

UDK 621.315.6

## STOREPET – EVROPSKI PROJEKAT KLASTERA „DUNDJER“<sup>1</sup>

**Dorđe Đorđević<sup>2</sup>, Biljana Avramović<sup>3</sup>, Dragoslav Stojić<sup>2</sup>**

**Rezime:** Građevinski klaster „DUNDJER“, zajedno sa većim brojem evropskih organizacija, učestvuje na evropskom projektu FP7 pod nazivom „STOREPET“ (FP7-SME-2011-2, Proposal 286730). STOREPET je projekat čiji je cilj da razvije jedan novi termički i akustički građevinski izolacioni materijal, baziran na građevinskim materijalima koji pri korišćenju menjaju svoje agregatno stanje. StorePET će biti posebno projektovan materijal za lake konstrukcije sa omotačem koji ima malu termičku masu (termički kapacitet), kao i za bilo koju drugu stambenu/poslovnu/javnu novu ili rekonstruisanu zgradu sa posebnim izolacionim i toplotno-kapacitetnim potrebama. Sa budžetom projekta od 2.4 miliona €, procenjeno je da će novi proizvod stvoriti novu vrednost u iznosu od 170 miliona € u uštedi u materijalu i 300 miliona € u energiji. Istraživanje je trenutno u toku. Jedan od završnih skupova, sa predstavljanjem rezultata istraživanja će biti održan u Nišu, u 2013. godini. Građevinski klaster „DUNDJER“ će imati sva prava i licencu, uključujući proizvodnju i plasman u regionu.

**Ključne reči:** Ocena građevina, održiva gradnja, evropske norme, ekološka gradnja, energetska efikasnost, lokacija

## STOREPET – EUROPEAN CLUSTER PROJECT „DUNDJER“

**Abstract:** The Construction Cluster „DUNDJER“ participates in common with number of distinguished research and development organizations in EU, in the 7th FP European project entitled STOREPET (FP7-SME-2011-2, Proposal 286730). STOREPET is a project which goal is develop an innovative thermal and acoustic insulation solution based on phase change materials building sector. StorePET will be especially design for lightweight and low thermal mass building envelope structures, as well as for any other residential/commercial/governmental new or refurbishing building projects, with extra insulation and heat storage capacities needs. With a project budget of € 2.4 million, it has been estimated that the new product will produce new streams of revenue worth € 170 million in the materials and energy savings worth above € 300 million. The research is at a moment in progress. One of closing meetings, with presentation of final research results will take place in Niš, Serbia, in the year 2013. The Construction Cluster „DUNDJER“ will have all rights and royalties, including regional production and merchandise.

**Key words:** building materials, thermal insulation, accoustic insulation, light building constructions, energy efficiency, sustainable building.

<sup>1</sup> This work is in part supported by the EC funded Project, FP7-SME-2011-2, Proposal 286730, and Serbian Ministry of Education and Science (research projects TR37003 and III44006 )

<sup>2</sup> Građevinsko-arhitektonski fakultet u Nišu, ul. A. Medvedeva 14, Niš, Srbija; Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

<sup>3</sup> Construction Cluster “Dundjer”, Niš, Srbija

## 1 UVOD

Nova strategija gradjenja koja se odnosi na posledice klimatskih promena i smanjenje energije za grejanje i hladjenje su dva osnovna cilja na nivou Evropske Unije. Brojke kao što je 35.000 incidentnih smrti usled toplotnog talasa na Kontinentu u 2003. godini, ili 10% svetske energije utrošene samo za zagrevanje zgrada zaokupljuju pažnju evropskih gradjana i pozivaju na novu EU legislativu. Nove nacionalne i komunalne stroge direktive zajedno sa ekonomskom recesijom u građevinskom sektoru (sa dvocifrenim padom) postavili su ekstremno visoke izazove i i onako oslabljenim kompanijama u građevinskom sektoru, posebno malim i srednjim preduzećima (MSP). Potrebe tržišta i nova šansa za njih je istraživanje konkurentnih rešenja za termičku i akustičnu izolaciju lakih konstrukcija, što je opšte prepoznat pokretač tržišta u narednoj dekadi. Lake konstrukcije predstavljaju ekonomsku alternativu tradicionalnim građevinama čiji je glavni nedostatak zahtev za velikom količinom energije da bi se održali konformni unutrašnji uslovi, pošto nisu u stanju da obuzdaju velike promene temperature. U poredjenju sa građevinama od težih materijala, procenjuje se da održanje termički konfomne temperature u opsegu od 18-24°C, građevine od lakih materijala koriste između 2 i 3 puta više energije za grejanje i hladjenje.



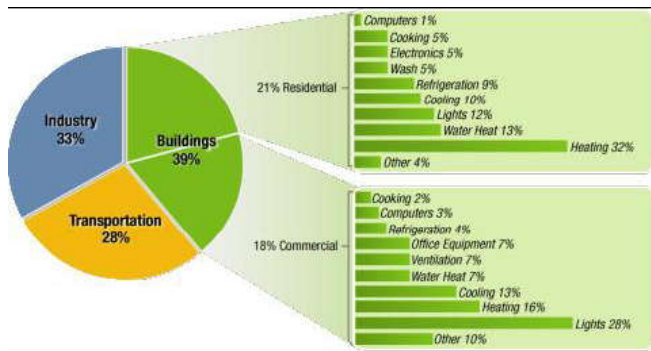
*Slika 1: Laka drvena konstrukcija*

Koncept projekta se bazira na činjenici da razmena toplote unutra/spolja (koja igra značajnu ulogu u toplotnom bilansu lakih konstrukcija) može se potencijalno kontrolisati novom fibroznom izolacijom koja poseduje termički aktivni kapacitet akumuliranja toplote. Tokom dana, kada temperatura raste, vrhovi opterećenja mogu se absorbovati u velikoj meri izolacionim slojem sa termički aktivnim materijalom

(PCM – Phase Change Material), da bi se polako vratila nazad u okolinu dočnije (tokom noći, kada temperatura opadne), bez uticaja na unutrašnji energetski bilans zgrade, što je regulisano prisustvom standardnog izolacionog sloja. Ovaj pristup će obezbediti dosta sporiji odziv omotača zgrade na dnevne promene temperature, pomažući održavanje unutrašnje temperature u komfornom opsegu i time izbegavajući potrebu potrošnje dodatne energije da bi se ovo postiglo. Efektivni nivoi unutrašnjeg komfora će biti dodatno garantovani vrlo poznatom osobinom vlaknastog materijala da redukuje spoljašnju buku i superiornu osobinu da kontroliše zvučnu rezonancu u šupljinama konstrukcije.

## 2 EKOLOŠKI ZNAČAJ

Računa se da zgrade u svetu troše 40% svetske energije i emituju skoro polovinu ugljen-dioksida. To znači zgrade doprinose skoro polovinu emisije CO<sub>2</sub>. To dalje znači da zgrade doprinose ispuštanju više CO<sub>2</sub> nego saobraćaj, koji se procenjuje na 31% i industrija, procenjena na 28%. Kada posebno razložimo i analiziramo potrošnju energije zgrada, najzabrinjavajući aspekt je da je većina energije koja se koristi za grejanje, hladjenje ili ventilaciju nepotrebno potrošena ili je rezultat loše izolacije i sve skorašnje prognoze pokazuju da će ova potrošnja značajno porasti u godinama koje dolaze. S obzirom na to, poslednje preporuke Medjuvladinog Panela o Klimatskim Promenama (Intergovernmental Panel on Climate Change -IPCC) utvrđuju da vlade širom sveta, poslovni svet i pojedinci moraju agresivno započeti redukciju potrošnje energije u novim i postojećim zgradama, kako bi redukovali emisiju CO<sub>2</sub> vezanu za energiju za 77% (u odnosu na predviđanje za 2050. godinu) i stabilizuju nivoe CO<sub>2</sub> kako bi se postigao nivo prema preporuci IPCC. Da bi se postigao taj cilj procenjuje se da globalni građevinski sektor treba da smanji potrošnju energije u zgradama za 60% do 2050. godine, da bi ispunio ciljeve vezane za globalne klimatske promene.



Slika 2: Potrošnja energije po vrstama aktivnosti

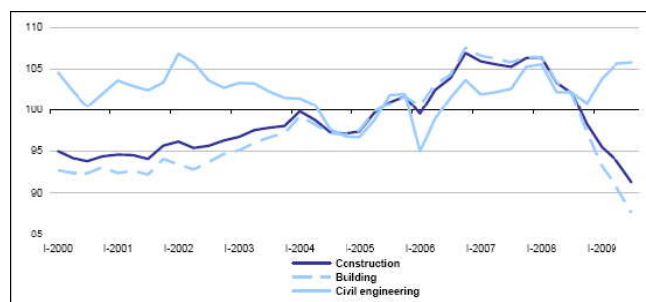
Sa tako visokim nivoom potrošnje energije, zamagljene različitim procenama klimatskih promena, Evropska Zajednica (EZ) je uvela značajan broj regulacionih i zakonskih akcija. Marta 2007. Savet Evrope je postavio set jasnih ciljeva za redukciju ukupne potrošnje energije od 20% do 2020. godine (nivoa u 2005. godini), sa povećanjem doprinosa obnovljive energije do 20% u ukupnoj potrošnji i 20% smanjenja emisije CO<sub>2</sub> u odnosu na vrednosti u 1990. godini. U tome kontekstu, građevinski sektor mora postaviti vrlo ambiciozne ciljeve uštede energije od oko 165 Mtoe (miliona tona ekvivalenta nafte) i doprinosa od 50 Mtoe iz alternativnih izvora do 2020. godine. Da bi se podvukla veličina zadatka, ove vrednosti su ekvivalentne ukupnoj potrošnji energije Španije, Portugalije, Grčke i Irske u 2004. godini. Maja 2010., nova Direktiva o Energetskim Performansama Zgrada (EPB) je konačno usvojena kao DIREKTIVA 2010/31/EU. Ona se odnosi na poboljšanje nacionalnih regulativa o energetskej efikasnosti novih i renoviranih zgrada, sa vrlo ambicioznim standardima i obavezujućim ciljevima. Ona sadrži okvir za nacionalne zahteve koji se odnose na grejanje/hladjenje i ventilacione sisteme. Jula 2012., nova direktiva je objavljena i odnosi se na mnoge elemente uključujući regulaciju sistema zgrada, sa stupanjem na snagu u julu 2013. Do kraja 2020. nove zgrade u EU moraju trošiti energiju "blizu nule".

Sa trenutnim brojem od oko 160 miliona zgrada u EU, poslednja EPB Direktiva se odnosi na adaptaciju postojećih zgrada, uključujući istorijske gradjevine, a u skladu sa klimatskim promenama. Kao i za nove zgrade, opšti trendovi pokazuju sada kretanje ka lakim drvenim ili čeličnim konstrukcijama (sa manjim gubicima na lokaciji i manjom energijom unesenom u materijale), sa globalnim zahtevom za prefabrikovanim kućama i elementima, uz rast od

3.4% godišnje za tržište vredno 51 milijardu € u 2004. godini, samo za kompletne zgrade.

### 3 ZNAČAJ ZA GRADJEVINSKI SEKTOR

Konstruktivni sektor je onaj koji je najviše pogodjen trenutnom krizom, delimično usled mnogih značajnih građevinskih naduvavanja cena, ali takodje i usled kreditne krize finansijskih institucija. Građevinske aktivnosti u EU-27 zapošljavale su oko 14,8 miliona ljudi u 2007 (oko 11,5 % u ne-finansijskoj biznis sferi), ali stvaraju oko 562 milijarde € dodatne vrednosti (9,3% dodatne vrednosti u ne-finansijskoj biznis ekonomiji). Svaki zaposlenik u EU-27 građevinskom sektoru stvorio je u proseku 38.000 € dodatne vrednosti u 2007. godini. Ali, kako pokazuju statistike (EuroConstruct), trenutna industrijska recesija će biti najizazovnija u poslednjim decenijama. Građevinska proizvodnja je pala -8,8% u 2009, a slično se očekuje i nadalje. Do kraja ove godine građevinska industrija će biti u recesiji punih pet godina. Prema statistikama (Eurostat), većina građevinskih preduzeća obslužuje lokalno tržište i posledično, građevinski sektor je karakterističan po velikom broju MSPa sa relativno malo velikih. Mikro i mala preduzeća (sa manje od 50 zaposlenih) zajedno zapošljavaju 72,1 % radne snage u građevinskom sektoru u EU-27 (podatak za 2006. godinu), mnogo veći udeo nego prosek (50,2%, 2005.) u ne-finansijskoj sferi biznisa. Ova preduzeća takodje obezbeđuju oko dve trećine dodate vrednosti (64,7%) od sektorske dodate vrednosti u 2006., u poredjenju sa dve petine (39,8%, 2005.) ukupno u ne-finansijskom sektoru. Pad u građevinskim aktivnostima ima nezaobilazni uticaj na broj zaposlenih. Broj zaposlenih u EU-27 u građevinarstvu je oštro opao (-8,8%) između prvog kvartala 2008. i drugog kvartala 2009. Takodje nezaobilazno MSP trpe usled navedenih okolnosti, sa većim kritičnim kreditnim pragom za podršku i manjim mogućnostima za brz oporavak.



Slika 3: Trend u građevinskoj industriji

Medjutim, čak i sa sporijim tempom, građevinske aktivnosti nastavljaju da budu potrebne i nužne i tokom depresije, tako da će onim oslabljenim MSP, koja su preživela ekonomsku recesiju, biti potrebne dodatne komparativne prednosti radi brzog odziva na oživljavanje EU tržišta (i odziva na dvocifreni rast kineskog i indijskog tržišta) pre nego što drugi zdraviji takmaci to učine, pogotovu kompanije koje pokazuju rane znake oporavka, kao što je US građevinsko tržište. Evropska kriza usporava i oporavak američke privrede usled smanjenog izvoza u Evropu, ali kada građevinske aktivnosti ožive i u Evropi, američke kompanije će biti mnogo spremnije od većine evropskih, posebno u zelenoj gradnji. Skorašnji izveštaj iz Građevinskog fonda McGraw-Hill pokazuje da zelena gradnja u US predstavlja 25 % svih novih građevinskih aktivnosti u 2010. i da je vrednost zelene gradnje porasla više od 50% od 2008. do 2010. – od 42 milijarde \$ na 55 milijardi i 71 milijardu, sa projekcijom rasta za 2015. godinu na 135 milijardi \$. Bez sumnje, značajan deo tog rasta odgovara izvozu od 14% građevinskog materijala iz SAD u Evropu. Posebno, fokusirajući se na segment montažnih prefabrikovanih kuća lake konstrukcije, koje su od drveta ili lakog čelika, i panelizovanih elemenata, treba očekivati u sledećoj deceniji najveći rast u smislu novih rešenja i proizvodnje u čitavom svetu. Unutar ovog segmenta jedna od najvažnijih tema vezanih za energetska efikasnost zgrada je korišćenje odgovarajućih izolacionih materijala, za tople i hladne klimatske uslove (vazдушna klimatizacija se ne smatra više energetska efikasnom alternativom jer troši skoro 15% ukupne energije u Evropi).

Podržana sadašnjim i budućim potrebama, svetska potrošnja izolacionih materijala se povećava 3,8% godišnje počev od 2012. Održavajući trend u poslednjoj dekadi, penasta plastična izolacija će se koristiti u najvećem delu ukupnih zahteva. Ekonomska ekspanzija u zemljama u razvoju u Aziji će povećati potražnju, posebno za penastom plastikom, kako u građevinskim konstrukcijama, tako u potrebama pukućstva. Očekuje se da se izolacija fiberglasom proširi i izvan Severne Amerike (uglavnom na Evropu, Aziju i BRIC zemlje), dok će mineralna vuna smanjiti svoje učešće usled konkurencije staklene vune. Ostali fiber alternativni materijali su najčešće napravljeni od recikliranih materijala, kao što su netkani tehnički izolatori, otaće pomoćni produkti, ukoliko ne obezbede i unaprede svoje performanse.

Povećana potreba za tehnologijama koje podržavaju uštedu energije je doprinela obnavljanju

istraživanja u oblasti termičkih materijala koji mogu aktivno kontrolisati varijacije termičkog fluksa okoline – materijali koji menjaju agregatno stanje (Phase Change Materials - PCM). Očekuje se da se globalno tržište PCM materijala poveća sa 300,8 miliona \$ u 2009. na 1.488,1 miliona u 2015. godini, sa procenjenim rastom od 31,7% od 2010. do 2015. (CAGR - Compound Annual Growth Rate). PCM materijali bazirani na parafinima zauzimaju najveći deo tržišta u smislu vrednosti, dok materijali bazirani na hidratima soli su najviše rasprostranjeni u smislu količine.

Primena PCM materijala u građevinarstvu trenutno čini najveću oblast primene usled globalno povećanih zahteva za kontrolu unutrašnje temperature u zgradama.

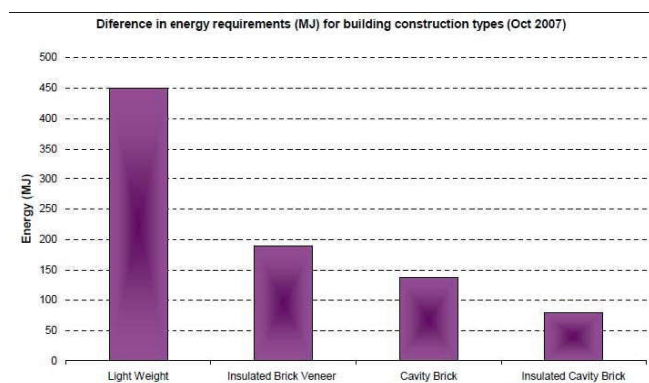
EU kompanije su vrlo sporo započele da se bave novim zahtevima tržišta orijentisanim ka energetska efikasnosti, ali poglavito preuzimanjem inovativnih rešenja razvijenih izvan Evrope (najviše u SAD), posebno u oblasti termičke izolacije (energetska efikasnost), što ima za rezultat gubitak konkurentnosti EU. Od 14 ključnih industrijskih (tehnoloških) inovacija iz oblasti građevinskih materijala, 7 su razvijene u američkim institucijama, a samo 3 u EU. Od njih, 7 su termički ili akustički izolatori (1 baziran na PCM, 1 na glini, 1 na ugljeničnim nano-vlaknima, 1 EPS, 1 EPS penasti termički izolator, 1 aerogel termički i akustički izolator, 1 PU - poliuretanski akustički panel), od kojih je samo 1 ima Evropski brend (BASF AG).

Evropske kompanije, u tom rastućem sektoru inovacija u građevinarstvu, treba da reaguju brzo na ovu situaciju i razvijaju zaštićena inovativna rešenja, da bi ostale inovativne. Posebno, zahtevi za veću energetska efikasnost za zgrade su identifikovani kao primarni pokretač u industriji građevinskih materijala. StorePET će obezbediti ovaj sektor, posebno MSP, izvanrednim konkurentnim sredstvom za oporavak i oblikovanje građevinskog sektora u bliskoj budućnosti.

#### 4 TEHNIČKI PROBLEM

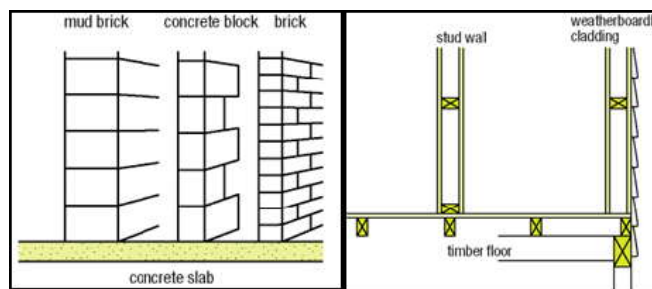
Lake konstrukcije predstavljaju ekonomičnu alternativu tradicionalnim građevinama, uz nedostatak da im je potrebna velika termička potrošnja da bi održale unutrašnje komforne uslove, pošto nisu u mogućnosti da uspore brze promene spoljašnje temperature. U poredjenju sa građevinama od težeg materijala, procenjuje se da za održavanje komfornog temperaturnog opsega od 18-24°C laki materijali koriste između 2 i 3 puta više energije za

grejanje i hlađenje nego što je potrebno građevinama od masivnog materijala. Upoređujući dva tipa konstrukcija, studije su pokazale da masivne konstrukcije mogu lakše umanjiti efekte mogućeg scenarija klimatskih promena održavanjem niže unutrašnje temperature u odnosu na lake konstrukcije za veći period vremena, sa vršnim temperaturama nižim za 4.5°C.

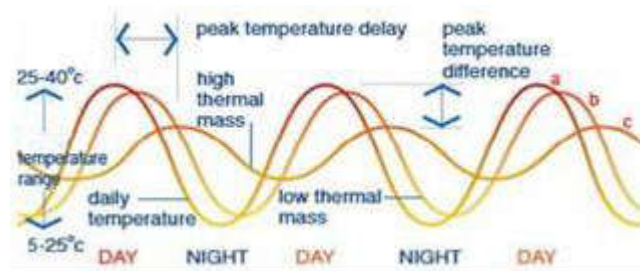


**Slika 4: Energetski zahtevi za konstrukcije od različitog materijala**

Druge studije su pokazale da razlika između vršnih temperatura obeju konstrukcija može da dostigne 8° C, a da se može utvrditi kašnjenje vršne temperature do 6 sati, uz to da su kašnjenje i amplituda kompleksne funkcije termičke provodljivosti zida i različitih specifičnih lokalnih termičkih gradijenata oko površine zida. Uzrok ove velike razlike leži u različitoj termičkoj masi ova dva tipa konstrukcija. Na primer, u slučaju stambenih zgrada, toplotni kapacitet i termička masa mogu značajno varirati, od 55kJ/m<sup>2</sup>K za laku drvenu konstrukciju do 500kJ/m<sup>2</sup>K za tvrdu zidanu zgradu. Dakle, termička masa može biti vrlo korisna za održavanje unutrašnjeg termičkog komfora. Lake konstrukcije imaju „brz termički odziv” i zagrevaju se i hlade u kraćem vremenskom periodu nego masivne zgrade koje imaju „spori odziv”, što je dato na sl. 5.



**Slika 5: Materijali sa velikom (levo) i malom (desno) termičkom masom**



**Slika 6: Fluktuacije dnevne temperature**

Termička masa je najefektivnija u mestima i sezonama sa velikim dnevnim temperaturnim promenama ispod i iznad balansne temperature zgrade (Balance point temperature – BPT – spoljašnja temperatura ispod koje je potrebno grejanje zgrade pošto su unutrašnji toplotni dobitci manji od toplotnih gubitaka kroz omotač zgrade i ventilaciju). U ovim slučajevima dodatna energija se štedi izbegavanjem značajnog zračenja toplotnog fluksa kroz omotač u oba pravca. Često se koristi veće tokom leta i jeseni, kada se dešavaju fluktuacije ispod i iznad komfornog temperature. Međutim, isti koncept se teoretski može koristiti da bi se ublažio toplotni fluks pod ekstremno hladnim ili ekstremno toplim uslovima, kada su nivoi spoljašnje temperature prilično iznad ili ispod komfornog temperature.

Kada spoljašnje temperature dostignu vrh u leto, unutrašnjost zgrade ostaje hladna jer je penetracija toplote kroz masivni zid (toplotna masa) odložena. Ukoliko bi se tokom dana akumulirana toplota mogla selektivno evakuisati tokom noći napolje, efekat termičke mase bi bio vrlo sličan izolatoru visokih performansi.

U hladnim periodima, kada je predviđeno intenzivno grejanje, termička masa se može koristiti za efikasno sakupljanje i akumulira solarnu energiju i akumulira unutrašnji višak toplote tokom dana i selektivno je vraća unutra.

Zgrade koje koriste električno grejanje/hlađenje mogu istovremeno koristiti jeftinu tarifu kao dnevni period akumuliranja. Rezultat će biti ušteda energije i dodatno smanjenje računa za električnu energiju.

Novi evropski državni propisi se sve više bave energetskom efikasnošću postojećih i budućih zgrada i konačno se orijentišu ka termalnom kapacitetu kao ključnom elementu. Na primer, novi propisi gradnje u Engleskoj (UK's Building Regulations), koji se primenjuju od 1. oktobra 2010. godine definišu da termički kapacitet svih unutrašnjih i spoljašnjih konstruktivnih elemenata moraju da igraju odlučujuću ulogu i koriste se da redukuju potrebe za grejanjem i hlađenjem. Nadalje, neće biti dovoljno da se uzima u

obzir opšti koeficijent provodjenja toplote (U-vrednost) elemenata zgrade (stepen izolacije), već takodje njihov odgovarajući efektivni termički kapacitet po jedinici površine, koeficijent termalne mase (Thermal Mass Parameter (TMP)).

U principu, visoko izolovane konstrukcije ne mogu efikasno nadoknaditi nedostatak termalne mase. Termalna masa akumulira i zrači toplotu, dok izolacija zaustavlja prolaz toplote u i iz zgrade. Velika termalna masa generalno nije dobra termička izolacija i najbolji termički izolator skoro da nema termalnu masu. Dakle, u ekstremno toplim klimatskim uslovima, jedini način da se održi komforna unutrašnja temperatura unutar zgrade od lakog materijala u letnjim danima bez instalisanje klimatizacije je da se na neki način poveća termalna masa. To se može učiniti na tradicionalan način masivnim materijalom, ili primenom latentnog materijala sa termalnim kapacitetom u konstrukciji.

Do danas je jedino rešenje bilo da se kombinuje više različitih materijala za postizanje maksimalnih performansi. Dok je kod masivnih zgrada to relativno lako postići, zahtev za termalnom masom kod lakih konstrukcija (koje skoro isključivo zavise od izolacije) se vidi kao borba koju treba urgentno dobiti da bi se ostalo konkurentnim u dolazećim godinama. Iako je bilo priličnih investicija u istraživanje (najviše u SAD), svetsko građevinsko tržište još čeka na ekonomične proizvode koji mogu efikasno kombinovati najbolje osobine oba materijala (termička izolacija i termalna kapacitivnost), ne zaboravljajući akustičku izolaciju u jednom, lako dostupnom i jednostavno funkcionalnom materijalu.



Slika 7. Uporedni termički kapaciteti različitih materijala

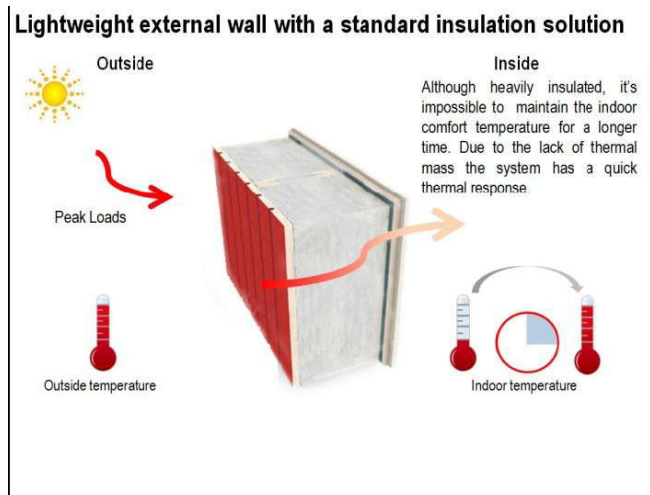
Glavni cilj je razvoj novog, termalno poboljšanog fibroznog izolacionog materijala korišćenjem materijala sa promenom agregatnog stanja (PCM). PCM materijali su substance koje troše dosta toplote na topljenje (veliki latentni toplotni kapacitet), tako da se pri topljenju i očvršćavanju na određenoj temperaturi **akumulira i oslobadja velika količina energije**. Toplota se absorbuje ili oslobadja pri promeni agregatnog stanja iz čvrstog u tečno i obrnuto. PCM materijali su bili korišćeni godinama kao komponente termalne mase sa izvesnim stepenom

efektivnosti radi povećanja energetske performansi zgrada. Danas postoji više komercijalnih PCM proizvoda raspoloživih na tržištu, ili u obliku jedinstvenog materijala ili u obliku integrisanih proizvoda koji se stavljaju na unutrašnje površine zidova, plafona ili podova (kao što su PCM integrisane gipsane ploče, beton, malter, itd.). Ovi proizvodi se generalno koriste da redukuju variranje (dan/noć) unutrašnje temperature, uslovljeno poglavito dnevnim osunčavanjem kroz staklene površine, tako što autonomno akumuliraju toplotu tokom dana i oslobadjaju je nazad tokom noći, obezbeđujući dodatni izvor toplote radi održanja unutrašnjeg komfora. Da bi se razumele mogućnosti primene PCM tehnologije u uštedama energije, proučavanja su pokazala da površina od približno 120 m<sup>2</sup> uz korišćenje poboljšanog maltera sa mikroenkapsuliranim (tanki polimerski kontejner) PCM parafinskim voskom (sa maksimalnim toplotnim kapacitetom od 110 J/g), može akumulirati oko 40.000 kJ, što odgovara manje-više 11 kWh. Ova energetska potrošnja je ekvivalentna rashladnim performansama jednog klima-uredjaja sa snagom od 4 kW, koji se koristi punim kapacitetom 1 sat dnevno. Za predviđen radni proces PCM materijala od 5 sati dnevno tokom 10 nedelja vrlo toplog vremena u godini, postigao bi se isti efekat kao i rad klima uredjaja 300 sati, čemu odgovara srednja ušteda od 228 €/god., uzimajući u obzir i investiciju u opremu. Medjutim, nijedan od današnjih građevinskih materijala sa inkorporisanim PCM materijalom nije projektovan tako da služi kao blokada toplotnog zračenja kroz omotač zgrade (spoljni zidovi i krov), ili kao zvučni izolator. StorePET projekt namerava da popuni taj prostor na tržištu i da deluje različito od bilo kog drugog raspoloživog PCM materijala, koristeći tehnologiju PCM ugrađenih vlakana da bi nadmašio prednosti konvencionalnih vlaknastih izolatora, posebno u odnosu na velike temperaturne promene u stambenim potkrovljima ili u spoljnim zidnim površinama konstrukcija od lakih materijala.

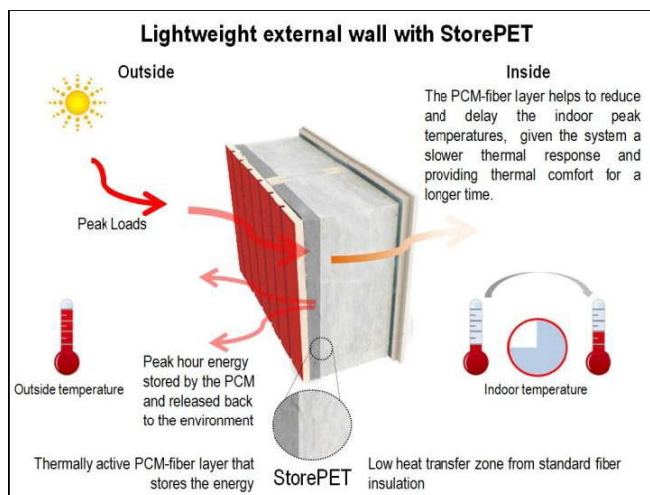
## 5 KONCEPT PROJEKTA

Koncept projekta je baziran na činjenici da se razmena toplote unutra/spolja (koja igra značajnu ulogu u termičkom opterećenju hladjenja i grejanja lakih građevinskih konstrukcija) može potencijalno kontrolisati pomoću novih vlaknastih izolatora koji imaju aktivni termički akumulacioni kapacitet. Tokom dana, kada rastu temperature, vršno opterećenje može biti znatno absorbovano pomoću izolacionog sloja poboljšanog PCM materijalom, da bi bilo docnije

polako vraćeno u okolinu (tokom noći, kada spoljna temperatura opadne), bez uticaja na unutrašnji energetski bilans zgrade, pošto je potpomognuto standardnim izolacionim slojem. Ovaj pristup će obezbediti mnogo sporiji odziv omotača zgrade na dnevne fluktuacije temperature, pomažući održanje unutrašnje temperature u konformnom opsegu i tako izbegavajući potrebu za dodatnu potrošnju energije da bi se to postiglo. Efektivni nivo unutrašnjeg komfora biće takodje garantovan izuzetnim osobinama materijala, kada se redukuje spoljašnja buka uz superiorne performanse u kontroli rezonancije zvuka u otvorima konstrukcije.



*Slika 8. Spoljni zid lake konstrukcije sa standardnim rešenjem izolacije*

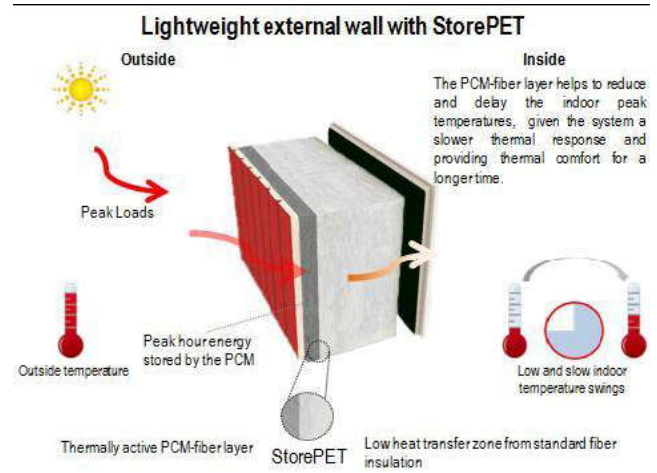


*Slika 9. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom*

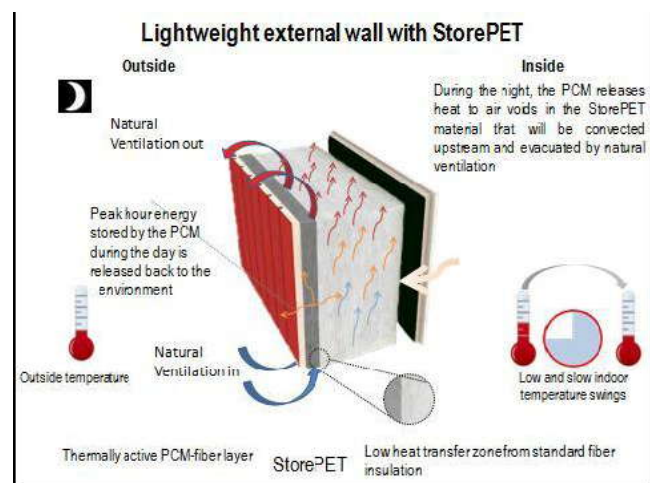
Sa gledišta projektovanja energetske efikasnosti, dodata vrednost PCM materijala je njena izuzetna

osobina (pored termičke otpornosti) da redukuje potrošnju energije zgrade. Gornja skica

Pokazuje kako rešenje sa StorePET materijalom značajno redukuje unutrašnju fluktuaciju temperature, a time i potrebnu potrošnju za grejanje/hladjenje, da bi se temperatura držala konstantom, u scenariju visoke fluktuacije spoljašnje temperature. Isto konceptualno rešenje koje se primenjuje na ekstremno visoke ili niske temperature zahtevalo bi različite proizvode (Temperatura topljenja PCM materijala, relativna koncentracija i distribucija duž poprečnog preseka bila bi različita), kao što bi se prilično razlikovali i instalirani slojevi (postavljanje materijala, ventilacioni sistemi). Možda je najznačajnija razlika u pogodnosti dodatnog ventilacionog sistema da bi se u potpunosti iskoristila prednost termičke inercije PCM materijala.



*Slika 10. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom tokom dana*



*Slika 11. Spoljni zid lake konstrukcije sa StorePET izolacijom tokom noći*

Gornje slike bi trebalo da ilustruju scenario ekstremno visokih temperatura. Tokom dana, PCM deluje kao termička prepreka i samo deo toplote dospeva u unutrašnjost, dok je ostatak akumuliran u PCM sloju. Kada temperatura tokom noći opada (ali još uvek iznad konformne temperature), sloj greje okolni vazduh. Ukoliko je ventilacija dobra, prirodna konvekcija tera vazduh naviše, a zatim napolje, hladeći PCM i sprečavajući da akumulirana toplota prodre u zgradu. Pogodna konstrukcija panela koja omogućava protok vazduha u ravni fasade i sprečava normalno strujanje, pojačaće bočno strujanje za ravnomerno hladjenje i vertikalno strujanje za izbacivanje vazduha. Projektovanje i proizvodnja takve konstrukcije koristeći pristup pomoću više slojeva i druge alternative biće važan zadatak u razvoju netkanih panela.

Iako pogodniji za topla klimatska područja, projektovanjem sastava sa materijalima različitih temperatura topljenja i različitim instaliranim slojevima, StorePET će biti sposoban da odgovori širokom spektru klimatskih područja. To će mu doneti jedinstvenu i neprevazidljivu prilagodljivost medju ostalim izolacionim materijalima. Ne računajući projektovanje za različite temperaturne zone i sezone, proizvod će funkcionisati kao i normalni vlaknasti izolacioni materijal, zadržavajući sve ostale termalne i akustičke karakteristike nepromenjene.

## 6 NAUČNI, EKONOMSKI I SOCIJALNI CILJEVI PROJEKTA

Glavni cilj projekta StorePET je da razvije novi netkani tehnički izolacioni proizvod koji integriše osobine materijala sa promenom agregatnog stanja za akumuliranje toplote.

Održavajući superiorni nivo termičke i zvučne izolacije koji su zajednički za vlaknaste materijale, StorePET će biti specijalno projektovan za lake konstrukcije i konstrukcije sa omotačem malog termičkog kapaciteta, kao i za bilo koje stambene/poslovne/upravne nove ili rekonstruisane zgrade, sa potrebama za dodatnom izolacijom i toplotnim kapacitetom.

Iako se očekuje da bude efikasniji na mestima i u sezonama sa velikim dnevnim promenama temperature, kada je moguće da se potpuno iskoriste prednosti karakteristika, ovaj novi proizvod se može koristiti kao standardni izolacioni materijal za bilo koju klimatsku zonu, kao i da bude siguran izbor protiv globalnog zagrevanja. Da bi se obezbedilo praćenje projekta definisani su jasni ciljevi koji su kvantifikovani, merljivi i nadgledani tokom izvršenja

projektnih radnih paketa (working packages), uz neprekidnu procenu na bazi odgovarajućih izveštaja o izvršenju zadataka.

### 6.1 NAUČNI CILJEVI

Naučni ciljevi projekta su sledeći:

- Postići jasno i detaljno razumevanje sistema lake gradnje koja je trenutno raspoloživa, njihove tehničke zahteve i najčešće primenjivane materijale za termičku i zvučnu izolaciju, njihove standarde i propisa o gradnji koji se odnose na najnovije zahteve za energetska efikasnost,
- Jasno definisati teorijske principe vezane za termičku provodnost, termički kapacitet, karakteristike provodljivosti PCM vlaknastih kompozitnih materijala, kao i osnovna pravila za zvučnu absorpciju i izolaciju,
- Jasno identifikovati najbolje tehničke karakteristike vlakana, kao i koji PCM materijali su najpogodniji za primenu, na osnovu njihovih termodinamičkih, hemijskih i fizičkih osobina, troškove proizvodnje, tehnološke zahteve za proizvodnju (integraciju) netkanih PCM vlakana, kao i ciljeve u konačnoj upotrebi.

### 6.2 TEHNOLOŠKI CILJEVI

- Razviti dizajn proizvoda i tehnologiju za proizvodnju izradom novih prototipa linijskih sistema za PCM integrisana vlakna, kao i probnu proizvodnju,
- Usavršiti proizvodnju StorePET materijala sa ciljem da se kombinuju najbolje tehničke osobine sa najmanje utrošenom energijom potrebnom za proizvodnju, koristeći najbolje kost-efektivne sirovine sa najviše sadržaja recikliranih materijala i proizvodnim linijama sa najmanjom potrošnjom energije,
- Definisati aktivne ventilacione sisteme koji bi trebalo da prate montiranje StorePET izolatora, u područjima ekstremnih apsolutnih temperatura, ali sa malim fluktuacijama,
- Razviti softver za ocenu toplotnih i akustičkih karakteristika sa ciljem da se projektuje optimalni StorePET proizvod za određeni tip instalacije i odgovarajuće parametre i promenljive. On treba da razvije jednostavan interfejs za profesionalce koji nisu visoko kvalifikovani za korišćenje sofisticiranih



alatki za simulaciju, koji će se bazirati na modeliranju koristeći metod konačnih elemenata (MKE, FEM), karakteristikama sirovog materijala, projektovanje izolacionih slojeva i klimatske karakteristike za najobećavajuća tržišta.

### 6.3 Tehnički ciljevi proizvoda

- Postići na laboratorijskom nivou, koristeći validni test (izolovana vruća kutija), smanjenje protoka toplote od oko 40% sa novim PCM-vlaknastim materijalom, u poredjenju sa istim vlaknastim materijalom proizvedenim bez PCM sadržaja, pod istim uslovima,
- Pokazati pomoću terenskog testa veliko i značajno smanjenje opterećenja za hladjenje tokom sezone proleće-letno. Ispunjenje ovog cilja biće u zavisnosti od lokacije ovih testova. Za mesta sa većom dnevnom temperaturnom fluktuacijom tokom tople sezone, vrhunska dnevna redukcija opterećenja više od 20% i redukcija tokom hladjenja do 40% se može očekivati (što predstavlja realnu uštedu energije), u poredjenju sa običnim vlaknastim izolacionim materijalima (mineralna vuna, staklena vuna, itd.),
- Obezbediti termičku provodnost  $K$  ( $W/(mK)$ ) ne veću od 0,04, a po mogućstvu i ispod te vrednosti,
- Postići termičku otpornost - RSI vrednost ( $m^2K/W$ ) ne manju od 2,5 za nominalnu debljinu izolatora od 100mm,
- Postići zvučnu izolaciju ( $R_w$ ) ne manju od 55dB za StorePET, kada je postavljen između delova zida načinjenih od dvostrukog zidnog panela, sa razmakom od 6cm,
- Garantovati sve ostale tehničke zahteve radi usaglašavanja sa nacionalnim i lokalnim norama gradnje i normi za svako potencijalno tržište. Specijalnu pažnju obratiti na otpornost na vlagu i požar, ovo poslednje u saglasnosti sa Evropskom klasifikacijom požara tako da nije manja od Klase Bs2d0.

### 6.4 EKONOMSKI CILJEVI

Postići značajne energetske uštede pomoću redukcije potreba za vazdušnom klimatizacijom u vezi sa razmenom toplote zidovi/krovovi i kontrolisanom i uravnoteženom cenom za novi proizvod, sa ciljem da

vreme isplativosti bude prihvatljivo za krajnje korisnike, s obzirom na mogućnosti uštede energije (u roku od najviše 5 godina).

### 6.5 SOCIJALNI CILJEVI

- Povećati korisničko (projektanti i vlasnici zgrada) znanje i prihvatanje ovog novog termički usavršenog izolacionog proizvoda,
- Pokazati tržišne potrebe za novi građevinski izolacioni materijal kao što je StorePET,
- Zaštititi /povećati zaposlenost u odgovarajućim kompanijama, od sirovina i proizvođača netkanih materijala do PCM snabdevača, do čitavog trgovačkog lanca u građevinarstvu,
- Povećati nivo unutrašnjeg komfora građana i smanjiti zdravstvene probleme povezane sa termičkom i zvučnom izolacijom,
- Doprineti smanjenju globalne  $CO_2$  emisije ujedinjenjem napora za efektivno smanjenje potrošnje energije zgrada.

## 7 DISEMINACIJA REZULTATA PROJEKTA

Diseminacione aktivnosti će biti sprovedene na svim značajnim tačkama u toku izvršavanja projekta i razmatrana na Odboru projekta (Project Board) u svakoj kontrolnoj tački projekta (milestone). Predviđeno je da se koristi niz diseminacionih sredstava za informisanje o projektu počev od obaveštavanja javnosti do potencijalnih investitora i glavnih zainteresovanih.

To uključuje EU web sajtove i informacione publikacije, vrhunski referisane naučne časopise i opšte medijske publikacije za diseminacijom među širom publikom. Da bi se tržište pripremlilo za StorePET rešenje, biće razvijena logična strategija diseminacije što će biti realizovano poglavito u završnoj godini rada na projektu.

Nosilac aktivnosti diseminacije i obuke biće firma TECNIBERIA. Ona će biti odgovorna za pripremu i koordinaciju plana diseminacije. Ovaj plan će pokrivati tri glavne aktivnosti: interna diseminacija postignutih rezultata istraživanja, izrada materijala za obuku i obaveštavanje šire javnosti putem odgovarajućih diseminacionih aktivnosti. U cilju uspešne realizacije ovog plana, biće urađjen model eksploatacije i diseminacije, sa sledećim aktivnostima: 1. Konkuranje za **Evropski/Svetski** patent za StorePET inovaciju. Tehnički sadržaj aplikacije biće urađjen od strane Istraživačko-razvojnih organizacija

(RTD-Research and Technical Development) da bi se osigurala tehnološka ispravnost patenta. .

2. **Komercijalna saglasnost (ugovor)** biće pripremljena i potpisana pre završetka projekta. Cilj ovog ugovora je da se zaštite prava i minuli rad partnera.

3. **Ocena potreba Evropskih i svetskih tržišta** da bi se kreirala najbolja marketinška strategija radi lociranja komercijalnih napora inicijalno na regione sa najvećim potraživanjima.

4. Studija **karakterizacije troškova proizvoda** će biti realizovana. Ova će studija analizirati, na osnovu kvantitativne i kvalitativne ocene potencijalnih tržišta, odgovarajuće dodatne troškove proizvodnje.

5. **Javni pristup rezultatima StorePET** projekta biće realizovan diseminacijom u građevinskom sektoru. Način diseminacije ovog znanja biće koristeći publikovanje u časopisima većeg naučnog uticaja, predloženih od naučno-istraživačkih tela po konsultovanju Konzorcijuma projekta.

6. **Web portal** će biti korišćen kao kontaktna tačka za razmenu informacija između partnera na projektu (u ovom slučaju to je Dropbox). Web sajt će biti ažuriran svaka 3 meseca.

7. **Konferencije:** Istraživačko-razvojne organizacije će učestvovati na naučnim konferencijama i kongresima radi predstavljanja rezultata koji se postignu u radu i proglase da se mogu publikovati od Eksploatacionog odbora i po odobrenju Odbora projekta.

8. **Obuka:** Preuzimanje rezultata od strane glavnih korisnika (IAG), njihovih članova i ostalih malih i srednjih preduzeća (SME- Small and Medium Enterprises) u konzorcijumu biće obezbedjeno uglavnom u poslednjoj fazi projekta, uz pomoć Istraživačko-razvojnih organizacija. Tokom projekta biće izradjen plan obuke na seminarima uz prezentaciju dokumentacije korišćene u projektu.

9. **Multimedijalni materijali (video materijali, wikipages, itd.)** biće uradjeni kao potvrda koncepta razvoja i kao mediji koji se publikuju kao ispunjenje ciljeva StorePET ciljeva.

10. **Učešće na sajmovima u sektoru energije, posebno gradjevinarstva.** Trgovinske prezentacije, izložbe, sajmovi kao BAU (Minhen), CONSTRUMAT (Barselona, Španija), CONCRETA (Lisabon, Portugal). Diseminacija i komercijalizacija nove tehnologije krajnjim korisnicima biće realizovana i prezentacijama na drugim međunarodnim sajmovima.

## LITERATURA

- [1] EN 15459 : *Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.*
- [2] EN ISO 15686-5 : *Buildings and constructed assets – Service life planning - Part 5: Life cycle costing.*
- [3] EN ISO 15686-9 : *Buildings and constructed assets – Part 8 Reference service life and service life information.*
- [4] *Sustainability and property valuation: a risk-based approach.* Meins, Wallbaum et al. (2010). Building Research & Information 2010, 38(3), 281-301.
- [5] *Upgrading the flexibility of buildings,* Rob P. Geraedts, CIB World Congress, April 2001.
- [6] Recommendation SIA 112/1, 2004: Sustainable Building –Building Construction; Swiss Society of Engineers and Architects.
- [7] Six steps resulting in a flexibility index of the building. Source: LEnSE: Methodology Development towards a Label for Environmental, Social, and Economic Buildings, Indicator: Increase Ease of Building Adaptability.



*"In today's economy, firms that specialize in green [buildings] or serve this market are seeing a tremendous advantage — and they're doing good at the same time. Green building leads to healthier places for us to live and work in, lower energy and water use, and better profitability". Harvey M. Bernstein, vice president of Global Thought Leadership and Business Development, McGraw-Hill Construction*

