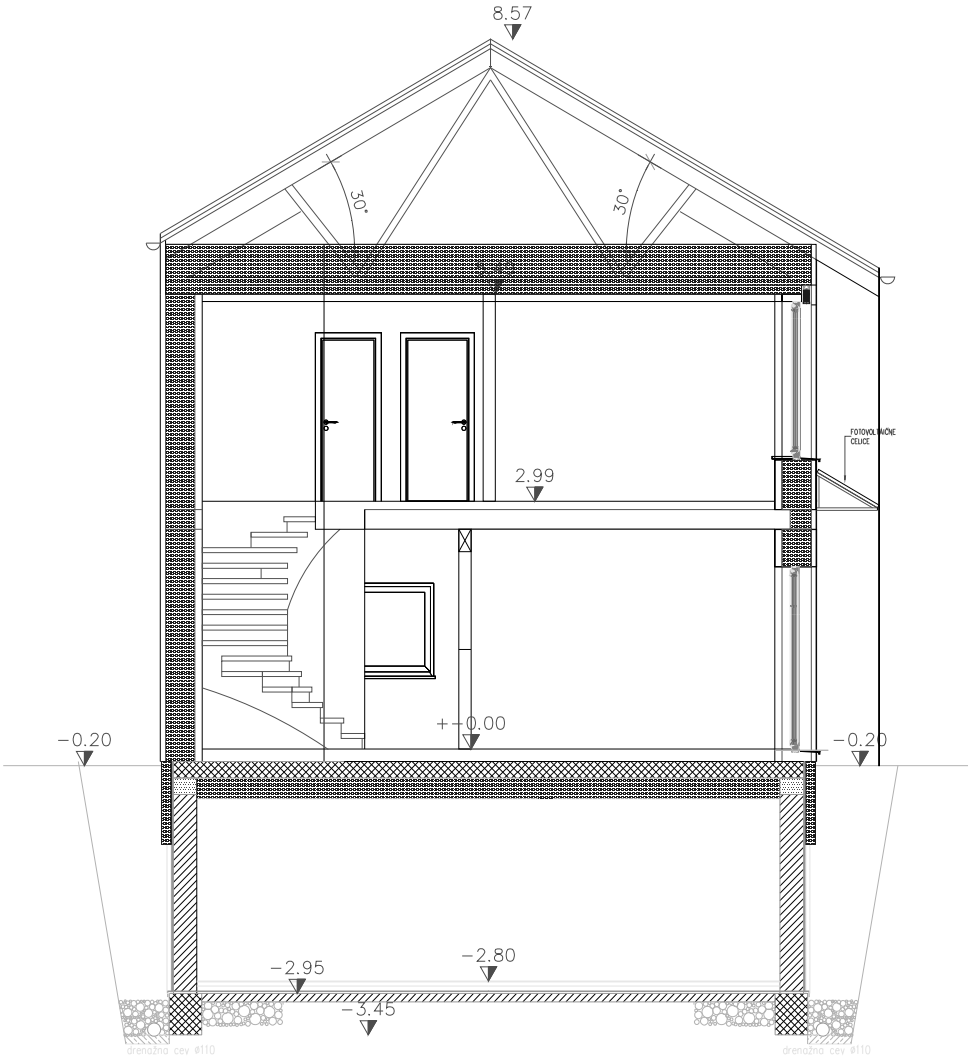
Zato vam bomo v nadaljevanju besedila predstavili pasivno hišo iz prakse. Pasivno hišo Primus 137, ki smo jo postavili leta 2009, 62,5 m^2 sončne elektrarne na strehi hišo nadgrajuje v razred plus energijskih hiš. Hkrati je to s strani Passivhaus inštituta v Nemčiji prva slovenska certificirana pasivna plus energijska hiša. Investitor, vrhunski slovenski telovadec Mitja Petkovšek v njej prebiva že več kot eno leto. Na osnovi spremljanja porabe in opravljenih podrobnih meritvah lahko sedaj podatke pridobljene z izračunom PHPP primerjamo s podatki pridobljenimi v meritvah.

Odločitev o gradnji energijsko učinkovite hiše je nastala že v fazi projektiranja. Moderna arhitekturna zasnova hiše Primus sledi konceptom energijsko učinkovite gradnje. Kompakten tloris je zasnovan tako, da se spalni in bivalni prostori z velikimi steklenimi površinami odpirajo proti jugu. Ravne linije fasad in kompaktna arhitekturna zasnova s čistimi detajli zmanjšuje možnost pojava toplotnih mostov v ovoju. Nadstrešek nad pritličjem, ki se preko izzidka v nadstropju povezuje z dvokapno strešno konstrukcijo je odličen primer arhitekturnega detajla v funkciji. Na eni strani zagotavlja dodaten prostor za namestitev sončne elektrarne, hkrati pa senči bivalne prostore v pritličju. Dimenzija

nadstreška je zasnovana tako, da globoko v prostor spušča nizko zimsko sonce, v poletnem času pa ščiti pred prekomernim pregrevanjem.

Slika 2: Moderna tlorisna zasnova upošteva koncepte energijsko učinkovite gradnje, z velikimi steklenimi površinami proti jugu.

Natančno načrtovanje je bilo podkrepljeno s PHPP izračunom, na osnovi katerega smo iskali energijsko najbolj učinkovito rešitev. Eno osnovnih vodil pri gradnji pasivnih hiš je zagotavljanje neprekinjenega zunanjega toplotnega in zrakotesnega ovoja. Objekt je podkleten, kar je pri projektiranju pomenilo nove izzive in vpeljavo drugih rešitev. Klet je neogrevana in izvzeta iz toplotnega ovoja stavbe, zato so tudi stopnice, ki vodijo do kleti zunanje, izvzete iz toplotnega ovoja. Toplotni ovoj se tako zaključi na armiranobetonski plošči med pritličjem in kletjo, pri projektiranju in izvedbi je bil ključni detajl stikovanja zunanjih kletnih sten, talne plošče in montažne konstrukcije. Ob ustreznem toplotnem in zrakotesnem ovoju je pri gradnji pasivnih hiš bistvena še gradnja brez toplotnih mostov. Ob »tipskih« detajlih, ki se pojavljajo pri gradnji vsake hiše to so vogalni stik zunanjih sten, stik stenske in stropne konstrukcije ter stenske in strešne konstrukcije so posebej pomembni še detajli vgradnje okna. V Lumarju vgrajujemo okna izključno po nemških RAL standardih (s tesnjenjem v treh ravninah), ki zagotavljajo ustrezno zrakotesnost vgradnje na notranji strani ter vodotesnost in paroprepustnost na zunanji strani. Z analizo toplotnih mostov smo detajl optimirali tako, da je vpliv toplotnih mostov minimalen in ustreza kriterijem Passivhaus inštituta. Kjer velja, da mora biti vrednost vgrajenega okna ob upoštevanju toplotnih mostov enaka $U_w < 0,85$ W/m^2K. Konec leta 2009 smo vse detajle za gradnjo pasivnih hiš tudi uspešno certificirali na Passivhaus inštitutu ter tako postali prvi slovenski proizvajalec montažnih hiš s certificirano tehnologijo za gradnjo pasivnih hiš.



Slika 3: Prečni prerez objekta, iz katerega je lepo razviden neprekinjen toplotni in zrakotesni ovoj

Slika 4: Certificiran konstrukcijski sistem Lumar Pasiv, razvit za gradnjo pasivnih hiš

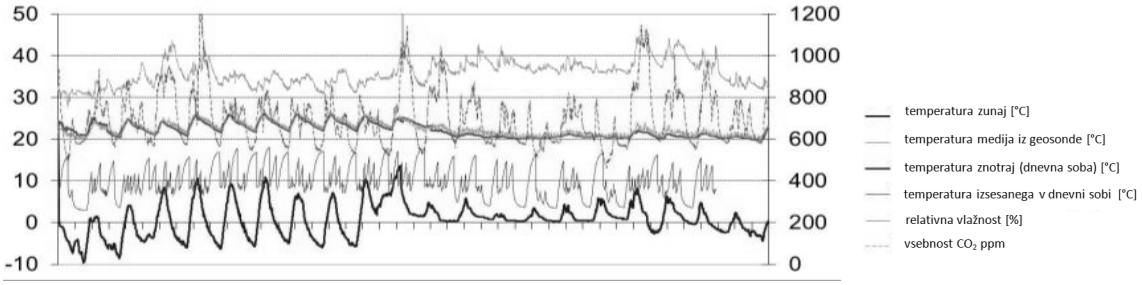
Za gradnjo hiše je bil uporabljen konstrukcijski sistem Lumar Pasiv, premišljeno sestavljen sistem izoliran z naravnimi toplotnimi izolacijami. Le-te ob dobri toplotni prevodnosti ponujajo tudi dobro toplotno stabilnost in tako ščitijo hišo pred prekomernim poletnim pregrevanjem. Dodatna prednost lesa in izolacijskih materialov na osnovi celuloze in lesnih vlaken je možnost vezanja ogljikovega dioksida kar pripomore k zmanjšanju izpustov ogljikovega dioksida. Skupaj z vgrajenim stavbnim pohištvom s troslojno izolacijsko zasteklitvijo ter napravo z vgrajenimi prenosniki toplote za vračanje toplote zavrženega zraka (rekuperatorjem) skozi vse leto zagotavljajo prijetne bivalne pogoje.Eden od kriterijev pasivnih hiš se namreč nanaša tudi na udobje, tako je lahko v zimskem času temperatura obodnih površin le za 4,2 stopinje nižja od povprečne temperature zraka v prostoru. Za ta kriterij najbolj kritično mesto je vsekakor stavbno pohištvo. Troslojna izolacijska zasteklitev, uporaba t.i. toplih distančnikov in pravilna vgradnja so zato pri pasivnih hišah obvezni. Nosilno konstrukcijo sestavljajo I nosilci, izolirani z vpihano celulozno izolacijo, za fasadno izolacijo so uporabljene lesnovlaknene fasadne plošče. Na notranji strani je konstrukcija obložena z OSB ploščami, ki hkrati služijo kot zrakotesna

ravnina in kot parna ovira. Strešna konstrukcija je izvedena z lesenimi žebljanimi nosilci, za toplotno izolacijo je bilo uporabljeno prosto nasutje celulozne izolacije. S spodnje strani je konstrukcija zaprta z OSB ploščami ter ognjevarnimi mavčno kartonskimi ploščami.

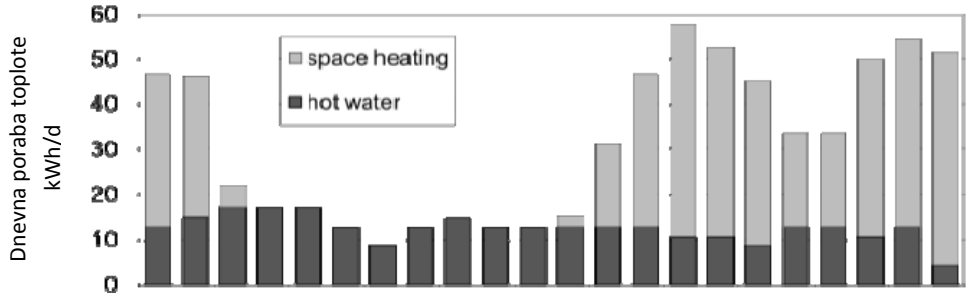
Ker so elementi prefabricirani v proizvodni hali ter izvedbeni detajli dorečeni že v fazi projektiranja, je gradnja hitra in čista. Na montaži se največja pozornost namenja pravilni izvedbi detajlov, uporaba trajno zrakotesnih trakov je pri takšni gradnji obvezna. Rezultat kakovostnega dela se najbolj natančno pokaže ob meritvi zrakotesnosti t.i. meritvi Blowerdoor, katere zgornja dovoljena vrednost za pasivne hiše znaša n_{50} =0,6h^{-1}. Fotonapetostni moduli na strehi, ki sestavljajo sončno elektrarno so integrirani v strešno konstrukcijo, nameščeni so na južnem delu strehe kot tudi na nadstrešku nad pritličjem. Skupna površina sončne elektrarne je 62,5 m^2, predvidena letna proizvodnja električne energije znaša 8000kWh.

Slika 5: Zagotavljanje zrakotesnosti objekta je za dobro delovanje pasivne hiše obvezno.

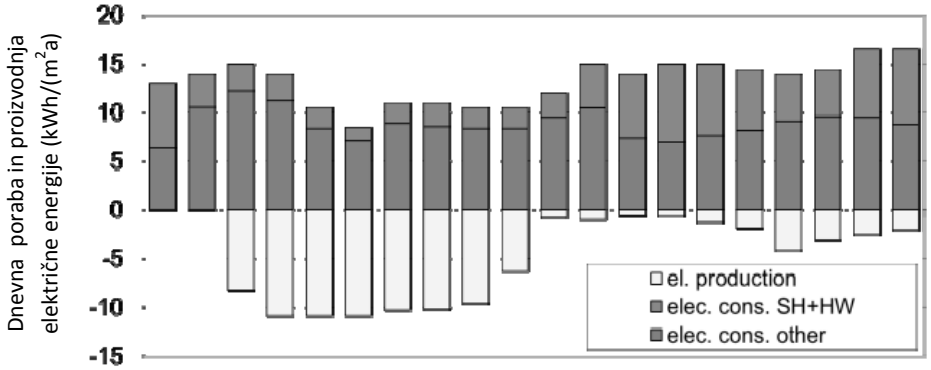
In še poraba. Izračunana potreba po toploti za ogrevanje skladno s PHPP izračunom, ki so ga v sklopu certificiranja izračunali na Passivhaus Institut-u znaša 14 kWh/m^2 letno, kar ob upoštevanju 137 m^2 bivalne površine pomeni 1918 kWh toplote oz. za lažje razumevanje okoli 190 l kurilnega olja, če bi kurili na olje. Koncept pasivne hiše je bil zasnovan tako, da se lahko zaradi minimalne specifične moči te hiše ogrevajo toplozračno, z vgrajenimi prenosniki toplote za vračanje toplote zavrženega zraka. Po principu, da z dobrim toplotnim ovojem zagotovimo maksimalno izkoriščanje notranjih virov, ljudi in naprav v stavbi. Tudi ta hiša Primus bi se lahko ogrevala toplozračno, vendar so se po posvetu z izvajalci strojnih instalacij dogovorili da v hišo vgradijo kompaktno napravo, saj sta bila investitorja veliko zdoma. Vgrajena kompaktna naprava združuje sistem prenosnikov toplote (rekuperator) in toplotno črpalko, ki zagotavlja toploto za pripravo tople sanitarne vode ter po potrebi še nekaj toplote za delovanje talnega ogrevanja.
Investitorja že od vsega začetka natančno spremljata porabo energije za ogrevanje in pripravo tople vode. Ocenjeni stroški ogrevanja za eno leto znašajo okoli 50 EUR dodatnih 60 EUR na leto znašajo stroški priprave sanitarne tople vode. V času od 2 do 23 februarja 2011 pa so bile opravljene tudi detajlne meritve, kjer se je merila temperatura kot tudi kakovost zraka. Kakovost zraka se je merila s pomočjo vsebnosti ogljikovega dioksida. Dodatno se je merila še količina proizvedene električne energije.



Graf 1: Meritve temperature in kakovosti zraka v obdobju od 2. do 23. februarja 2011. Meritve opravil: Miha Praznik, inštitut ZRMK



Graf 2: Dnevna poraba toplote za ogrevanje in pripravo sanitarne tople vode



Graf 3: Dnevna poraba in proizvodnja električne energije

Iz grafa je lepo razvidno, da se lahko ob določenih pogojih tudi pozimi pasivna hiša ogreva le z energijo sonca. V pričetku merjenega obdobja je bilo sončno vreme, kar je razvidno tudi iz količine proizvedene električne energije. V tem obdobju je bila nočna temperatura okoli -5°C in dnevna temperatura okoli 10 °C. Iz grafa dva je lepo razvidno, da v tem obdobju ogrevanje sploh ni bilo potrebno. Notranja temperatura v prostoru, ki je znašala vedno nad 20°C se je ohranjala izključno na osnovi pasivnega ogrevanja skozi velike steklene površine, toplotna črpalka je v tem času zagotavljala le toplo sanitarno vodo. Zato je tudi iz grafa tri razvidno, da je bila v tem času poraba električne energije za gospodinjstvo bistveno večja od porabe električne energije za pripravo tople vode. Megleno vreme ob koncu merjenega obdobja se jasno pokaže tudi na grafu dnevne porabe toplote za ogrevanje. Vendar je bila tudi v tem obdobju poraba minimalna, saj je porabljena električna energija za gospodinjstvo še zmeraj večja od porabljene električne energije za ogrevanje in pripravo tople sanitarne vode. Ob tem se je merila še kakovost zraka na osnovi deleža ogljikovega dioksida v zraku. Kot je razvidno iz prvega diagrama je vsebnost ogljikovega dioksida relativno konstantna, s povprečjem med 600 in 800 ppm ter maksimalnimi vrednostmi do 1200 ppm. Skladno z evropskimi normami je zgornja mejna vrednost navedena vrednost 1500 ppm, ki v danem obdobju ni bila nikoli presežena.

Z zgoraj predstavljenimi meritvami se je potrdilo, da pasivne hiše ob minimalni porabi energije zagotavljajo maksimalno bivalno ugodje. Majhna potreba po toploti za ogrevanje, konstantna notranja temperatura, visoka površinska temperatura obodnih površin, vseskozi kakovosten zrak in prijetna bivalna klima so lastnosti pasivne hiše, ki delujejo tudi v praksi. O bivalnem ugodju v takšni hiši pa lahko največ pove kar investitor, Mitja Petkovšek sam:

»Sedaj, ko že nekaj časa bivam in uživam v moji pasivni hiši, vidim, da je bila odločitev o gradnji pasivne hiše vsekakor pravilna. Pred vselitvijo sva z Mojco slišala veliko napačnih predstav o bivanju v pasivni hiši, vendar je življenje popolnoma običajno, le udobnejše, prijetnejše in cenejše. Ena teh »napačnih« predstav je povezana z odpiranjem oken, seveda lahko tudi v najini hiši odpirava okna, a za to ni več nikakršne potrebe. Samodejno prezračevanje je čudovita stvar, sedaj ne rabiva več razmišljati, kdaj bova odpirala okna, da prezračiva. Gostje so vedno znova navdušeni nad zrakom v hiši. Strošek energije za ogrevanje je zanemarljiv (50-60 eur na leto). Sončni in notranji dobitki so res neverjetni, sedaj vidim, da imajo izredno velik vpliv na energijsko bilanco hiše. Ko na leden zimski dan sije sonce, se potreba po ogrevanju drastično zmanjša in ko stojiš ob oknu nikakor ne moreš ugotoviti, da je zunaj ledeno hladno, saj je tudi ob oknu temperatura izredno visoka. Vesel sem, da sem vseskozi sodeloval z ljudmi, ki sem jim zaupal in so »obljubo« pasivne hiše tudi uresničili.«
Plus energijska pasivna hiša Primus 137 je rezultat večletnega razvoja v podjetju Lumar in leta 2009 je predstavljala naslednji korak v razvoju pasivnih hiš v Sloveniji. Kakovost hiše ob prejetem certifikatu Passivhaus inštituta potrjuje tudi v letu 2011 prejeto priznanje Zelena misija ter zmaga na natečaju za energetsko najbolj varčne objekte v Sloveniji v letu 2011. Trajnostni razvoj, ki je ena od usmeritev podjetja Lumar, je bil zaznan tudi v evropskem projektu od Zibelke do zibelke, kjer je hiša Primus 137 predstavljena med evropskimi primeri dobre prakse na področju gradbeništva. Meritve, ki smo jih na hiši izvajali v letošnjem letu so tako le še en dokaz več, da pasivne hiše niso samo obljuba PHPP izračuna, ampak ob pravilnem načrtovanju in kakovostni izvedbi dajejo tudi v praksi odlične rezultate.

PREDSTAVITEV VRTCA NA LAVRICI

Peter Podplatnik, Marles hiše d.o.o.

Občina Škofljica je septembra 2010 zaradi povečanih potreb (novo stanovanjsko naselje ter povečana rodnost zadnjih let) objavila javno naročilo za izgradnjo 8-oddelčnega vrtca na Lavrici. Javno naročilo je zajemalo projektiranje in izgradnjo novega vrtca na Lavrici, zato je ponudnik moral ponudbi priložiti tudi idejno zasnovo s projektno nalogo. Družba Marles Hiše Maribor d.o.o. je bila najugodnejši ponudnik, poleg tega pa je bila naročniku oz. investitorju sprejemljiva tudi idejna zasnova novega vrtca, ki se je arhitekturno prilagajala bližnjemu novemu stanovanjskemu kompleksu.

V mesecu februarju 2011 je bila z družbo Marles Hiše Maribor d.o.o. sklenjena pogodba o projektiranju in izgradnji vrtca na Lavrici. V skladu s sklenjeno pogodbo je bila izdelana projektna dokumentacija, na podlagi katere je bilo poleti 2011 pridobljeno gradbeno dovoljenje, ko se je pričela tudi gradnja sodobnega nizkoenergijskega vrtca, ki je v zaključni fazi izgradnje in opremljanja.

Novi vrtec je zasnovan kot visoko energetsko učinkovit objekt, z maksimalno uporabo kvalitetnih ekoloških materialov, kar omogoča investitorju, da kandidira za pridobitev nepovratne finančne spodbude za nizkoenergijsko gradnjo pri Eko skladu. Objekt je zgrajen v lahki montažni leseni konstrukciji iz prefabriciranih elementov, arhitekturno pa je pravokotne strnjene tlorisne oblike z manjšim atrijem, pri čemer je objekt v delu nadstropen, zato bo v objekt vgrajeno tudi dvigalo. Objekt ima 1.353 m^2 neto tlorisne površine, poleg tega pa so otrokom na voljo še pokrite in zasenčene terase v izmeri 156,16 m^2.

V novem vrtcu bo prostora za 138 otrok, saj bodo otroci razvrščeni v dve skupini višje starostne stopnje, v dve skupini otrokom od 2-3 leta, kar štiri skupine pa bodo namenjene otrokom prve starostne stopnje. Otroci in delavci zavoda pa bodo uporabljali še ostale spremljevalne prostore vrtca: centralni skupni prostor z dodatnim prostorom, shrambe za igrala, kabineti, skupni prostor za vzgojno osebje, upravni prostori, gospodarski prostori…

V novem vrtcu bo sodobna centralna kuhinja, kjer bodo pripravljali hrano tudi za ostale vrtce v občini in bo imela kapacitete za pripravo 550 obrokov naenkrat. V kuhinjo bo nameščena sodobna tehnološka oprema, kjer bo nad kuhalnim blokom nameščena sodobna rekuperacijska napa, ki bo zagotovila prezračevanje kuhinje, poleg tega pa bo s toploto »odpadne pare« doprinesla k zmanjšanju energije za ogrevanje. V vrtcu je predvideno stensko in talno ogrevanje s toplotno črpalko zrak-voda in kot dopolnitev črpalki še plinski kondenzacijski kotel. Navedena toplotna črpalka bo reverzibilna, kar pomeni, da bo z njo v poletnih mesecih možno stensko ohlajevanje prostorov. V skladu s pogoji za nizkoenergijski objekt bo objekt prisilno prezračevan in sicer bodo v igralnice in skupne prostore, kjer se zadržuje večje število oseb, vgrajene lokalne naprave (rekuperatorji) z učinkovitim vračanjem odpadnega zraka

(min. 85%). Prav tako pa se v igralnice namestijo naprave za kontrolo vlažnosti. Zunanji igri malčkov je namenjeno zunanje igrišče z igrali, pri čemer je v igrišče umeščen tudi objekt za zunanje sanitarije in shrambo za igrala.

Z izgrajenim sodobnim nizkoenergijskim vrtcem na Lavrici je družba Marles Hiše Maribor d.o.o. ustvarila idealne pogoje za rast in razvoj sposobnosti otrok, omogočila, da se bo v njem razvijala kreativnost, domišljija, motiviranost in zadovoljstvo, ter zagotovila zdravo, varno in kakovostno bivanje otrok in delavcev vrtca, hkrati pa prispevala k razvitosti socialne infrastrukture Občine Škofljica in s tem k povečanju kvalitete in počutja občanov.

Kennwerte mit Bezug auf Energiebezugsfläche

Energiebezugsfläche:	1297,6 m^2			
	Verwendet:	Monatsverfahren	PH-Zertifikat:	Erfüllt?
Energiekennwert Heizwärme:	23	kWh/(m^2a)	15 kWh/(m^2a)	nein
Drucktest-Ergebnis:	1,0	h^{-1}	0,6 h^{-1}	nein
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung, Kühlung, Hilfs- u. Haushalts-Strom):	153	kWh/(m^2a)	120 kWh/(m^2a)	nein
Primärenergie-Kennwert (WW, Heizung und Hilfsstrom):	87	kWh/(m^2a)		
Primärenergie-Kennwert Einsparung durch solar erzeugten Strom:		kWh/(m^2a)		
Heizlast:	19	W/m^2		
Übertemperaturhäufigkeit:		%	über 25 °C	
Energiekennwert Nutzkälte:	3	kWh/(m^2a)	15 kWh/(m^2a)	ja
Kühllast:	6	W/m^2		

CELOVITE REŠITVE ZA ENERGIJSKO UČINKOVIT OVOJ ZGRADBE

Borut Kocjan, Saint Gobain, Isover v Sloveniji

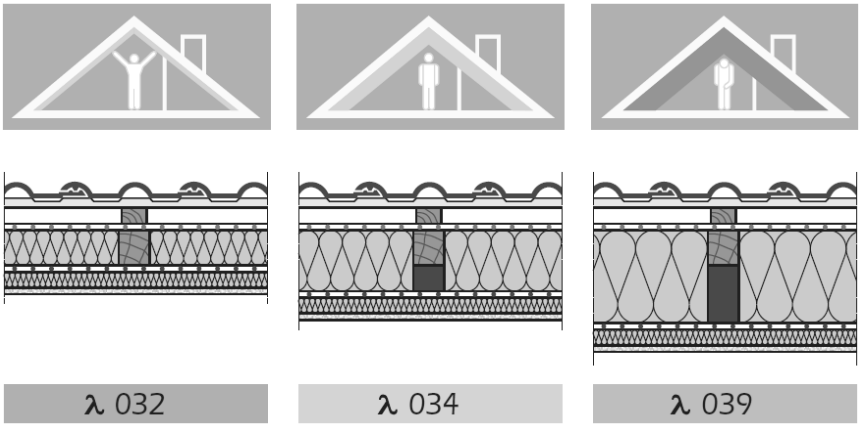
ISOVER PREMIUM 032 – VRHUNSKA TOPLOTNA IZOLACIJA ZA NIZKOENERGIJSKE IN PASIVNE HIŠE

Visokoizolativni vpenjalni filc z zelo nizko toplotno prevodnostjo λ_D = 0,032 W/mK je namenjen za uporabo pri vseh vrstah neobremenjenih konstrukcij, kjer želimo prihraniti prostor in ohraniti vitkost konstrukcij.

Na ta način se projektantom in arhitektom odpirajo nove možnosti oblikovanja in uporabnosti. Pri novogradnjah je moč istočasno pridobiti več prostora in povečati energijsko učinkovitost ter na ta način povečati tržno vrednost nepremičnine.

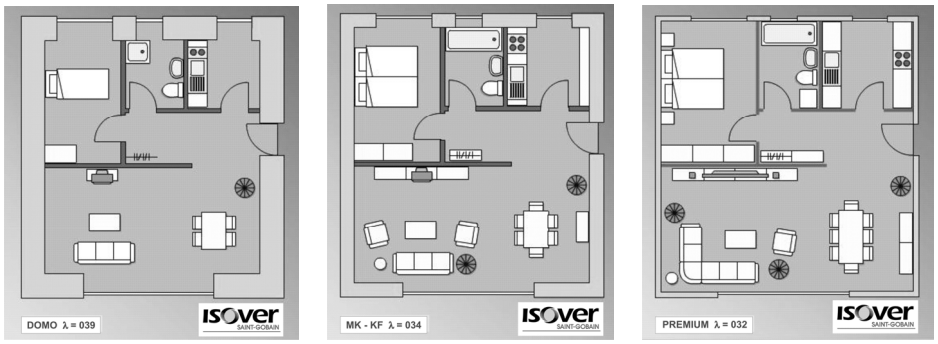
Pri prenavljanju oz. saniranju starejših zgradb in objektov je pogosto prostor za vgradnjo sodobnih izolacijskih materialov omejen. Zahvaljujoč nizki vrednosti toplotne prevodnosti λ_D = 0,032 W/mK ISOVER PREMIUM toplotno–izolacijskega filca iz steklene volne lahko vendarle z vgradnjo le-tega v postopku prenavljanja oz. sanacije dosežemo znatno izboljšanje energijske učinkovitosti – najboljšo izolacijo za zmanjšanje stroškov ogrevanja in visoko stopnjo bivalnega ugodja.

PRIHRANEK IZOLACIJSKE DEBELINE PRI ENAKI U-VREDNOSTI



Za dosego U-vrednosti 0,10 W/m^{2}K potrebujemo pri običajnih izolacijskih materialih z λ_D = 0,040 W/mK debelino okrog 38 cm. Enak učinek in udobje dosežemo npr. z ISOVER PREMIUM debeline 30 cm, ki ima vrednost toplotne prevodnosti λ_D le 0,032 W/mK.

Zaradi tega je lahko tudi konstrukcija bistveno tanjša, kar pri zmanjšanju debeline za omenjenih 8 cm znaša pri stanovanjski površini ca. 150 m^2 izdatnih 4 m^2 bivalnega prostora, kar je dovolj za manjšo kopalnico. Torej?



ISOVER – NEPRIMERLJIVA UČINKOVITOST

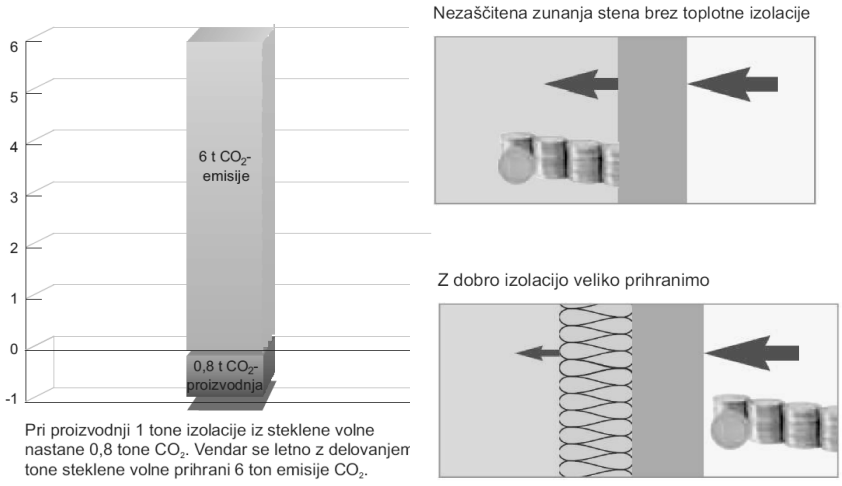
Varčevati z energijo in se doma kljub temu počutiti udobno sta dve plati medalje. Izolacijski toplotni ovoj je kot puhovka, ki nam daje zavetje in udobje varnega doma.

(6x) - šestkratno delovanje

Vsaka tona vgrajene ISOVER izolacije iz steklene volne prihrani letno 6 ton škodljivih CO_2 izpustov. Tako se torej v obdobju 50 let zmanjšajo škodljivi izpusti CO_2 za tristokrat (300 x).

To je 375-kratnik industrijsko vezanih emisij. Na ta način - z energetsko učinkovito stanovanjsko gradnjo in politiko - se je moč povsod po svetu približati in omogočiti Kyotske zaveze glede emisij toplogrednih plinov in realizirati zastavljene cilje.

Dobro izolirani zunanji zidovi nam dajejo prijeten občutek udobja in topline tudi v notranjosti prostorov. Varujejo nas pred neprijetnostmi in škodljivostjo vlage. Razen tega omogočajo znižanje sobne temperature ob nespremenjenem občutku udobja. Znižanje sobne temperature za 1°C zmanjša porabo energije za **6%**.



Tehnične karakteristike ISOVER PREMIUM

- nazivna vrednost toplotne prevodnosti λ_D = 0,032 W/mK
- varna in negorljiva – razred požarnih lastnosti A1
- odlična zvočna izolativnost
- linearna upornost zračnemu toku $\Xi = \geq 5$ kPa·s/m^2

- oznaka MW – EN 13162 – T2 – MU1 – Afr5

- debeline: 5, 10, 12, 14 in 16 cm

PARNA OVIRA ZA ZAŠČITO OSTREŠJA - ISOVER VARIO KM – DELOVANJE IN UPORABA

URAVNAVANJE VLAGE V IZOLIRANIH STREŠNIH KONSTRUKCIJAH
S PARNIMI OVIRAMI S SPREMENLJIVO S_d VREDNOSTJO (zaporna vrednost za vodno paro)

Hiter razvoj sodobnih materialov je našel svojo uporabo tudi v gradbeništvu. Nedavno tradicionalne aluminijske in sintetične folije, ki naj bi preprečevale prodiranje vodne pare, danes vse pogosteje zamenjujejo sodobne **poliamidne paroprepustne folije**, ki delujejo kot **parne ovire**.

Vlago, ujeto v leseno strešno konstrukcijo, lahko najuspešneje izsušimo z namestitvijo parne ovire s spremenljivo S_d vrednostjo (zaporna vrednost za vodno paro).

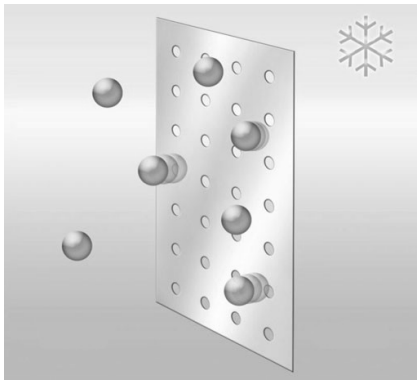
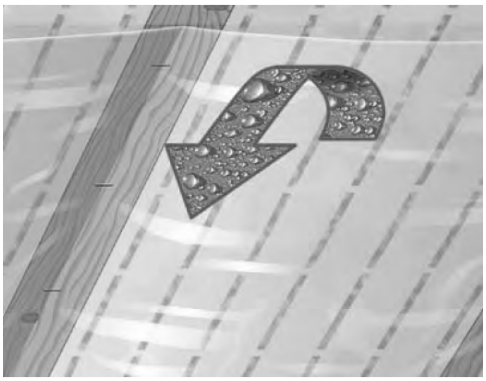
ISOVER je razvil takšno poliamidno folijo, ki ima podobne lastnosti kot človeška koža, ker reagira neposredno na vlažnost zraka tako, da se mikropore odpirajo in zapirajo – na nek način folija diha in reagira »inteligentno«. Iz tega izvira tudi naziv proizvoda – ISOVER VARIO KM – variabilna klima-membrana.

Parna ovira **ISOVER VARIO KM** uravnava izsuševanje konstrukcije v kateremkoli letnem času – tako pozimi kot poleti. Vgrajujemo jo pri toplotno izoliranih poševnih in ravnih strehah na notranji - topli strani izolacije nad stropno oblogo (mavčne plošče, lesena obloga).

KAKO DELUJE PARNA OVIRA ISOVER KM:

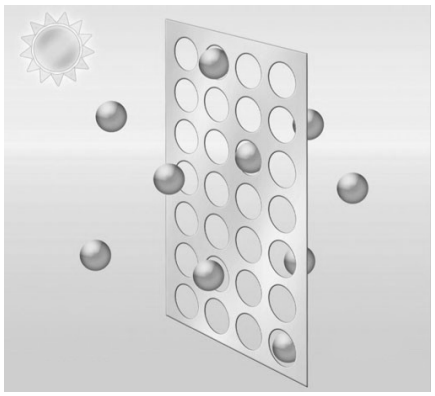
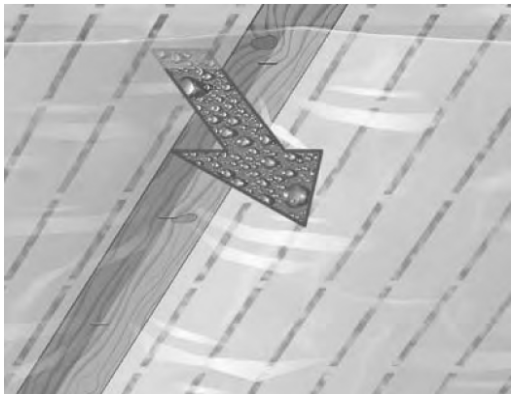
Delovanje spremenljive parne ovire ISOVER VARIO KM **pozimi**:

- vlaga prehaja navzven proti hladni strani
- na notranji strani izolacije in v prostoru je vlaga relativno nizka
- S_d vrednost folije je visoka – cca. 5,0 m
- parna ovira preprečuje prodiranje vlage v strešno konstrukcijo

Delovanje spremenljive parne ovire ISOVER VARIO KM **poleti**:

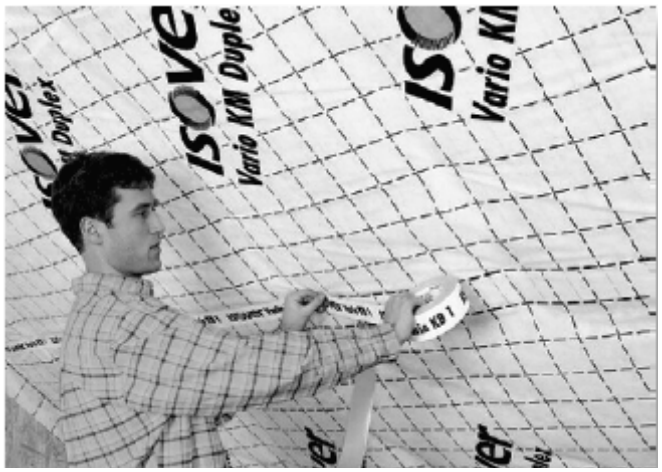
- vlaga ponovno prodira proti hladni strani – navznoter
- na notranji strani izolacije in v prostoru je vlažnost relativno visoka
- S_d vrednost folije je nizka – cca. 0,2 m
- strešna konstrukcija se lahko izsušuje navznoter

Pri pomembnejših prodajalcih suhomontažnih materialov je moč kupiti dve vrsti parnih ovir:

- **ISOVER VARIO KM DUPLEX** (S_d = 0,3 – 5,0 m)

    - zelo robustna folija ojačana z armiranim pletivom
    - mrežno markiranje za enostavnejše krojenje
    - popolnoma nepropustna za vonjave
    - zmanjšuje vlaženje lesenih konstrukcij pozimi in izboljšuje izsušitev poleti
    - idealna rešitev za škode na ostrešjih in zidovih zaradi vlage
    - evropski patent
    - v rolah 60 m^2 (40 x 1,5 m)



- **ISOVER VARIO KM** (S_d = 0,2 – 5,0 m)

  - zmanjšuje vlaženje lesenih konstrukcij pozimi in izboljšuje izsušitev poleti
  - popolnoma nepropustna za vonjave
  - idealna rešitev za škode na ostrešjih in zidovih zaradi vlage
  - evropski patent
  - v rolah 60 m^2 (30 x 2 m) in 30 m^2(15 x 2 m)

Ustrezen način vgradnje, pritrjevanja in tesnjenja folije je zelo pomemben, zato smo v Isover-u razvili tudi posebne tesnilne trakove in tesnilne mase:

- **ISOVER VARIO KB 1** – širok enostranski lepilni trak za lepljenje in tesnjenje folije

VARIO SILVERFAST – univerzalni enostranski lepilni trak s povišano stabilnostjo in visoko odpornostjo na UV žarke; izredne močne lepilne lastnosti, odporen na vodo in zaradi tega uporaben tudi na zunanjih površinah.
Uporabljamo ga predvsem pri lepljenju preklopov parnih ovir in parnih zapor (tudi na zunanjih površinah), odporen na temperaturna nihanja v območju od -30 °C do +100 °C. Uporaben pri zunanjih temperaturah od -10 °C, najmanj 12 mesecev UV obstojnosti, lepilni sloj brez topil.

- **VARIO MULTITAPE** – univerzalni enostranski lepilni trak z veliko fleksibilnostjo in močnim efektom lepljenja tudi za večje obremenitve. Posebno primeren za zrakotesne spoje pri ceveh in kabelskih prebojih skozi parne ovire oz. zapore (ob dimnikih, prezračevalnih ceveh ipd.), odporen na temperaturna nihanja v območju od -30 °C do +100 °C. Uporaben pri zunanjih temperaturah od-10 °C - najmanj 6 mesecev UV obstojnosti, lepilni sloj brez topil.

Vsi trakovi so namenjeni lepljenju in spajanju ISOVER VARIO KM in VARIO KM DUPLEX parnih ovir in ostalih parnih zapor (tudi drugih proizvajalcev npr. Tyvek, Integra Zub, Flammex ipd.).

- **ISOVER VARIO DS** – tesnilno lepilo v kartušah na akrilni osnovi za lepljenje in hermetično zatesnitev vseh spojev folije in različnih konstrukcij ter materialov

Parna ovira (klima membrana) **ISOVER VARIO KM** s spremenljivo S_d vrednostjo (0,2 m – 5,0 m) je zelo odporna proti trganju (enak poliamid se med drugim uporablja tudi za gorske vrvi, zobnike za velike obremenitve, porozne tkanine). Ne vsebuje mehčal in je neškodljiv okolju, ker ga je možno reciklirati, predvsem pa je bistveno bolj neprepusten za vonjave kot klasična polietilenska folija ter tako ščiti pred nadležnimi vonji starih sredstev za zaščito lesa. Nameščanje folije je možno s katerekoli orientacije in smeri.

Prepričajte se sami in zahtevajte »PREIZKUSNI SET«.

Prepustite strokovnjakom, da razmišljajo in rešujejo ali preprečujejo težave vašega ostrešja.

Parna ovira ISOVER VARIO KM to zmore!

PASIVNA IN NIZKOENERGIJSKA GRADNJA S SISTEMOM YTONG IN YTONG MULTIPOR

Tadej Gruden, univ.dipl.inž.grad.

Dva izraza, ki sta se zakoreninila v glavah Slovencev – pasivna in nizkoenergijska gradnja – sta postavila nekaj novih mejnikov v razumevanju stanovanjske gradnje. Vendar sodobna tehnologija gradbenih materialov omogoča še manjšo rabo energije pri istočasnem opuščanju zahtevnih ogrevalnih in prezračevalnih tehnologij .

Standardi za sodobne stanovanjske hiše, ki jih je postavil dr. Wolfgang Feist iz Darmstadta ter jih poimenoval »Passivhausstandard« so bili velik korak naprej v pojmovanju učinkovite rabe energije. Vendar se v zadnjem času pojavljajo gradbeni materiali, s katerimi je mogoče graditi še bistveno bolj učinkovito kot je zastavil dr. Feist. Konec koncev pa ravno ti sodobni materiali omogočajo energijsko učinkovitejšo gradnjo ter opuščanje zahtevnih tehnologij za ogrevanje in prezračevanje.

Raba energije v stanovanjskih stavbah

Energijsko bilanco za posamezno stanovanjsko stavbo dobimo, če od vseh energijskih izgub odštejemo vse energijske dobitke. Da, zadeva ni nič bolj zapletena kot to. Torej energijskim izgubam, ki so sestavljene iz transmisijskih izgub skozi ovoj stavbe, prezračevalnih izgub zaradi zagotavljanja minimalnih higienskih pogojev in številnih različnih, a bistveno manjših izgub ogrevalnega/prezračevalnega sistema, je potrebno odšteti energijske dobitke, kamor sodijo predvsem sončno dobitki in dobitki notranjih virov. Kaj od naštetega se v življenjski dobi stavbe ne spreminja? **Edina konstanta v vseh izračunih energijske bilance je ovoj stavbe – naj bo to sestava posameznih elementov ovoja stavbe ali njihova površina.** Vse ostalo so hudo spremenljive spremenljivke.

Ovoj stavbe – edina konstanta v energijski bilanci

Vsi izračuni rabe energije od nekdanjega JUS U.J5.600, preko PHPP 07, pa do danes veljavnega PURES 2010, temeljijo na energijskih izgubah. Največji delež izgub prispeva ovoj stavbe, sledijo energijske izgube zaradi prezračevanja, nekaj malega k izgubam pa prispeva tudi ogrevalni sistem (a te izgube v veliki večini ostanejo v stavbi!). Kje je torej mogoče največ prispevati k zmanjšanju rabe energije? Jasno, da s spremembami na ovoju stavbe. Izboljšane toplotno izolacijske lastnosti ovoja stavbe in ploščina posameznih elementov ovoja se v vsej življenjski dobi stavbe ne spreminjajo. Skozi celotno življenjsko dobo bo ovoj stavbe skrbel, da v stavbi ne bodo previsoke potrebe po energiji.

Sistem YTONG

Čeprav je bilo mogoče tudi z običajnimi zidaki YTONG TB graditi energijsko učinkovite stavbe (Razpredelnica 1), predstavljata sistema YTONG in YTONG MULTIPOR zmagovito kombinacijo pri energijsko učinkoviti gradnji.

Razpredelnica 1: Toplotne prehodnosti enoslojnih zidov YTONG

Vrsta zidaka	Debelina porobetona YTONG (cm)	Debelina ometa znotraj/zunaj (cm)	Skupna debeline zidu (cm)	Toplotna prehodnost (W/m^2K)
YTONG TERMOBLOK TB 40	40	2,0/1,0	43	0,24
YTONG ZIDNI BLOK ZB 30	30	2,0/1,0	33	0,37
YTONG ZIDNI BLOK ZB 25	25	2,0/1,0	28	0,44
YTONG ZIDNI BLOK ZB 20	20	2,0/1,0	23	0,54

Vrednost ustreza zahtevam za zunanje zidove ogrevanih prostorov po pravilniku PURES 2010
Vrednost ustreza zahtevam za zunanje zidove ogrevanih prostorov proti terenu po pravilniku PURES 2010
Vrednost ustreza zahtevam za zunanje zidove ogrevanih prostorov do velikosti 10 % neprozornega dela po pravilniku PURES 2010

Sistem YTONG MULTIPOR

Klasičnim toplotno izolacijskim materialom se je pridružil nov toplotno izolacijski material za toplotno izolacijo zunanjih sten YTONG MULTIPOR, ki združuje vse najpomembnejše lastnosti sodobnih gradbenih materialov:

- **Toplotna prevodnost**: YTONG MULTIPOR ima toplotno prevodnost $\lambda = 0{,}045$ W/mK, kar ga uvršča med toplotno izolacijske materiale ($\lambda < 0{,}05$ W/mK),
- **Paroprepustnost**: Difuzijska upornost prehodu vodne (μ) pare je pri porobetonu YTONG MULTIPOR enaka 3,
- **Požarna odpornost**: YTONG MULTIPOR sodi v požarni razred A1, skladno s standardom EN 13501-1, ne povzroča dima ali škodljivih plinov,
- **Prostorninska masa**: Izolacijske plošče YTONG MULTIPOR imajo prostorninsko maso 115 kg/m^3,
- **Tlačna trdnost**: Srednja vrednost tlačne trdnosti je večja od 300 kPa,
- **Enostavno rokovanje in obdelovanje**
- **Zvočna izolativnost**: razred absorpcije zvoka D po SIST EN 11654, prednost pri podzemnih garažah
- **Ostale lastnosti**: YTONG MULTIPOR je odporen na mikroorganizme in insekte, biološko neoporečen, mogoče pa ga je tudi v popolnosti reciklirati, zaradi česar je YTONG MULTIPOR tudi dobil naziv »okolju prijazen gradbeni material«.

Sistema YTONG in YTONG MULTIPOR – zunanje stene

Če oba sistema – sistem YTONG za nosilne zunanje zidove in sistem YTONG MULTIPOR, ki predstavlja toplotno izolacijski material – združimo, dobimo kakovostne nosilne zunanje zidove z izredno nizko vednostjo za toplotno prehodnost (Razpredelnica 2).

Razpredelnica 2: Toplotne prehodnosti zidov YTONG + YTONG MULTIPOR

Vrsta zidaka	Debelina porobetona YTONG (cm)	Debelina **YTONG MULTIPOR** (cm)	Debelina ometa znotraj/zunaj (cm)	Skupna debelina zidu (cm)	Toplotna prehodnost (W/m^2K)
YTONG TERMOBLOK TB 40	40	8	1,0/2,0	51	**0,17**
		12		55	**0,15**
		16		59	**0,13**
		20		63	**0,12**
YTONG ZIDNI BLOK ZB 30	30	8	1,0/2,0	41	**0,22**
		12		45	**0,18**
		16		49	**0,15**
		20		53	**0,13**

Poleg izredno nizke toplotne prehodnosti in s tem povezanih minimalnih energijskih izgub dobimo z uporabo sistema YTONG – YTONG MULTIPOR tudi požarno varne in paroprepustne zunanje stene.

Sistema YTONG in YTONG MULTIPOR – stropovi in strehe

Stropne plošče YTONG SP so izdelane v debelinah od 15 do 24 cm in dolžinah glede na zahtevano dopustno koristno obremenitev. Plošče se lahko izdela tudi po naročilu z natančnostjo do 1 cm. Sama debelina plošč še ne zagotavlja primerne toplotne zaščite, v kombinaciji s toplotno izolacijskim materialom YTONG MULTIPOR pa predstavlja izredno toplotno zaščito stropov proti podstrešju ali poševnih streh (Razpredelnica 3).

Razpredelnica 3: Toplotne prehodnosti stropov YTONG + YTONG MULTIPOR

	Debelina stropne plošče YTONG (cm)	Debelina **YTONG MULTIPOR** (cm)	Skupna debelina stropa/strehe (cm)	Toplotna prehodnost (W/m^2K)
YTONG SP 15	15	14	28	**0,22***
		16	32	**0,20**
		20	36	**0,17**
		30	46	**0,12**
YTONG SP 20	20	14	33	**0,20**
		16	37	**0,18**
		20	41	**0,16**
		30	51	**0,11**
YTONG SP 24	24	14	27	**0,19**
		16	31	**0,17**
		20	35	**0,15**
		30	45	**0,10**

*…ne ustreza zahtevam PURES 2010

Prednosti uporabe porobetona YTONG v nizkoenergijskih in pasivnih stavbah

Velike dimenzije, majhna teža, dodelani sistemi gradnje in malo pripravljalnih del omogočajo enostavno in hitro gradnjo pri zelo visoki kakovosti. Posebne oblike izdelkov YTONG in YTONG MULTIPOR ter enostavna obdelava omogočajo izdelavo tudi nestandardnih oblik. Porobeton je mogoče žagati, brusiti, vanj vdolbsti utore. Predvsem enostavno dolbljenje utorov omogoča hitro in kakovostno izvedbo elektro in strojnih inštalacij.

Toplotnoizolacijske lastnosti omogočajo izdelavo zunanjih zidov in stropov/streh z izrednimi toplotno izolativnimi lastnostmi, ki močno presegajo vse do sedaj veljavne predpise in priporočila stroke. Pri tem so elementi ovoja stavbe še vedno paroprepustni in požarno varni! Celoten ovoj stavbe, izdelan s sistemoma YTONG in YTONG MULTIPOR, je tudi zrakotesen, kar je še posebej pomembno pri nizkoenergijski in pasivni gradnji.

Skupaj z energijsko učinkovitim stavbnim pohištvom nudijo izdelki iz porobetona YTONG in YTONG MULTIPOR osnovo za izdelavo energijsko učinkovitih stavb.

Zaključek

Ne glede na to, kakšen naziv damo naši energijsko učinkoviti hiši, toplota vedno išče najkrajšo pot na prostost. Naloga elementov ovoja stavbe je preprečiti toploti prehajanje iz ogrevanih prostorov v okolje. Izgubljeno toploto je seveda potrebno nadomestiti. Če je izgubljene toplote malo, jo je mogoče pokriti že z notranjimi viri ali sončnimi dobitki. Toplotna zaščita pa ni edini pogoj za izdelavo sodobne energijsko učinkovite stavbe. Poleg toplotne zaščite mora biti zagotovljena tudi nosilnost, paropropustnost, požarna varnost in trajnost stavbe. In vse te lastnosti so združene v enem samem materialu – porobetonu. V nosilnih elementih YTONG in toplotno izolacijskih ploščah YTONG MULTIPOR.

Pasivna hiša Hodnik, Šešče pri Preboldu, 3312 Prebold
Ogrevana površina:
160 m^2
Potrebna energija za ogrevanje po PHPP:
14,9kWh/(m^2a)
Zrakotesnost:
0,40 h^{-1}
Leto izgradnje:
2011
Sistem gradnje:
Masivne stene iz zidaka YTONG s toplotno izolacijo EPS

Pasivna hiša Posinek, Šešče pri Preboldu, 3312 Prebold
Ogrevana površina:
104 m^2
Potrebna energija za ogrevanje po PHPP:
14 kWh/(m^2a)
Zrakotesnost:
0,14 h^{-1}
Leto izgradnje:
2011
Sistem gradnje:
Masivne stene iz zidaka YTONG s toplotno izolacijo EPS

KOMFORTNO PREZRAČEVANJE

Bojana Turk, Ekoaktiv d.o.o.

Aerosilent primus - prezračevalna naprava za vsako hišo

Ta komfortna prezračevalna naprava s pretokom zraka do 235 m^3/h je še zlasti primerna za enodružinske in vrstne hiše. Stopnja vračanja toplote se giblje od 85% do 93%. Ima dva uravnotežena ventilatorja z zelo majhno rabo električne energije. Odlikuje jo zelo tiho delovanje. Izolacija naprave ne vsebuje mineralnih vlaken. Naprava ponuja različne rešitve predgretja zraka in možnost pasivnega hlajenja (če je izveden zemeljski izmenjevalnik) ter možnost ogrevanja dovodnega zraka. Omogoča popolnoma samodejno delovanje prezračevanja v odvisnosti od koncentracije CO_2 (manjša raba elektrike, manjše toplotne izgube, višja zračna vlaga v zimskem času)

Aerosilent Topo - prezračevalna naprava s popolno opremo, ki je tiha kot miška

Ta komfortna prezračevalna naprava, ki omogoča pretok zraka do 180m3/h, je primerna predvsem za stanovanja in manjše enodružinske hiše. Z vgrajenimi dušilniki zvoka zagotavlja zelo tiho delovanje in je zato primerna za vgradnjo v stanovanjskih prostorih. Tudi ta naprava je opremljena z visoko učinkovitim protitočnim ploščnim izmenjevalnikom toplote, ki zagotavlja visoko stopnjo vračanja toplote (rekuperacije) od 85% do 93%. V napravi so vgrajeni grobi in fini zračni filtri, opcijsko pa tudi električni grelec za predgrevanje zraka zaradi zaščite toplotnega izmenjevalnika pred zmrzovanjem (kadar dovod zraka ni izveden preko zemeljskega izmenjevalnika toplote). Nudi možnost pasivnega hlajenja (če je izveden zemeljski izmenjevalnik) ter možnost popolnoma samodejnega delovanja prezračevanja v odvisnosti od koncentracije CO_2 (manjša raba elektrike, manjše toplotne izgube, višja zračna vlaga v zimskem času)

Certifikat inštituta za pasivne hiše PHI iz Darmstadta

Vse prezračevalne naprave je možno dodatno opremiti tudi s toplovodnim grelcem, ki omogoča ogrevanje dovedenega zraka.
Vse naprave so na voljo v desni ali levi izvedbi. Za montažo naprave so na voljo tudi dvignjene noge ali montažna konzola za montažo na steni.

Aerosilent bussines - prezračevanje za poslovne prostore

Ta komfortna prezračevalna naprava omogoča pretok zraka do 500 m3/h in je primerna za prezračevanje pisarniških prostorov, ambulant, ordinacij ipd.

Aeroschool - prezračevalna naprava za učilnice in druge večje prostore

Ta komfortna prezračevalna naprava s pretokom zraka do 500 m3/h ima integrirane velike dušilnike zvoka in je zato primerna predvsem za šolske učilnice, pa tudi za pisarne, ambulante, ordinacije ipd.

Prezračevalni napravi aerosilent business in aeroschool sta opremljeni z visoko učinkovitim protitočnim ploščnim izmenjevalnikom toplote. Imata uravnotežena ventilatorja z majhno rabo električne energije in izolacijo, ki ne vsebuje mineralnih vlaken. Možnost različnih rešitev predgretja zraka (električno je lahko integrirano v napravi). Omogočata poletno nočno hlajenje in pasivno hlajenje (če je izveden zemeljski izmenjevalnik). Na voljo so različni sobni regulatorji, ki omogočajo programiranje delovanja ali samodejno regulacijo s senzorjem prisotnosti.

KOMPAKTNE OGREVALNO-PREZRAČEVALNE NAPRAVE

Pri podjetju Drexel und Weiss tako zelo zaupajo v kvaliteto svojih izdelkov, da nudijo na vse kompaktne naprave kar 5-letno garancijo.

Aerosmart S - vse kar potrebujejo manjše pasivne hiše (do pribl. 120 m^2)

- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava z najmanjšo toplotno močjo (pribl. 1,0 kW) primerna za gospodinjstva z 2 do 4 člani.
- Toplotna črpalka izkorišča preostalo toploto zavrženega zraka po rekuperaciji in za svoje delovanje potrebuje zračni ali hidravlični zemeljski izmenjevalnik
- Toploto v prostor dovaja preko zraka, s katerim se prezračuje.
- Ne potrebuje ogrevalnih površin.
- Možnost pasivnega hlajenja preko zraka
- Integriran 200 litrski bojler za toplo sanitarno vodo
- Maksimalen pretok zraka 210 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva zelo malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem z zaslonom na dotik.

Aerosmart M - vse kar potrebujejo srednje velike pasivne hiše (do pribl. 150 m^2)

- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava s srednjo toplotno močjo (pribl. 1,3 kW) primerna za gospodinjstva s 4 do 5 člani.
- Toplotna črpalka izkorišča preostalo toploto zavrženega zraka po rekuperaciji in za svoje delovanje potrebuje zračni ali hidravlični zemeljski izmenjevalnik
- Toploto v prostor dovaja preko zraka, s katerim se prezračuje.
- Ne potrebuje ogrevalnih površin.
- Možnost pasivnega hlajenja preko zraka
- Integriran 200 litrski bojler za toplo sanitarno vodo
- Maksimalen pretok zraka 235 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem z zaslonom na dotik.

Certifikat inštituta za pasivne hiše PHI iz Darmstadta

Aerosmart L - vse kar potrebujejo večje pasivne hiše (do pribl. 200 m^2)

- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava z večjo toplotno močjo (pribl. 1,7 kW) primerna za gospodinjstva s 5 do 6 člani.
- Toplotna črpalka izkorišča preostalo toploto zavrženega zraka po rekuperaciji in za svoje delovanje potrebuje zračni ali hidravlični zemeljski izmenjevalnik
- Toploto v prostor dovaja preko zraka, s katerim se prezračuje.
- Ne potrebuje ogrevalnih površin.
- Možnost pasivnega hlajenja preko zraka
- Integriran 200 litrski bojler za toplo sanitarno vodo
- Maksimalen pretok zraka 235 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem z zaslonom na dotik.

Aerosmart XLS - prilagodljiva rešitev za pasivne hiše in dobre nizkoenergijske hiše

- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava toplotne moči pribl 2,6 kW
- Primerna za samostojno ogrevanje prostorov in sanitarne vode tudi v dobrih nizkoenergijskih hišah.
- Toploto v prostore oddaja delno preko zraka, s katerim se prezračuje, večino pa preko nizkotemperaturnih ogrevalnih površin (npr. talno, stensko gretje).
- Možnost pasivnega hlajenja preko zraka
- Integriran 200 litrski bojler za toplo sanitarno vodo
- Maksimalen pretok zraka 235 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem z zaslonom na dotik.

Aerosmart X^2 - vsestranska rešitev tudi za večje za pasivne hiše in dobre nizkoenergijske hiše

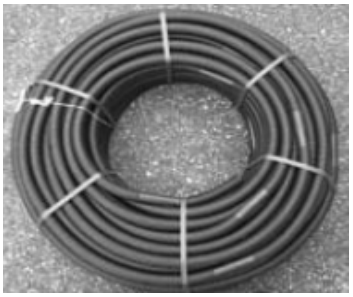
- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava toplotne moči do 4,0 kW izkorišča toploto zemlje, ki jo črpa iz hidravličnega zemeljskega izmenjevalnika
- Celovita sistemska rešitev, toploto v prostore dovaja preko nizkotemperaturnih ogrevalnih površin, preko katerih omogoča tudi pasivno hlajenje v poletnem času
- Možnost samostojnega ogrevanja kopalnic v prehodnih obdobjih
- Priprava tople sanitarne vode v 300 litrskem bojlerju, z možnostjo priključitve večjih bojlerjev s podporo za solarno ogrevanje
- Patentirana rešitev predgretja zraka za zaščito pred zmrzovanjem s preostalo toploto toplotne črpalke
- Maksimalen pretok zraka 235 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem z zaslonom na dotik.

Aerosmart Mono - enako kot Aerosmart L brez bojlerja za toplo sanitarno vodo

- Kompaktna ogrevalno-prezračevalna naprava, ki ne vključuje priprave tople sanitarne vode, primerna za gospodinjstva s 5 do 6 člani, kot tudi za pisarne in manjša podjetja
- Sestavljena je iz prezračevalne enote z visoko učinkovitim protitočnim ploščnim izmenjevalnikom toplote in majhne toplotne črpalke za ogrevanje dovedenega zraka
- Maksimalen pretok zraka 235 m^3/h.
- Energijsko visoko učinkovita rešitev, stroškovno zelo ugodna, zahteva malo prostora.
- Enostavno upravljanje vseh funkcij s sobnim regulatorjem
- Uporabimo jo takrat, ko sanitarne vode ne bomo ogrevali s pomočjo kompaktne naprave.

Cevi za ploskovne zemeljske izmenjevalnike toplote in za izmenjevalnike s košarami GEO-WELL

• 80% večja površina kot pri gladkih ceveh enakega premera
• optimalen stik med zemljino in cevjo
• znatno boljši prenos toplote zaradi vrtinčnega toka tekočine v valoviti cevi
• večja gospodarnost sistema ves čas uporabe
• enostavna in zanesljiva montaža
• zagotavljajo zanesljivo ogrevanje in hlajenje skozi mnoga leta



Specifični toplotni odvzem

Vrsta zemljine	Specifični toplotni odvzem	Specifični toplotni odvzem
	na 1 m cevi (W/m)	na 1 m cevi (W/m)
	za sondo dolžine 3 m	za sondo dolžine 5 m
Suha, peščena, nekompaktna tla	8 W/m	6,6 W/m
	400 W	500 W
Kompaktna, vlažna tla	10 – 14 W/m	10,6 – 12 W/m
	600 – 700 W	800 – 900 W
Zelo vlažna tla (pesek, gramoz)	18 W/m	15 W/m
	900 W	1100 W

Tehnični podatki za cevi iz PE 100

Dolžina	3 m	5 m
Premer sonde	0,38 m	0,38 m
Globina polaganja	4,5 m	6,5 m
Delovni tlak/preizkusni tlak	3 bar / 5 bar	3 bar / 5 bar
Material	PE 100*	PE 100*
Dolžina cevi v sondi	50 m	75 m
Premer valovite cevi	DN 20	DN 20
Masa	cca 8 kg	cca 14 kg
Količina medija – mešanica vode in glikola	24 litrov	37 litrov
Premer vrtine	0,45 – 0,5 m	0,45 – 0,5 m

PLOSKOVNI ZEMELJSKI IZMENJEVALNIKI TOPLOTE

• 80% večja površina kot pri gladkih ceveh enakega premera
• manjša potrebna površina tal
• optimalen stik med zemljino in cevjo
• znatno boljši prenos toplote zaradi vrtinčnega toka tekočine v valoviti cevi

IZMENJEVALNIKI TOPLOTE S KOŠARAMI

- **veliko manjša potrebna površina tal**
- **sončno obsevanje, dež in topljenje snega zagotavljajo naravno obnavljanje toplote v zemljini**
- **ni neugodnih vplivov na naravne mikroorganizme v tleh**
- **brez sprememb strukture tal in brez poseganja v podtalnico**
- **polagajo se v jarek ali vrtine**
- **enostavna in cenovno ugodna izdelava vrtin za košare**
- **površina tal potrebna za izvedbo polja s košarami, je približno enaka ogrevani stanovanjski površini**
- **obnovljiv vir energije, ki skozi vse leto omogoča čisto, gospodarno in okolju prijazno izrabo sončne energije za ogrevanje**

ZEMELJSKI IZMENJEVALNIKI TOPLOTE

VODNI IZMENJEVALNIKI TOPLOTE

RAZDELILNI JAŠEK IZ UMETNE MASE

Inovativne prednosti:

- odporen na UV žarke
- majhna teža
- trajna in čista rešitev
- enostavnejši in lažji transport

Prihranek pri času in denarju:

- hitra in cenovno ugodna montaža
- dolga življenjska doba
- izognemo se težavam s kondenzacijo vlage v hiši

Prednosti pri načrtovanju:

- v jašek lahko vgradimo vse potrebne elemente zemeljskega izmenjevalnika

Izvedba:

Pravokotni jašek z razdelilnikoma in vgrajeno opremo

Pravokotni jašek z razdelilnikoma

Krožni jašek