

ZBORNIK

9. DNEVA INŽENIRJEV

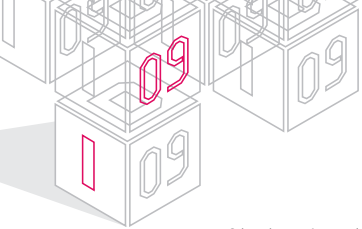
Energetsko
učinkovita gradnja



ZBORNIK

9. DNEVA INŽENIRJEV

Energetsko
učinkovita gradnja

**Strokovni svet:**

mag. Črtomir Remec

dr. Branko Zadnik

Ivan Leban

Andrej Povšič

dr. Željko Vukelič

Matej Kovačič

Jožef Studenčnik

Glavni in odgovorni urednik:

dr. Željko Vukelič

Tehnična ureditev:

Petra Kavčič in Polona Okretič

AD&D:

Kraft&Werk d.o.o.

Tisk:

Epid d.o.o., Ljubljana

Maribor, oktober 2009

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

624(082)

697(082)

DAN inženirjev (9 ; 2009 ; Maribor)

Energetsko učinkovita gradnja : zbornik 9. dneva inženirjev /
[glavni urednik Željko Vukelič]. - Ljubljana : Inženirska zbornica
Slovenije - IZS, 2009

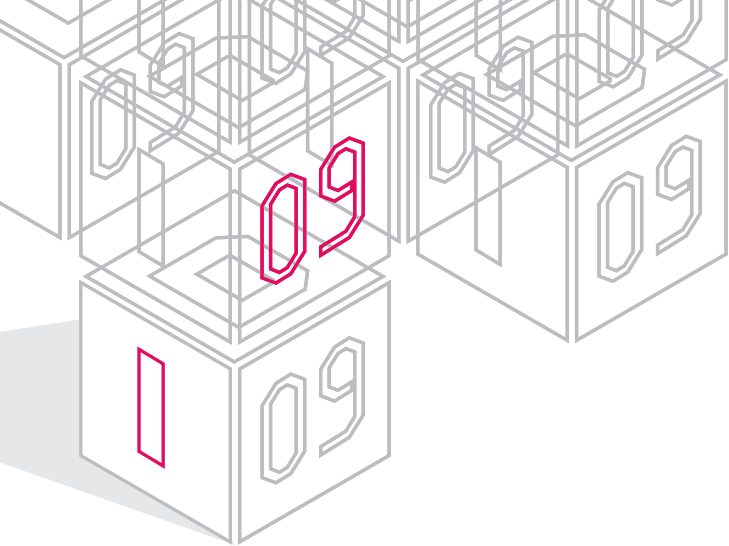
ISBN 978-961-6724-04-3

1. Gl. stv. nasl. 2. Vukelič, Željko

247736064

Kazalo

- 5 **Predsednik IZS: mag. Črtomir REMEC**
Uvodna beseda
- 7 **prof.dr. Ivan ROZMAN**
Vloga Univerze v Mariboru pri doseganju ciljev podnebno energetskega paketa v Sloveniji
- 9 **dr. Marjana ŠIJANEC ZAVRL**
Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.
Vloga energetske učinkovitosti ovojja
- 17 **Miha ERKLAVEC**
SILON d.o.o.
Integriran sistem za vodenje in upravljanje stavb z vidika evropske direktive za učinkovito rabo energije v stavbah
- 25 **Bojan GROBOVŠEK**
PRO-SVET, projektiranje in svetovanje Bojan Grobovšek s.p.
Energetski svetovalec v projektu ENSVET
Do katere meje je energijsko varčna gradnja še smiselna?
- 31 **dr. Ivan JERMAN, dr. Angela ŠURCA VUK, dr. Lidija SLEMENIK PERŠE in prof.dr. Boris OREL**
Kemijski inštitut Ljubljana Slovenija
Razvoj materialov po postopkih sol-gel ter njihova uporaba v sistemih za izkoriščanje nekonvencionalnih virov energije
- 39 **Marijan KRALJIČ**
Nafta - Geoterm d.o.o.
dr. Željko VUKELIČ
Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Lendava – prvo geotermalno mesto v Sloveniji
- 49 **Jure GNILŠEK**
Geodetski zavod Celje d.o.o.
Matjaž GRILC
DIGI DATA d.o.o.
Prostorski podatki kot podpora energetske učinkoviti gradnji



Uvodna beseda

INTRODUCTION



Inženirska zbornica si še naprej prizadeva za dvigovanje gradbene kulture, zato nadaljuje z obravnavanjem aktualne problematike vezane na bistvene zahteve za kakovostno graditev. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote je za vsako stavbo izredno pomembno. Če želimo bistveno zmanjšati porabo energije in povečati delež obnovljivih virov, so stavbe z več kot 40%

deležem skupne porabe energije velik izziv in priložnost.

Gradbena zakonodaja, podzakonski akti in pravilniki so daleč od tistega, kar bi si stroka in ostali uporabniki želeli, vendar glede na vedno večjo gospodarsko in socialno krizo ni pričakovati hitrega in učinkovitega ukrepanja politike. Zato je edina možnost, da se ozavešeni investitorji in projektanti sami lotimo uvajanja dobrih gradbenih praks. Odlične zgledе imamo že v sosednji Avstriji s pasivnimi ter v Švici z minimalnimi energetskimi standardi gradnje hiš.

Seveda pa ima vsaka država svojo specifiko in direktno kopiranje ne bi bilo smiselno in učinkovito. Upoštevati je potrebno dejansko stanje gradbene stroke in industrije ter možnosti financiranja in subvencij, pomembne pa so tudi ciljno usmerjene aktivnosti gospodarskih in poklicnih organizacij. S tem namenom je bil pred kratkim na pobudo inženirske (IZS) in gospodarske (GZS) zbornice Slovenije ustanovljen Strateški svet za politiko graditve in urejanje prostora.

Letošnji 9. Dan inženirjev v Mariboru je priložnost, da vsaka stroka vključena v IZS z enim tipičnim primerom prikaže svoj prispevek k energetsko varčni gradnji. Tako bo predstavljena vloga energetsko učinkovitega stavbnega ovoja, integriran sistem za vodenje in upravljanje stavb, analiza različnih pristopov energijsko varčne gradnje, razvoj energijsko učinkovitih gradbenih materialov, primer prvega geotermalnega mesta v Sloveniji in geodetska podpora s prostorskimi podatki.

Drage kolegice in kolegi, želim vam, da bi vam tudi letošnji inženirski dan prinesel veliko novih znanj, izmenjav izkušenj med kolegi, aktualnih strokovnih in poslovnih razgovorov, v zaključku pa bo še priložnost za prijetno druženje in sproščen razgovor. Poizkusimo s skupnimi močmi spremeniti vsakdanjo gradbeno prakso in se nehamo izgovarjati na slabo zakonodajo. Energetsko učinkovito lahko gradimo že danes, ne glede na začetek veljavnosti novega pravilnika.

mag. Črtomir REMEC, univ.dipl.inž.grad.
Predsednik Inženirske zbornice Slovenije

The Slovenian Chamber of Engineers endeavours to improve further the culture of construction by addressing a highly topical issue related to essential requirements for the quality construction. Energy economy and heat retention is of the utmost importance for each structure. If we wish to substantially reduce the energy consumption and increase a share of renewable sources, buildings exceeding 40% share of total energy consumption represent a major challenge and opportunity.

The building legislation, implementing regulations and rules are far from what the profession and other consumers would desire, however, due to the increasing economic and social crisis, no rapid and efficient actions of politics can be expected. Consequently, the only possibility for investors and designers who are aware is to undertake the introduction of good construction practices. The excellent examples have been already introduced both by passive house-building standards in the neighbouring Austria and by the minimum energy house-building standards in Switzerland.

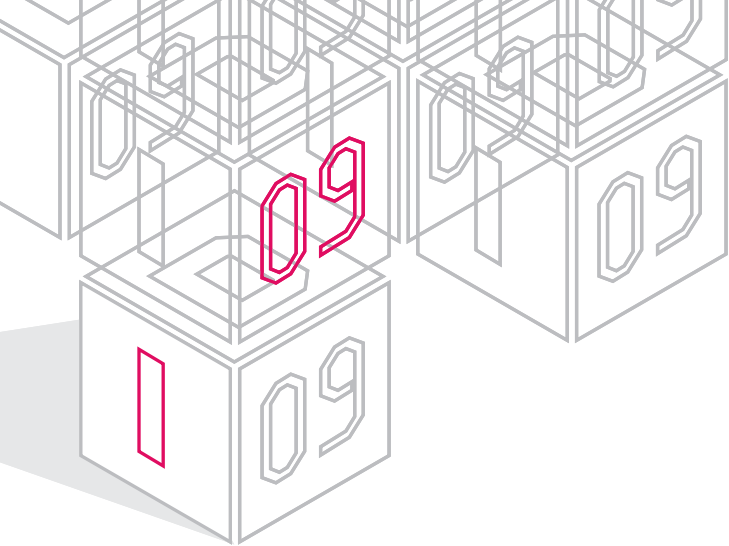
However, each country has its specifics and a direct imitation would be unreasonable and effective. The actual situation in the construction profession and industries including financing possibilities and subventions need to be taken into consideration, but also target-oriented activities of economic and professional organizations are significant. To this end, the Strategic Council for the construction policy and spatial planning has been recently established on the initiative of the Slovenian Chamber of Engineers and the Chamber of Commerce and Industry of Slovenia.

This year's 9th Day of Engineers in Maribor gives an opportunity to each profession included in the Slovenian Chamber of Engineers to present by a typical example its contribution to the energy-saving construction. Thus, the role of energy efficient building wrap, integrated system for administration and management of buildings, analysis of various approaches towards energy-saving construction, development of efficient construction materials, an example of the first geothermal city in Slovenia and surveying support with spatial data.

Dear colleagues, I wish this year's Day of engineers brings you many new knowledge, exchange of experiences among friends, actual professional and business discussions, and, last but not least, the opportunity both for a pleasant social gathering and a relaxed debate.

Let us try to change by joint forces the day-to-day construction practice and stop excusing ourselves and blaming bad laws. We can already carry out energy-saving construction works regardless the entry into force of the new Rules.

mag. Črtomir REMEC, univ.dipl.inž.grad.
President of Slovenian Chamber of Engineers



Vloga Univerze v Mariboru pri doseganju ciljev podnebno energetskega paketa v Sloveniji

prof.dr. Ivan ROZMAN
Rektor Univerze v Mariboru



1. UVOD

S sprejemom svežnja ukrepov EU na področju podnebnih sprememb in energije v letu 2006, s katerimi so bili določeni zdaj že vsem dobro znani cilji s področja zmanjševanja emisij toplogrednih plinov (TGP), povečevanja deleža obnovljivih virov energije (OVE) in povečevanja energetske učinkovitosti (URE) oz. 3-krat 20 do leta 2020, si tako strokovna, kot tudi politična javnost vedno znova postavlja isto vprašanje: "Ali nam bo v Sloveniji do leta 2020 te cilje uspelo doseči in kako?"

Že bežen strokovni pregled različnih analiz, med drugim tudi dolgoročnih energetskih bilanc, kaže na dejstvo, da bomo za Slovenijo določen delež obnovljivih virov dosegli le, če bomo omejili oz. zmanjšali rabo energije. Temeljni ključ do doseganja ciljev podnebno-energetskega paketa v Sloveniji je povečana Energetska učinkovitost. Izhajajoč iz navedenih ugotovitev smo si na Univerzi v Mariboru zastavili pomembno vprašanje: "Kako lahko slovenske univerze prispevamo k realizaciji ciljev EU in Slovenije na področju učinkovite rabe energije?" Iskanje odgovora na to vprašanje nas pripelje do zaključka, da mora univerzitetna in akademsko-raziskovalna sfera prevzeti aktivno vlogo na najmanj treh področjih, ki so pomembni za pripravo in izvedbo kvalitetnih ukrepov za povečano energetsko učinkovitost: raziskovalno-razvojnem, ki ga sestavljajo razvoj novih tehnologij ter razvoj novih pravnih in poslovnih modelov; pedagoškem, ki zagotavlja razvoj ustrezno usposobljenih človeških virov; ter nenazadnje z pospešenim uvajanjem ukrepov učinkovite rabe energije na univerzitetni infrastrukturi, kar lahko služi kot primer dobre prakse tudi za druge javne subjekte.

2. POMEN RAZISKAV ZA DOSEGANJE CILJEV ENERGETSKO-PODNEBNEGA PAKETA

Sveženj ukrepov EU na področju podnebnih sprememb in energije ne sestavljajo samo cilji in pravni okvir ampak tudi velik paket finančnih vzpodbud namenjen v prvi vrsti raziskavam in razvoju novih energetskih tehnologij. Tehnologije, ki bodo prispevale k doseganju ciljev za leto 2020, so danes že na voljo ali pa so na zadnjih stopnjah razvoja. Na splošno ostajajo nizkoogljive tehnologije drage in se soočajo z ovirami pri prodoru na trg. Energetske učinkovite tehnologije imajo visoke predhodne stroške, ki ovirajo uvedbo na trgu. Zato EU uvaja dvotirni pristop: povečuje sredstva za raziskave za zniževanje stroškov in izboljšanje učinkovitosti in na drugi strani uvaja proaktivne ukrepe podpore za oblikovanje poslovnih priložnosti in spodbujanje tržnega razvoja.

V letu 2008 je EU sprejela Evropski strateški načrt za energetsko tehnologijo (SET Načrt), v okviru katerega Evropska komisija financira šest industrijskih raziskovalnih pobud oz. platform, ki se po svojem delovanju precej razlikujejo od ostalih spodbud za raziskave in razvoj, saj so namenjene skupnemu sodelovanju in nastopu industrijskih in raziskovalnih organizacij iz vseh držav članic.

Univerza v Mariboru s svojimi članicami, v prvi vrsti Fakulteto za gradbeništvo, Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Fakulteto za energetiko in Fakulteto za strojništvo ter njihovimi inštituti, ponuja infrastrukturno platformo preko katere se lahko slovenska akademska in industrijska stroka še bolj intenzivno vključita v raziskovalno-razvojne procese, ki tečejo na nivoju EU. Intenzivno povezovanje in sodelovanje v evropskih energetskih platformah omogoča hitrejši prenos novih tehnologij v prakso in v izvajanje konkretnih ukrepov za učinkovito rabo energije.

Zgolj nova spoznanja in tehnologije na področju razvoja novih materialov, tehnoloških procesov in učinkovitih naprav za pretvorbo energije in njeno končno uporabo, niso dovolj za doseganje zastavljenih ciljev. Za hitrejšo uvajanje ukrepov učinkovite rabe energije so potrebne tudi organizacijske inovacije, novi poslovni modeli in ustrezen zakonodajno-pravni okvir. Tudi na tem področju je Univerza v Mariboru naredila korak naprej in želi prispevati svoj delež k oblikovanju ustreznih fiskalnih in regulativnih vladnih politik, ki bodo omogočale hitrejšo uvajanje ukrepov učinkovite rabe energije v javni sektor, industrijo in prebivalstvo.

3. ČLOVEŠKI VIRI – DEJAVNIK ZA DOSEGANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Za hitrejšo uvajanje ukrepov učinkovite rabe energije je in bo potreben ustrezen in usposobljen kader. Ker si želimo, da bi naši diplomanti pridobili vsa ustrezna znanja in sposobnosti, ki so potrebna za produktivno in uspešno delo v realnem sektorju, se zavedamo potrebe po stalnem prenosu znanja, spoznanj in izkušenj iz gospodarstva v sam pedagoški proces. Prenos znanja ni nikoli zgolj enosmeren proces.



Univerza v Mariboru je zelo zgodaj prepoznala kadrovske potrebe na področju energetike in v sodelovanju z energetskim gospodarstvom v letu 2007 ustanovila Fakulteto za energetiko s sedežem v Krškem in enoto v Velenju. Fakulteta za energetiko svojim diplomantom zagotavlja vsa potrebna znanja za tehnološko in ekonomsko obvladovanje vseh procesov pri proizvodnji energije iz klasičnih, obnovljivih in alternativnih virov energije, kot tudi znanja za obvladovanje procesov na področju energetske učinkovitosti.

4. AKTIVNA VLOGA UNIVERZE V MARIBORU ZA DOSEGANJE CILJEV ENERGETSKE UČINKOVITOSTI V SLOVENIJI

Energetska učinkovitost je najboljši vir energije. Vsaka neporabljena kilovatna ura elektrike in vsak neporabljen liter kurilnega olja prispevata k zaščiti podnebja in prihranita denar. Denar, ki ga tudi univerza potrebuje za kvalitetno izvajanje svoje pedagoške in raziskovalne dejavnosti.

Odločili smo se, da aktivno pristopimo k uvajanju ukrepov učinkovite rabe energije v sklopu univerzitetne infrastrukture, prav tako pa razmišljamo o realizaciji našega potenciala na področju pridobivanja energije iz obnovljivih virov.

Z namenom povečanja energetske učinkovitosti univerzitetne infrastrukture in dolgoročnega zniževanja stroškov obratovanja lastnih objektov smo pristopili k projektu celovite energetske sanacije vseh objektov, ki so v lasti Univerze v Mariboru. Za potrebe projekta so bili izdelani razširjeni energetski pregledi, ki predstavljajo osnovo za načrtovanje in izvedbo projekta. Univerza v Mariboru bo celovito energetsko prenovilo objektov, ki vključuje izboljšano energetsko učinkovitost in proizvodnjo energije iz obnovljivih virov izvedla v 15 letih. Sredstva za izvedbo projekta bomo pridobivali iz evropskih, proračunskih in zasebnih virov. V okviru projekta želimo:

- zmanjšati porabo energije z uvedbo in uporabo različnih modelov in metod za zagotavljanje prihrankov,
- zmanjšati stroške vzdrževanja energetske infrastrukture, zaradi česar bo potrebno izvesti posodobitve energetskih sistemov (kotlovnice, ogrevalni sistemi in razsvetljava);
- izvesti menjavo klasičnih virov energije z obnovljivimi viri.

Ti procesi pa ne bodo tekli ločeno od naše temeljne dejavnosti. Proces t.i. energetske prenove Univerze v Mariboru bodo sestavni del našega pedagoškega in raziskovalnega procesa, v katere bodo aktivno vključeni tudi študentje naših fakultet s tem pa bodo pridobili dodatna znanja in izkušnje, ki jim bodo v pomoč na njihovih nadaljnjih kariernih poteh.

Izkušnje dveh energetsko najbolj učinkovitih držav v EU (Nemčija in Danska) ter primeri dobrih praks uvajanja ukrepov učinkovite rabe energije v javnem sektorju, ki smo jih imeli priložnost preučiti, so nas vodili v razmišljanje, da se je pri tako obsežnem projektu smiselno povezati z zasebnim sektorjem. Za potrebe izvedbe projekta smo v tujini uveljavljene poslovne modele pogodbenega financiranja izvedbe ukrepov učinkovite rabe energije in pogodbenega zagotavljanja prihrankov prilagodili obstoječim pravno-zakonodajnim okvirom v Republiki Sloveniji.

Pričakujemo, da bomo v kratkem sklenili pogodbo za Pogodbeno zagotavljanje prihrankov rabe energije, znižanja stroškov energije in stroškov vzdrževanja z uvedbo energetskega upravljanja v objektih Univerze v Mariboru, ki predstavlja prvi korak v realizaciji celotnega projekta. V sodelovanju z izbranimi zasebnimi partnerji se bomo lotili izvedbe ukrepov za prihranek energije in znižanje stroškov oskrbe z energijo v stavbah, kjer bodo zasebni partnerji poleg izvedbe ukrepov prevzemali tudi glavnino tveganj povezanih s projektom, kar je precejšen korak naprej od poslovnih modelov, ki so trenutno prevladujoči v Republiki Sloveniji.

5. UNIVERZA V MARIBORU ŽELI DELOVATI AKTIVNO IN Z ZGLEDOM

Univerza v Mariboru in ostale visokošolske institucije bodo v prihajajočih letih odigrale pomembno vlogo pri doseganju ciljev podnebno-energetskega paketa. Naše praktične izkušnje in rezultati predstavljenega projekta bodo prispevali svoj del k hitrejšemu uvajanju ukrepov učinkovite rabe energije tako v javnem, kot tudi zasebnem sektorju, predvsem pa k hitrejšemu uvajanju novih poslovnih modelov, ki so nujno potrebni, če želi Slovenija vsaj v grobem izpolniti cilje podnebno-energetskega paketa do leta 2020.

Vloga energetske učinkovitosti ovoj

dr. Marjana ŠIJANEC ZAVRL

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.

POVZETEK

Prispevek opisuje stanje in usmeritve na področju energetske učinkovitosti ovoj stavbe v EU-27 in pri nas. Analiza prikazuje stanje toplotne zaščite skupine objektov, grajenih v zadnjih letih, ter upoštevanje zahtev novega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah pri nedavno zgrajenih

objektov. Prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb bo predvidoma po letu 2010 uveljavila gradnjo zelo nizkoenergijskih stavb, pri čemer je kakovostna toplotna zaščita ovoj bistvenega pomena.

ABSTRACT

The paper describes the status and directions in the field of energy efficient building envelope in EU-27 and in Slovenia. The analysis presents the status of thermal insulation level in the group of buildings recently built and their relation to the new regulation on efficient use of energy in buildings.

It is expected that after the year 2010 the recast of energy performance of buildings directive will enforce the construction of very low energy buildings, where the high level of insulation is essential.

1. UVOD

Raba energije v stavbah predstavlja okoli 40 odstotkov porabe celotne končne energije v EU in s tem pogojuje nastanek 36 odstotkov emisij CO₂. Pretežni del te energije se porablja za zagotavljanje ustreznih bivalnih in delovnih pogojev ter pripravo tople vode v stavbah. Slovenija se je v duhu celovite evropske podnebne in energetske politike pridružila ciljem EU (3 x 20 do 2020) glede 20-odstotnega izboljšanja energetske učinkovitosti, 20-odstotnega povečevanja deleža obnovljivih virov in 20-odstotnega znižanja emisij toplogrednih plinov.

Ocene kažejo, da je mogoče v stavbah z ekonomsko upravičenimi ukrepi prihraniti okoli 22 odstotkov energije. Ti ukrepi obsegajo predvsem strožje zahteve glede toplotnih lastnosti ovoj stavb, energetske učinkovitejše sisteme za ogrevanje, prezračevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljavo prostorov ter izkoriščanje obnovljivih virov energije v stavbah. Da pa bi ukrepi resnično obrodili sadove, je treba tudi energijsko in okolijsko ozaveščeno ravnanje uporabnikov in stroke.

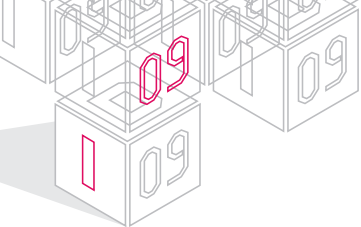
Trend razvoja gradnje energijsko učinkovitih stavb gre v smeri nizkoogljicne, nizkoenergijske in nič energijske hiše. Prvi korak na tej poti je dobra arhitekturna zasnova stavbe in energijsko učinkovit ovoj, za katerega po prenosu direktive EPBD (2002/91/ES) v pravne rede držav EU-27 veljajo bistveno strožje zahteve. Ob sprejemu PURES se je stroka veliko ukvarjala z energijskimi, okolijskimi in ekonomskimi vidiki uvedbe precej strožjih zahtev za toplotno prehodnost ovoj. Spremembe v zakonodaji so po drugi strani spodbudile razvoj novih tehnologij za energijsko učinkovit ovoj stavbe in potrebo po resnejši kontroli kakovosti izvedbe.

2. PRENOVLJENA DIREKTIVA EPBD

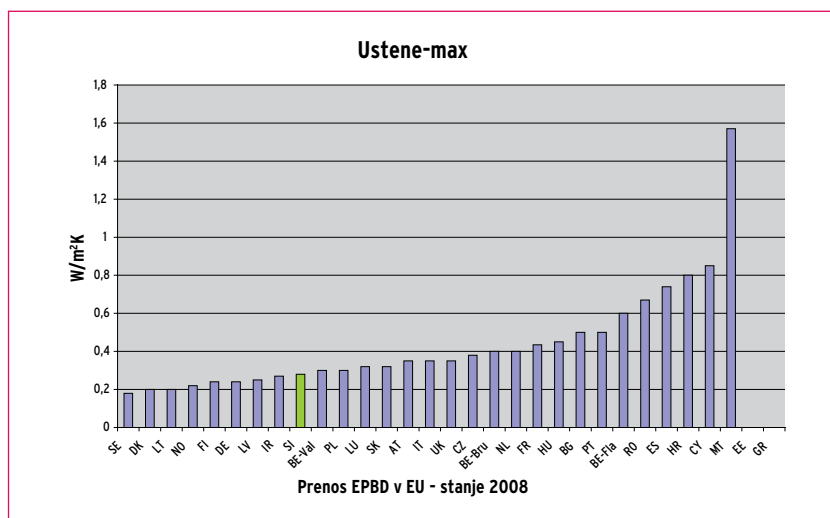
Evropska komisija je na podlagi izkušenj iz prenosa direktive EPBD (2002/91/ES) pripravila predlog za prenovljeno Direktivo o energetske učinkovitosti stavb, ki je bil predstavljen javnosti novembra 2008, malo pred zaključkom roka za prenos prvotne direktive. Bistvo prenovljene direktive je, da želi povečati obseg energetske prenove starejših stavb, zato ohranja vse dosedanje zahteve in jih ponekod celo zaostre. Po novem bo še večji poudarek na stroškovni učinkovitosti tako pri minimalnih zahtevah za stavbe v EU-27 kot pri priporočenih ukrepih za prenovo starejših stavb, upoštevati pa bo treba tudi stroške ukrepa v vsem življenjskem krogu stavbe (Life Cycle Costing - LCC) in poiskati dolgoročno optimalne rešitve. Prenovljena direktiva utrjuje informativno promocijsko vlogo energetske izkaznice stavbe v vseh oblikah prometa z nepremičninami (na primer zahtevana bo navedba energijskih indikatorjev pri oglaševanju stavb). Poseben poudarek je na spodbujanju gradnje t. i. zelo nizkoenergijskih hiš, še posebej v javnem sektorju. Merilo za energijsko učinkovitost stavbe po novem predstavlja izključno celotna raba energije (ne le za ogrevanje, ampak tudi za hlajenje), in sicer na ravni primarne energije in s tem povezane emisije CO₂. Sprejem prenovljene direktive se predvideva že do konca leta 2009 z enoletnim rokom za prenos določil v nacionalno zakonodajo.

3. PRIMERJAVA MINIMALNIH ZAHTEV ZA ELEMENTE OVOJA

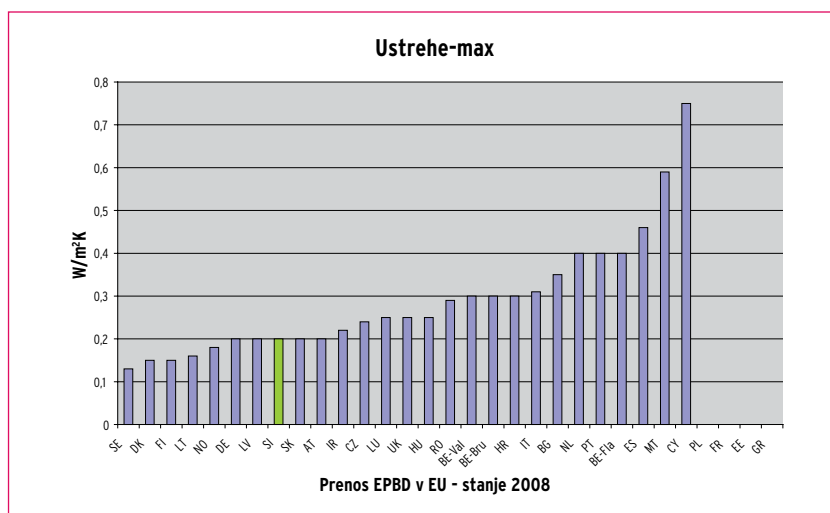
Za gradbenike je posebej zanimivo, kako se t. i. zakonodaja EPBD odraža na področju toplotne zaščite ovoj stavbe. Postavitve (ekonomsko upravičenih) minimalnih zahtev za energetske učinkovito gradnjo je v pristojnosti posameznih držav. Na slikah 1 in 2 je po državah EU prikazana primerjava podatkov za največje dovoljene U-vrednosti zunanje stene oziroma strehe stavbe. Analiza minimalnih zahtev za toplotno prehodnost posameznih elementov ovoj je pokazala, da so slovenske zahteve v zgornji tretjini zahtevnosti



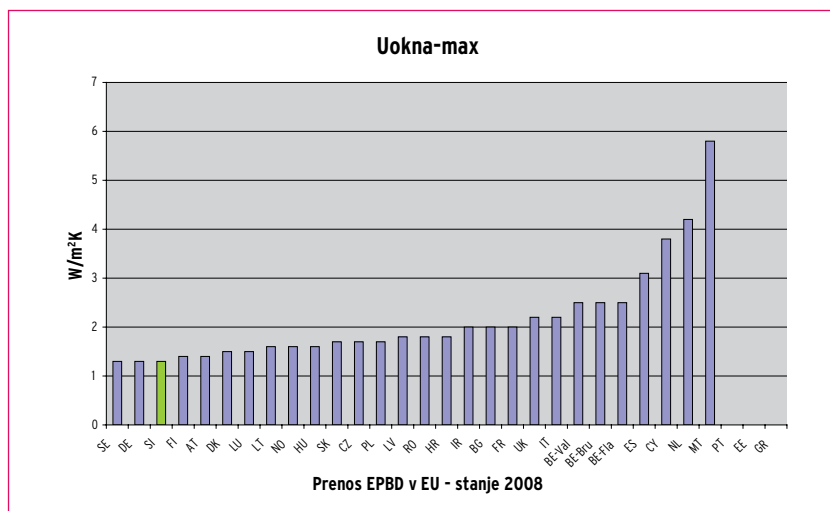
med državami EU, vsekakor pa enake ali strožje kot v državah s primerljivo klimo. Pri zahtevah za energijsko učinkovita okna pa nas PURES (velja za stanovanjske stavbe) postavlja na tretje mesto v EU-27 po strogosti minimalne zahteve za toplotno prehodnost okna (slika 3).



SLIKA 1:
Največje dovoljene toplotne prehodnosti za zunanjo steno (Vir: EIE CA EPBD II, 2008).



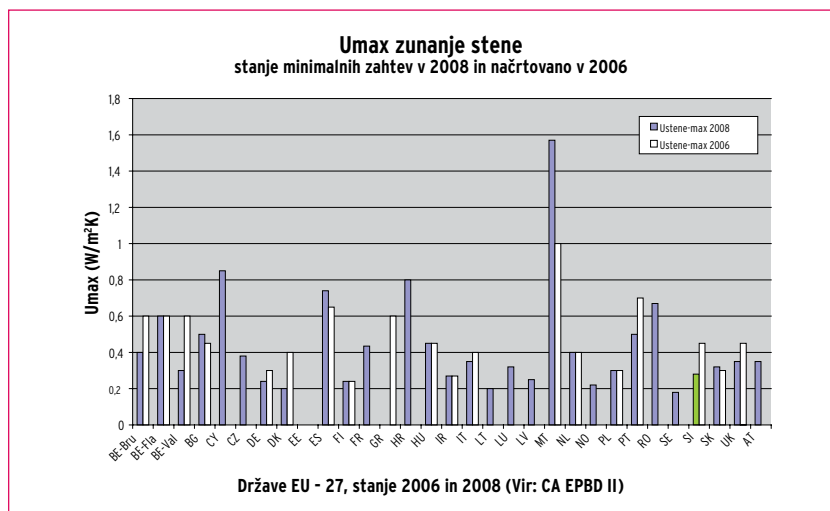
SLIKA 2:
Največje dovoljene toplotne prehodnosti za zunanjo streho (Vir: EIE CA EPBD II, 2008).



SLIKA 3:
Največje dovoljene toplotne prehodnosti za okna (Vir: EIE CA EPBD II, 2008).

Spremljanje razvoja predpisov na podlagi direktive EPBD pokaže spremembo v razmišljanju zakonodajalcev, saj so bile prvotno (leta 2006) načrtovane, ponekod pa že sprejete, minimalne toplotne prehodnosti za zunanjo steno opazno slabše, kot kaže pregled sprejete zakonodaje (leta 2008). V dveh letih je torej v večini držav opazen premik k strožjim minimalnim zahtevam (slika 4), Slovenija je na primer namesto prvotno zamišljene največje toplotne prehodnosti stene $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ predpisala vrednost $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$.

SLIKA 4:
Primerjava minimalnih zahtev za toplotne prehodnosti U zunanje stene, načrtovanih v letu 2006 in sprejetih v letu 2008; v dveh letih je v večini držav opazen premik k strožjim minimalnim zahtevam.
(Vir: EIE CA EPBD, sredina 2006 in EIE CA EPBD II, 2008).



Zavedati se moramo, da gre za primerjavo neposredno izraženih minimalnih zahtev za elemente ovoja, če pa je zaradi strogih zahtev pri rabe energije ali zaradi klime in posebnosti stavbe treba izolirati ovoj močnejše, se lahko dejanske U -vrednosti stavb, ki izpolnjujejo minimalne zahteve, še zmanjšajo.

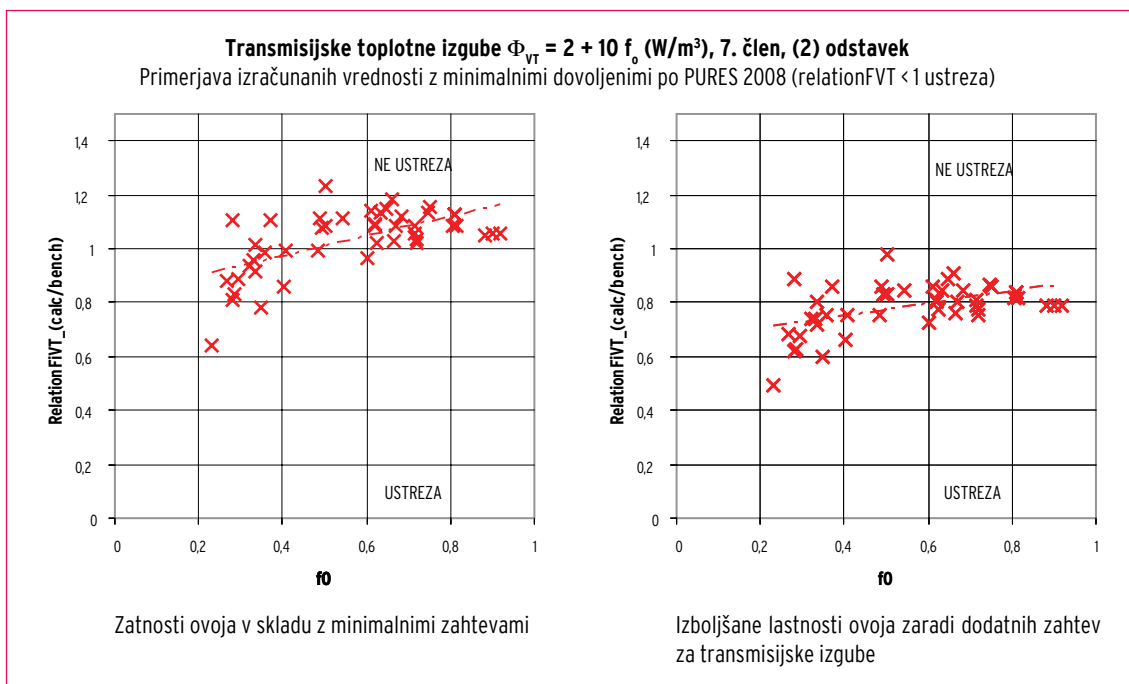
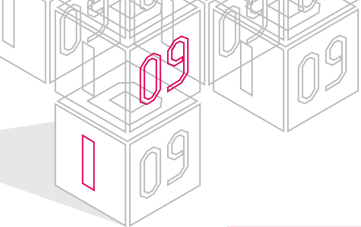
4. ANALIZA UČINKOV PRAVILNIKA PURES 2008

Analiza v nadaljevanju prikazuje dejansko potrebne toplotne prehodnosti posameznih elementov ovoja stavbe, s katerimi lahko stavba izpolni kriterije novega pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2008). S pomočjo orodja za analizo kazalnikov energijske učinkovitosti stavb DATAMINE smo prikazali učinke PURES 2008 na 45 stavbah, obravnavanih pri nas v obdobju med letoma 2000 in 2008. Med temi stavbami je 34 stanovanjskih, 4 poslovne, 4 hoteli, fakulteta, zdravstveni dom in športna dvorana.

Uporabili smo geometrijske podatke predstavljenih stavb in v izhodišču za lastnosti ovoja izbrali največje dovoljene toplotne prehodnosti po pravilniku PURES 2008 (tabela 1). Pokazali smo, da za izpolnitev minimalnih zahtev iz 7. člena PURES 2008 (največje dovoljene transmisijske toplotne izgube stavbe) predpisane toplotne prehodnosti ne zadoščajo, uporabiti je treba boljše lastnosti posameznih elementov ovoja, kot so zahtevane v Prilogi 1 pravilnika.

MINIMALNE ZAHTEVE ZA OVOJ PURES 2008, tabela 1, priloga 1	IZBOLJŠANE LASTNOSTI OVOJA
$U_{\text{STENA}} = 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STENA}} = 0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ (AB + 20 cm toplotne izolacije)
$U_{\text{TLA}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{TLA}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (tla na terenu + 12 cm toplotne izolacije)
$U_{\text{STREHA}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{STREHA}} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (streha + 26 cm toplotne izolacije)
$U_{\text{OKNA}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{OKNA}} = 1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$
$U_{\text{VRATA}} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$	$U_{\text{VRATA}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

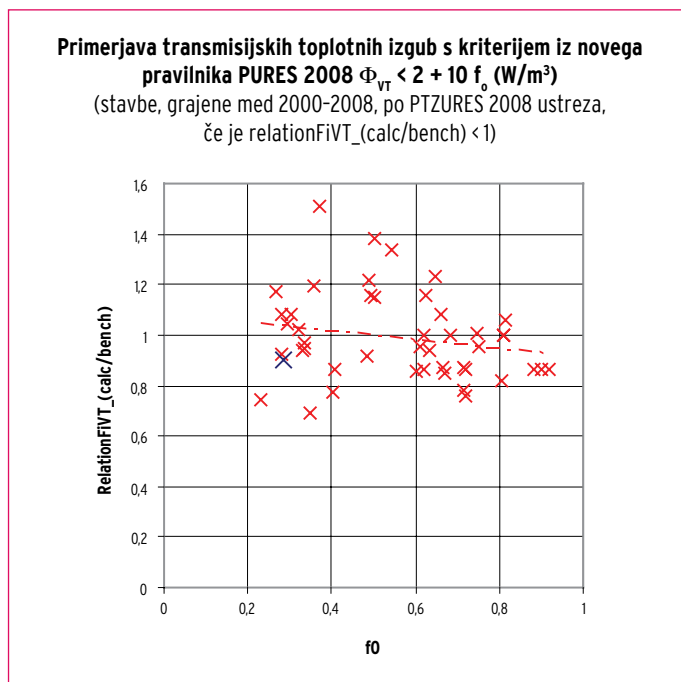
Razmerje med izračunanimi transmisijskimi toplotnimi izgubami in največjimi dovoljenimi vrednostmi iz 7. člena PURES 2008 prikazuje slika 5, in sicer levo, če za posamezne elemente ovoja stavbe upoštevamo največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti po PURES 2008, in desno za izboljšane lastnosti ovoja zaradi upoštevanja preostalih minimalnih zahtev PURES 2008. Vrednosti nad 1 v levem diagramu kažejo, da s predpisanimi U_{max} iz Priloge 1 PURES 2008 ne moremo izpolniti zahtev v 7. členu PURES 2008 in da nove minimalne zahteve dejansko pogojujejo vgradnjo toplotne zaščite v debelinah, ki se pri zunanji steni približuje 20 cm.



SLIKA 5:

Razmerje med izračunanimi transmisijskimi toplotnimi izgubami in največjimi dovoljenimi vrednostmi iz 7. člena, če za posamezne elemente ovoja stavbe upoštevamo največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti iz Priloge 1 PURES 2008 (levo) in izboljšane lastnosti ovoja (desno) zaradi upoštevanja preostalih minimalnih zahtev PURES 2008.

Analiza na sliki 6 prikazuje primerjavo transmisijskih toplotnih izgub 45 stavb, grajenih v obdobju 2000-2008, s kriterijem za največje dovoljene vrednosti transmisijskih toplotnih izgub iz novega pravilnika PURES 2008. Vrednosti, manjše od 1, dosežene pri približno polovici objektov, pomenijo, da so bile toplotne lastnosti ovoja stavbe tako kakovostne, da so izpolnjene celo stroge zahteve novega pravilnika, ki šele stopa v veljavo.

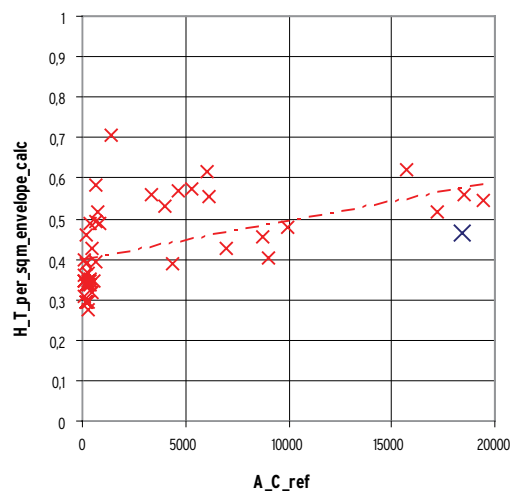


SLIKA 6:

Primerjava transmisijskih toplotnih izgub 45 stavb, grajenih v obdobju 2000-2008, s kriterijem za največje dovoljene vrednosti transmisijskih toplotnih izgub iz novega pravilnika PURES 2008.

Najbolj nazorno opišemo toplotno zaščito ovoja s srednjo toplotno prehodnostjo, upoštevaje neprosojni del ovoja in okna (slika 7) v odvisnosti od velikosti neto uporabne ogrevane površine stavbe; prikazane so specifične transmisijske toplotne izgube 45 stavb, grajenih v obdobju 2000-2008, v odvisnosti od neto uporabne ogrevane površine stavbe. Boljše vrednosti povprečne toplotne prehodnosti ovoja dosežajo le individualne hiše (tipa NEH in PH); pri teh je boljša toplotna zaščita ovoja zaradi sorazmerno večjega obsega zunanjih sten kot pri blokhi še toliko nujnejša, poleg tega pa se pri NEH- in PH-hišah pojavlja že tudi trojna zasteklitev, medtem ko za doseganje enake porabe toplote to pri večjih, večstanovanjskih objektih še ni potrebno.

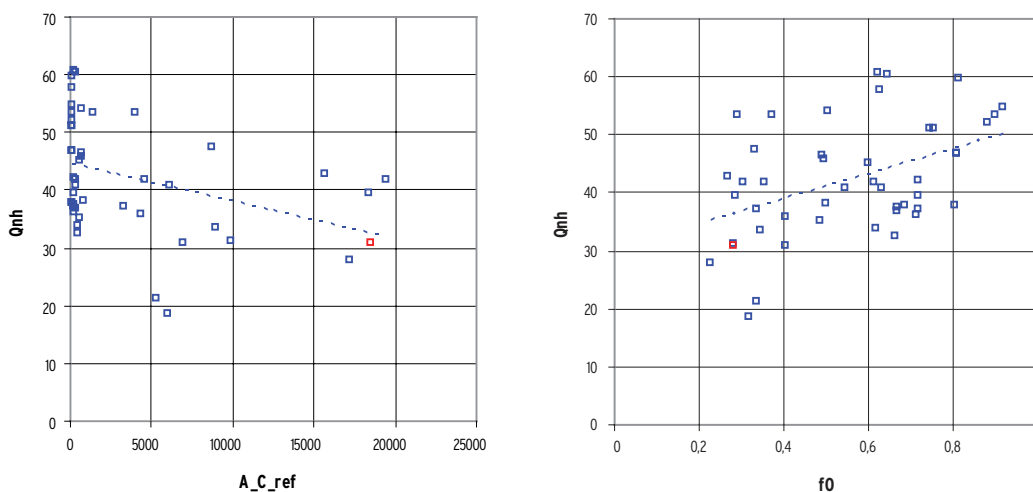
Specifične transmisijske toplotne prehodnosti ovoja (H'_l), glede na velikost stavbe (enodružinske, večstanovanjske)
(Povprečna izoliranost ovoja glede na velikost uporabne površine)



SLIKA 7:

Prikazuje primerjavo povprečne toplotne prehodnosti ovoja, prozorni in neprozorni del v odvisnosti od velikosti neto uporabne ogrevane površine stavbe, za stavbe, grajene v obdobju 2000-2008.

Potrebna toplota za ogrevanje stavbe
(po sezonski metodi iz pravilnika PTZURES 2002)

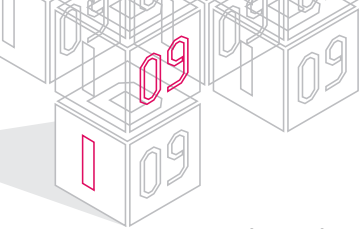


SLIKA 8:

Primerjava potrebne toplote za ogrevanje analiziranih 45 stavb, kot so bile dejansko zgrajene (v obdobju 2000-2008), v odvisnosti od uporabne površine stavbe oziroma v odvisnosti od oblikovnega faktorja stavbe ($f_o = A/V$).

Na podlagi izkušenj iz toplotnih analiz stavb v zadnjem času ugotavljamo, da počasi vendarle narašča število investitorjev, ki gradijo boljše od minimalnih zahtev za toplotno zaščito ovoja (iz leta 2002). Toplotna zaščita ovoja v skladu z zahtevami PURES 2008 pa se pojavlja šele po letu 2007, ko so bile, čeprav v začetku še neformalno, javnosti predstavljene nove zahteve.

Na sliki 8 je na levem diagramu prikazana potrebna toplota za ogrevanje na enoto uporabne površine stavbe za 45 stavb (iz obdobja 2000-2008), kot so bile dejansko izvedene, izračunana po sezonski metodi po pravilniku PTZURES iz leta 2002. Vseh 45 stavb seveda izkazuje boljše energijske kazalnike, nižje od zanje v času gradnje veljavnega predpisanega kriterija (potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH_max} < 45+40$ fo). Desna slika kaže potrebno toploto za ogrevanje stavbe v odvisnosti od oblikovnega faktorja stavbe. Opazna je skoraj polovico manjša potreba po toploti pri večjih in kompaktnih objektih. Po drugi strani je presenetljiv tudi izrazit odklon pri kazalniku rabe energije majhnih stavb.



5. SMERNICE RAZVOJA

Nove minimalne zahteve za energetske učinkovitosti ovojja so spodbudile razvoj v industriji gradbenih in toplotnoizolacijskih materialov. Ne glede na strokovne razprave o podrobnostih glede pravilnika o energetske učinkovitosti stavbe je jasno, da je bodočnost v gradnji zelo nizkoenergijskih in celo nič energijskih objektov, pri čemer je najprej treba s kakovostnim ovojem znižati transmisijske izgube in s tem posredno tudi potrebno toploto za ogrevanje stavbe. V ospredje prihajajo materiali, ki želene toplotnoizolacijske učinke dosegajo z manjšimi debelinami. Gre za toplotne izolacije, kjer so z dodatki v osnovni matrici optične lastnosti sten v porah spremenjene tako, da je znatno zmanjšan sevalni prenos toplote v izolacijskem materialu. Druga rešitev je, če namesto zraka v toplotnoizolacijskem materialu uporabimo plin z manjšo toplotno prevodnostjo od zraka, lahko pa uporabimo tudi vakuumsko toplotno izolacijo. Čim boljša je toplotna zaščita homogenega dela ovoja, toliko bolj je pomembno preprečiti nastanek toplotnih mostov, saj njihov vpliv na transmisijske izgube dobro izoliranih ovojev sorazmerno narašča.

Element	Toplotna prehodnost U (W/m^2K)		
	Pasivne in nizkoenergijske hiše (PH in NEH)	Energijsko učinkovite hiše (hladnejša klima)	Starejše stavbe ali stavbe v toplejših področjih
Zunanja stena	$< 0,15$ (0,10)	0,15–0,40	0,40–0,65
Okna/vrata	$< 0,7$	1,10–1,80	2,40–3,00
Streha/strop	$< 0,15$	0,22–0,45	0,45–0,9
Tla na terenu	$< 0,15$	0,15–0,40	0,4–0,65

TABELA 2:
Okvirne vrednosti toplotnih prehodnosti elementov ovoja stavbe, velja za EU-27.

* Vrednosti veljajo za EU-27, upoštevajte vse predpisane zahteve, ne le U_{max} .

Pomembno vlogo pri zmanjšanju toplotnih izgub skozi ovoj stavbe imajo toplotne lastnosti stavbnega pohištva, natančneje prozornih delov ovoja stavbe (okna, steklena vrata, svetlobniki ipd.). Izboljšanje toplotnoizolacijskih lastnosti tu poteka na treh ravneh: boljši toplotni upor zasteklitve, boljši toplotni upor celotnega elementa, izboljšani načini vgradnje. Izboljšanje toplotnoizolacijskih lastnosti zasteklitve temelji na polnjenju medstekelnega prostora s plini z boljšimi termodinamičnimi karakteristikami (namesto argona se uporabita ksenon, kripton), na večslojni sestavi zasteklitve (trojna zasteklitev) z dvema nizkoemisijiskima nanosoma in na uporabi izolacijskega medstekelnega robnega distančnika (prekinjen toplotni most). Pri izboljšanju toplotnoizolacijskih lastnosti okna imata pomembno vlogo material in struktura okvira in krila. Uporabljajo se debelejši leseni elementi, večkomorni PVC-profil in različne kombinacije materialov (tudi kovina) ter izolacijskih polnil in razširitev.

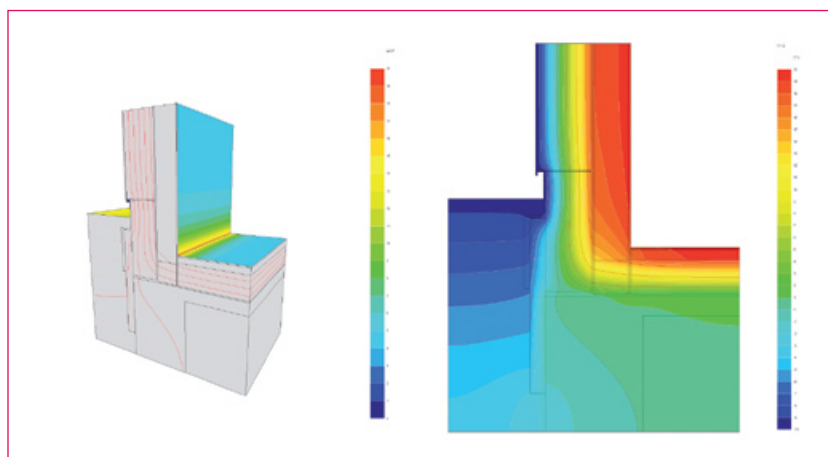
Ko govorimo o energetske učinkovitem ovoju, je treba poudariti tudi pomen zrakotesnosti celotnega ovoja, še zlasti ob naraščajočem deležu montažne gradnje. Sodobne nizkoenergijske stavbe se prezračujejo kontrolirano mehansko z vračanjem toplote odpadnega zraka. Prezračevalni sistem lahko deluje samo, če je zagotovljena ustrezno nizka zrakotesnost ovoja. Pravilnik PURES v okviru dodatnih tehničnih zahtev predpisuje tudi nove zahteve za zračno prepustnost ovoja ($n_{50} < 3,5$ pri naravno prezračevanih stavbah in $n_{50} < 2$ pri mehansko prezračevanih stavbah ter obvezen preizkus tesnosti ovoja pri delno ali polno klimatiziranih stavbah, večjih od $5000 m^2$). Praksa nizkoenergijske gradnje je pokazala, da ciljna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa znaša pri nizkoenergijski hiši $n_{50} < 1,5 h^{-1}$, pri t. i. 3-litrski hiši $n_{50} < 1,0 h^{-1}$ in pri pasivni hiši $n_{50} < 0,6 h^{-1}$.

Sodobne usmeritve na področju energetske učinkovitosti in toplotne izolativnosti narekujejo tako vgradnjo stavbnega pohištva, da so zagotovljene zrakotesnost, vodotesnost in toplotna izolativnost spojev. V slovenski stroki se uveljavlja pojem "energetska montaža", znana tudi kot RAL-montaža ali vgradnja po nemških smernicah RAL. Na slovenskem tržišču je na voljo stavbno pohištvo, ki ustreza tudi zahtevam za nizkoenergijske in nizkoogljice hiše, mnoga podjetja imajo usposobljene ekipe za energetske vgradnje. Na tem področju obstaja nacionalni znak za okolje (Znak kakovosti v graditeljstvu), ki so ga za svoje izdelke in storitve že prejela nekatera slovenska podjetja.

6. ZAKLJUČEK

Nizkoenergijske in nizkoogljice stavbe prihodnosti bodo temeljile na celovitem načrtovanju novogradenj in prenov, za optimalno zadovoljevanje potreb uporabnika, upoštevaje načela trajnostne gradnje v celotnem življenjskem krogu stavbe. Nizka oziroma nična raba primarne energije in oddaja emisij CO_2 temelji na učinkovitejšem ovoju stavbe in arhitekturni zasnovi (na primer izboljšana zasnova stavbe, napredni, na primer nanomateriali, celovito načrtovanje nizkoenergijskih in nizkoemisijiskih stavb z ustreznimi orodji, z upoštevanjem okolijskih vplivov in stroškov v celotnem življenjskem krogu), na učinkovitejših napravah in sistemih (naprave za gretje, hlajenje in klimatizacijo, električni aparati, IKT pri spremljanju delovanja EE-stavb) in na čim večjem vključevanju obnovljivih virov na ravni stavbe. Še vedno pa se vsi napori začnejo s kakovostnim nizkoenergijskim ovojem stavbe.

SLIKA 9:
Simulacija prenosa toplote v območju
stikovanja stene in tal na terenu pri
zelo nizkoenergijski stavbi.

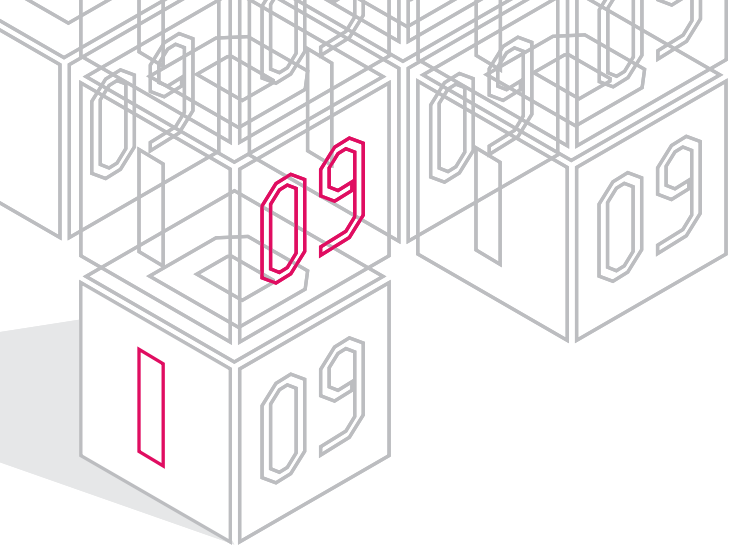


7. ZAHVALA

Baza stavb (grajenih v obdobju 2000-2008) in orodje za analize izhajata iz projekta EIE DATAMINE, kjer smo oblikovali poskusno bazo pilotnih energetskih izkaznic stavb in postopke za analizo energijskih kazalnikov stavb. Aplikacija je namenjena za spremljanje in kontrolo kakovosti izdanih energetskih izkaznic ter načrtovanje novih predpisov in programov spodbud za URE in OVE v stavbah.

8. VIRI

1. Direktiva o energetski učinkovitosti stavb (2002/91/ES) (EPBD).
2. Proposal for a Directive of The European Parliament And Of The Council on the energy performance of buildings - recast.
3. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 93/08; PURES 2008).
4. Priprava strokovnih podlag za izdelavo in izdajo energetskih izkaznic stavb, naročnik MOP, izvajalec Gradbeni inštitut ZRMK (M. Šijanec Zavrl, M. Tomšič, A. Rakušček), 2007.
5. EIE Concerted action EPBD II, <http://www.epbd-ca.org/>.



Integriran sistem za vodenje in upravljanje stavb z vidika evropske direktive za učinkovito rabo energije v stavbah

Miha ERKLAVEC
SILON d.o.o.

POVZETEK

Stavbe so v sodobnem svetu postale velik potrošnik energije. Klimatske spremembe ter zahteve po čim večjem udobju zahtevajo uporabo modernih tehnologij za vzpostavitev ugodnih bivalnih razmer v stavbah. Evropska unija je v direktivi za energetske prihodnosti opredelila zahteve o zmanjšanju porabe energije predvsem v stavbah. V ta namen je bilo izdelano veliko standardov, ki predstavljajo stanje tehnike.

Ti standardi opisujejo posamezne energetske porabnike, njihovo uporabo in vzdrževanje. Poleg samega preverjanja energetske porabe stavbe za potrebe energetske izkaznice je Evropska komisija predvidela tudi standard, ki prikaže, kako lahko upravnik ali uporabnik vpliva na samo porabo in načrtovanje porabe energije. Ta standard predpisuje, kako je treba nadzorovati in upravljati porabnike energije v stavbah.

ABSTRACT

Buildings in modern time consumes big amount of energy. Climate changes and need for more and more comfort demand implementation of modern technologies in buildings. European union has in its energy directive issued list of demands for reducing the energy consumption in buildings. For this purpose many standard have been and issued or are

in the procedure. This standards describe how to implement and maintain the systems in buildings that use energy. Part of energy certification of the building is also the management of the installed systems. For this purpose special standard was issued that declares what of the control and supervision is needed for management to efficiently manage the building.

1. UVOD

Hitri razvoj tehnologije narekuje tudi nove pristope pri načrtovanju stavb. Nove tehnologije tako zaradi gradbenih kot tudi instalacijskih materialov zahtevajo drugačno razumevanje in načrtovanje gradnje poslovnih in tudi stanovanjskih hiš.

Ekološka ozaveščenost je drug razlog, zakaj se je treba lotiti gradnje drugače. Vsaka hiša ima poleg investicijskih tudi vzdrževalne stroške. Vsaka stavba ima dolgo življenjsko dobo, med katero jo je treba ogrevati, prezračevati, predelovati, obnavljati in podobno.

Tretji razlog, ki pa vsekakor ni najmanj pomemben, je udobje stanovalcev oziroma uporabnikov stavbe.

Četrty razlog pa je tudi zakonodaja, ki predpisuje oziroma bo predpisovala energetske učinkovitost stavb. Evropska direktiva točno določa, kaj se v stavbi vodi in upravlja, katere funkcije so avtomatizirane, da se lahko pridobijo ustrezni certifikati energetske učinkovitosti.

Na samem področju se v okviru Evropske unije postavljajo standardi tako povezav kot tudi delovanja naprav ter uravnavanja porabnikov energije.

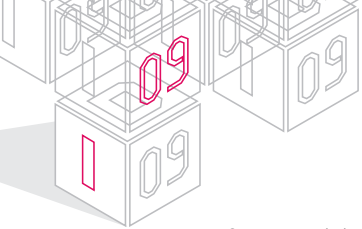
Zgoraj navedeni razlogi govorijo v prid postavitvi sistema upravljanja stavbe (SUZ). Do sedaj so se investitorji odločali za centralni nadzorni sistem (CNS), to je za centralni nadzor in vodenje vseh podsistemov, ki se pojavljajo v stavbah. Pri CNS so podsistemi med seboj ločeni tako fizično kot tudi logično. Vsak podsistem opravlja svoje naloge po nastavitvah, ki jih dobi po CNS.

Stavba deluje kot integralna celota, zato morajo tudi podsistemi v njej delovati kot celota in ne ločeno med seboj ali ločeno po hierarhičnih ravneh. Poleg tega mora biti nadzorni sistem tudi nadgrajen s poslovnim modelom, primernim za vzdrževanje, planiranje in odločanje. Tak sistem imenujemo v tujem jeziku Facility Management ali z okrajšavo FM.

Pomemben vidik je tudi odprtost samega omrežja in tehnologij, ki omogoča horizontalno povezavo elementov ter s tem večjo uporabnost in izbrbljenost kot tudi možnost večje izbire in s tem konkurenčnosti.

2. PREDPISI IN STANDARDI

Področje sistemov upravljanja stavb urejajo predpisi Evropske unije ter standardi, ki nastajajo na podlagi teh predpisov. Standardi se postavljajo za posamezne funkcije, za povezavo elementov in za komunikacijske protokole.



2.1 Energetska direktiva (European Energy Directive for Buildings)

Osnovni predpis, ki ga je Evropska komisija izdala januarja 2006, je tako imenovana Evropska direktiva porabe energije v stavbah (European energy directive for Buildings). Ta direktiva predstavlja okvir za usklajevanje nacionalnih zakonodaj o energetske učinkovitosti stavb. Po podatkih Evropske komisije predstavljajo stavbe okoli 40 odstotkov porabe vse energije v državah Evropske unije. To pomeni tudi 40 odstotkov emisije toplogrednih plinov v okolje. S podpisom Kjotskega protokola se je Evropska unija zavezala k zmanjšanju emisij. Da bi dosegla cilj, si je Unija zadala nalogo, da bo do leta 2012 zmanjšala porabo energije v stavbah za 15 odstotkov. Predpis prinaša energetske klasifikacije stavb v energetske razrede ter tudi redne preglede stavbe in posameznih postrojenj, ki so veliki porabniki energije (kotlovnice, hladilni agregati, prezračevalne naprave). Za izdelavo metod, kalkulacij in izračunov je Evropska komisija zaprosila organizacijo za standardiziranje CEN. CEN sedaj skupaj s nacionalnimi organizacijami za standardizacijo sodeluje pri pripravi standardov za izvajanje energetske učinkovitosti.

2.2 Standard prEN15232

Standard EN15232 opisuje vpliv, ki ga imajo razne izvedbe sistemov za vodenje in nadzor na energetske učinkovitosti stavbe. Standard uporablja tudi metode, ki jih je združenje EUBAC sprejelo za preverjanje energetske učinkovitosti posameznih elementov, ki so del sistemov za upravljanje stavbe. EUBAC je združenje vseh pomembnejših evropskih proizvajalcev elementov za avtomatizacijo stavb, ki skupaj sestavljajo pravila in normative za preverjanje posameznih elementov in njihovega vpliva na energetske učinkovitosti stavbe.

Standard EN15232 je namenjen postavljanju pravil in metod za ugotavljanje vplivov sistemov za nadzor stavbe (BACS, Building Automation and Control Systems) in sistemov za upravljanje stavb (TBM, Technical Building Management) na energetske učinkovitosti in porabo energije v stavbah.

Evropski standard določa:

- strukturiran nabor funkcije krmiljenja, nadzora ter tehničnega upravljanja stavb, ki imajo vpliv na energetske učinkovitosti;
- metode določanja minimalnih zahtev za vodenje, nadzor in tehnično upravljanje v stavbah;
- detaljne metode za ugotavljanje vplivov teh funkcij na stavbo. Te metode omogočajo vpeljavo računskih operacij in načinov za preverjanje drugih povezanih standardov;
- poenostavljene metode za hitro ugotavljanje grobih učinkov teh funkcij na tipično stavbo.

Evropski standard vpliva na:

- lastnike stavb, arhitekte in druge projektante, da določajo funkcije pri načrtovanju obnove ali novogradnje;
- zakonodajne organe, da morajo določiti minimalne zahteve za izvedbo sistemov vodenja in upravljanja z energijo pri obnovah in novogradnjah;
- javne ustanove, ki skrbijo za tehnične preglede sistemov in elementov v stavbah, da preverijo tudi vplive sistemov vodenja in nadzora na te elemente;
- zakonodajne organe, da določajo metode za izračun in upoštevajo tudi vplive sistemov za vodenje, nadzor in upravljanje na samo energetske učinkovitosti;
- projektante, da preverijo, ali je vpliv sistemov za vodenje, nadzor in upravljanje upoštevan pri izračunu o energetske učinkovitosti stavb.

2.3 Energetski razredi stavb

Energetski razredi stavb predpisujejo tudi izvedbo sistemov za vodenje, nadzor in upravljanje posameznih sistemov in podsistemov. Glede na predpise Evropske unije se stavbe, ki so kategorizirane kot energetski razred D, ne smejo graditi oziroma se morajo vse obstoječe stavbe tega razreda obnoviti

Tipi stavb glede na energetske učinkovitosti po standardu prEN15232

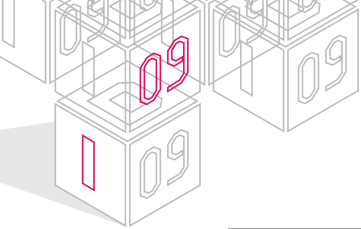
Razred D predstavlja energetske neučinkovite stavbo. V novogradnji ni več dovoljen, obstoječe stavbe v tem razredu se bodo morale obnoviti,

Razred C predstavlja stavbo, ki ima implementiran CNS (BACS).

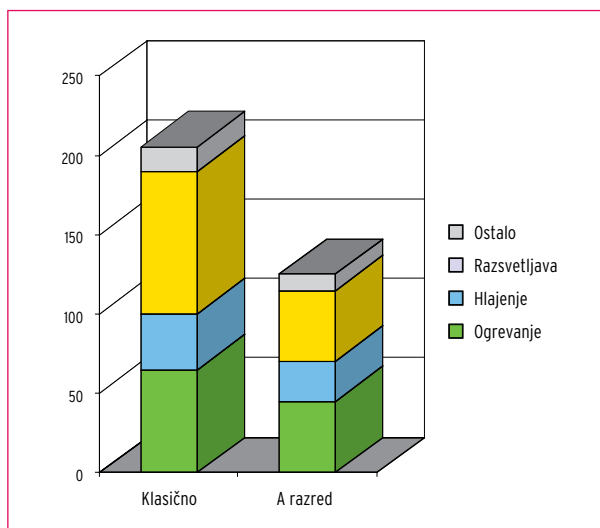
Razred B predstavlja stavbo, ki ima implementiran CNS (BACS) in SUZ (TBM).

Razred A predstavlja stavbo z implementacijo energetske visokoučinkovitega SUZ (BACS in TBM).

Sistem upravljanja stavb		Energetski razred stavbe			
Ogrevanje in hlajenje		D	C	B	A
Sobna regulacija temperature (po navadi s pomočjo ventilatorskih konvektorjev)					
0	Ni avtomatske regulacije				
1	Centralni nadzorni sistem in regulacija				
2	Individualna sobna regulacija z elektronskim termostati				
3	Individualna sobna regulacija s komunikacijo med krmilniki in SUZ				
Vodenje temperature vode za sobno regulacijo					
0	Ni regulacije				
1	Regulacija glede na zunanjo temperaturo				
2	Regulacija glede na potrebe in temperature znotraj stavbe				
Vodenje črpalk dovoda vode za potrebe ogrevanja in hlajenja					
0	Ni vodenja				
1	Vklop/izklop				
2	Uporaba frekvenčnih regulatorjev za konstantno razliko tlakov				
3	Uporaba frekvenčnih regulatorjev za proporcionalno razliko tlakov				
Upravljanje glede na prisotnost oziroma zahtevo posameznega prostora					
0	Ni kontrole prisotnosti				
1	Kontrola prisotnosti po urniku				
2	Avtomatična kontrola prisotnosti z optimiziranim start/stop delovanjem				
Povezava med ogrevanjem in hlajenjem					
0	Ni logične povezave				
1	Delna povezava (glede na sistem)				
2	Polna skladna povezava				
Krmiljenje priprave vode					
0	Konstantna temperatura				
1	Temperatura v odvisnosti od zunanje temperature				
2	Temperatura v odvisnosti od zahtev v stavbi (obremenitve)				
Sekvenčno krmiljenje naprav za pripravo energije za ogrevanje/hlajenje					
0	Prioriteta glede na obremenitev				
1	Prioriteta glede obremenitev in zmožnosti naprave				
2	Prioriteta glede na energetsko učinkovitost naprave				
Prezračevanje in klimatizacija					
Pretok zraka v prostorih					
0	Ni vodenja				
1	Ročno vodenje (ročne lopute)				
2	Časovno vodenje (urniki)				
3	Vodenje glede na prisotnost v prostorih				
4	Vodenje glede na zahtevo (obremenitev, kvaliteto zraka)				
Vodenje pretoka v klimatski napravi					
0	Ni vodenja				
1	Vklop/izklop naprave				
2	Avtomatska regulacija pretoka oziroma tlaka z resetom tlaka ali brez njega				
Krmiljenje odmrzovanja toplotnega izmenjevalnika					
0	Brez vodenja				
1	Avtomatsko vodenje				



Sistem upravljanja stavb		Energetski razred stavbe			
Ogrevanje in hlajenje		D	C	B	A
Toplotni izmenjevalnik z zaščito pred pregrevanjem					
0	Brez zaščite				
1	Avtomatska zaščita				
Prosto hlajenje (Free cooling)					
0	Ni hlajenja				
1	Nočno hlajenje				
2	Avtomatsko prosto hlajenje				
3	Avtomatsko vodenje po diagramu H,x				
Dovodna temperatura					
0	Ni vodenja				
1	Konstantna temperatura dovoda				
2	Spremenljiva temperatura dovoda v odvisnosti od zunanje temperature				
3	Spremenljiva temperatura dovoda v odvisnosti od obremenjenosti prostorov				
Vodenje vlage					
0	Ni regulacije vlage				
1	Omejitev vlažnosti na dovodu				
2	Vodenje vlažnosti na dovodu				
3	Vodenje vlažnosti glede na prostor oziroma povratek				
Vodenje razsvetljave					
Zasedenost					
0	Ročni vklop/izklop				
1	Ročni vklop/izklop z elektronskim signalom za izklop razsvetljave				
2	Avtomatska zaznava prisotnosti z avtomatskim vklopom/dimanjem				
3	Avtomatska zaznava prisotnosti z avtomatskim vklopom/izklopom				
4	Avtomatska zaznava prisotnosti z ročnim vklopom/dimanjem				
5	Avtomatska zaznava prisotnosti z ročnim vklopom/izklopom				
Vpliv dnevne svetlobe					
0	Ročni poseg				
1	Avtomatski poseg				
Senčila					
0	Ročno vodenje				
1	Ročno vodenje z motornimi pogoni				
2	Avtomatsko vodenje z motornimi pogoni glede na zunanjo svetlobo				
3	Avtomatsko vodenje z motornimi pogoni glede na zahteve in povezavo z razsvetljavo in klimatizacijo prostorov				
Sistem za avtomatsko vodenje stavb					
0	Ni nobenega nadzornega sistema				
1	(CNS za vizualizacijo, alarme, zgodovino in upravljanje z urniki				
2	(SUZ z integriranim sistemom za optimizacijo porabe energije ter upravljanje s stavbo				
Nadzorni sistem stavb					
Detekcija napak v sistemu ter omogočanje podpore za določitev oziroma diagnosticiranje napak					
0	Ne				
1	Da				
Zbiranje informacij o porabi energije, pogojih bivanja v stavbi ter izdelava poročil v smislu izboljšanja sistema					
0	Ne				
1	Da				



3. INTEGRIRANA STAVBA

Konec osemdesetih in na začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja se je začelo v stavbe vgrajevati sisteme na nadzor. Osebni računalnik (PC) je zbiral podatke iz procesnih krmilnikov posameznih elementov, kot so klimatske naprave, hladilni agregati in podobno.

Danes je vodenje stavbe sistem, ki omogoča pobiranje podatkov kot tudi vplivanje na posamezne procese v stavbi z namenom zbiranja podatkov in informacij v standardiziranih oblikah in standardiziranih bazah podatkov za obdelavo zgodovine, alarmov in drugih dogodkov z enega oziroma več mest na enak način.

Z uporabo standardiziranih objektov in tehnologij uporabnik na enem dobi mestu vpogled v dogajanja v stavbi. S tem se uporabniku poveča in tudi olajša možnost nadzora ter upravljanja. Podatki, shranjeni na tak način, pa so dostopni tudi za obdelavo na višjih ravneh odločanja (planiranje vzdrževanja, planiranje investicij poslovne odločitve, obračuni).

Povezovanje sistemov in elementov, ki prosto izmenjujejo podatke, nam torej omogoča uvajanje avtomatiziranega sistema FM, kar je za upravnika in odgovorne neprecenljivo orodje.

3.1.1 Protokoli oziroma tehnologije

Kot smo že povedali, so na področju sistemov za upravljanje stavb na mednarodni ravni postavljeni standardi za komunikacije, ki opisujejo pretok in format podatkov. Vsi ti standardi so zelo novi (iz let 2007 in 2008), in pričakuje se, da bodo vplivali na tehniko, potrebno za izgradnjo SUZ (BMS) v naslednjem obdobju.

Ti standardi so EN14908-1 do EN14908-5, EN16484-1 do EN16484-6 in EN15231. Standardi opisujejo ves pretok podatkov od izvršilnega dela do komunikacije med delovnimi postajami.

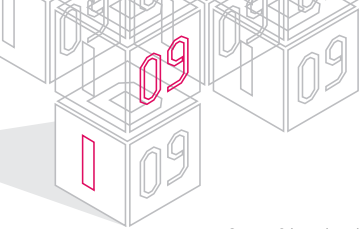
3.1.2 Standard EN14908-1 do EN14908-5

Ta standard je bil sprejet leta 2007 in opisuje protokol med samimi izvršilnimi elementi krmilnega omrežja. Kot je vidno iz naslova, je protokol sestavljen iz več delov. Standard EN14908-1 opisuje sam protokol, načine komunikacij ter posamezne segmente (layerje) ISO/OSI standardnega modela. Standardi EN14908-2, 3, 4 pa opisujejo ožičenje z različnimi fizičnimi nivoji. Tu sta pomembna dva dela, standard EN14908-2, ki je standard ožičenja krmilne mreže z vpletenimi pari (UTP-kablom), ter standard EN14908-4, ki je opisan oziroma standardiziran prenos podatkov po strukturiranem ožičenju TCP/IP. Prednost standarda je enotnost komunikacije in prenosa sporočil, saj se sam protokol (EN14908-1) ne razlikuje glede na fizični medij in je tako možno priključiti katero koli napravo na kateri koli medij.

Najbolj pomemben pa je standard, ki še ni bil sprejet, EN14908-5 oziroma prEN14908-5, ki pa določa samo vsebino sporočil. Vsak protokol je sestavljen iz podatkov, ki jih vsak lahko različno razume oziroma interpretira. Standard EN14908-5 pa standardizira obliko podatkov in vsebino.

3.1.3 Standard EN16484-1 do EN16484-6

Podobno kot zgoraj navedeni standardi je bil tudi ta standard sprejet v letu 2007 in opisuje prenos podatkov med nadzornimi sistemi v omrežju SUZ. Nadzorni sistem je lahko osebni računalnik, lahko pa je tudi tako imenovan embedded server station. V izrazoslovju, ki se uporablja v sistemih za upravljanje stavb, se ti elementi imenujejo strežniki oziroma Server controllers. Tak strežnik je lahko samo en, kar poznamo iz klasičnih CNS, ali jih je pa več. Pri večjih sistemih je razlog za uporabo porazdelitev podatkov in s tem razbremenitev strežnikov ter izboljšanje zanesljivosti in varnosti. V klasičnih CNS se je do zdaj pojavljala SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) oziroma neki drug vmesnik, človek ali stroj, s svojo podatkovno bazo, v kateri so se zbirali podatki. Ta vmesnik se v svetu ne uporablja več. Danes se uveljavljajo večstrežniške (multiserver) strukture samega omrežja, ki med strežniki ne prenašajo več podatkov, ampak objekte. In to opisujejo zgoraj navedeni standardi. Tudi tu eden od standardov opisuje prenos teh objektov po strukturiranem omrežju TCP/IP.



3.1.4 Standard EN15231

Standard EN15231 določa povezavo med standardom EN14908 in EN 16484 ter njuno sobivanje v krmilnem omrežju.

3.1.5 TCP/IP

Veliko je govora o uporabi strukturiranega omrežja za potrebe sistema za upravljanje stavb. Uporaba tehnologije TCP/IP oziroma načina prenosa sporočil raznih protokolov je standard in najbolj razširjena komunikacijska infrastruktura računalniških omrežij. TCP/IP je izredno primeren za povezavo med strežniki v sistemu za upravljanje. Sam TCP/IP ima svoje prednosti in tudi svoje pomanjkljivosti. Prednosti so širok pasovni pas oziroma možnost prenosa velike količine podatkov ter razširjenost in enostavnost uporabe. Seveda je treba paziti, saj sam TCP/IP še ne določa protokolov. Določena sta samo način povezovanja posameznih elementov in način prenosa sporočil. Na kakšen način pa so ta sporočila organizirajo, kaj vsebujejo, se pravi, kakšen je komunikacijski protokol, TCP/IP ne določa. V računalniškem svetu poznamo kar veliko protokolov, ki se uporabljajo na omrežju TCP/IP. Ti protokoli so POP (za elektronsko pošto), FTP za prenos paketnih podatkov, XML za prenos razpršenih podatkov, SOAP in podobno.

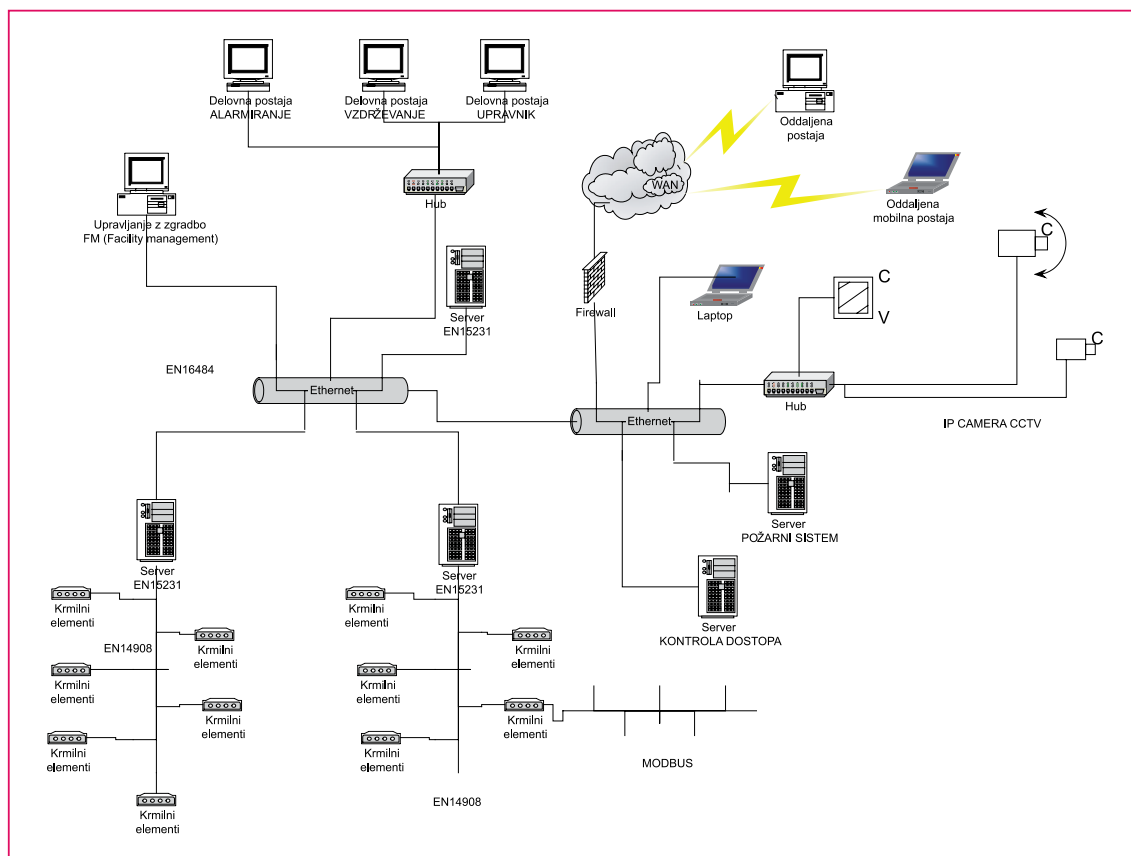
Zato sta potrebna posebna dela standarda tako EN14908 kot EN16484, ki predpisujeta prenos teh protokolov po omrežju TCP/IP.

4. OSNOVNA LOGIČNA STRUKTURA

Osnovna struktura sistema je zasnovana na principu standardov in odprtih tehnologij na vseh segmentih.

Osnovni segment je procesna mreža (control network) izvršilnih elementov in krmilnikov. Če se želi tehnologija na tem področju čim bolj poenotiti in izvedba poceniti, se je najbolje odločiti za kakšno odprto in standardizirano tehnologijo.

4.1 Shema omrežja

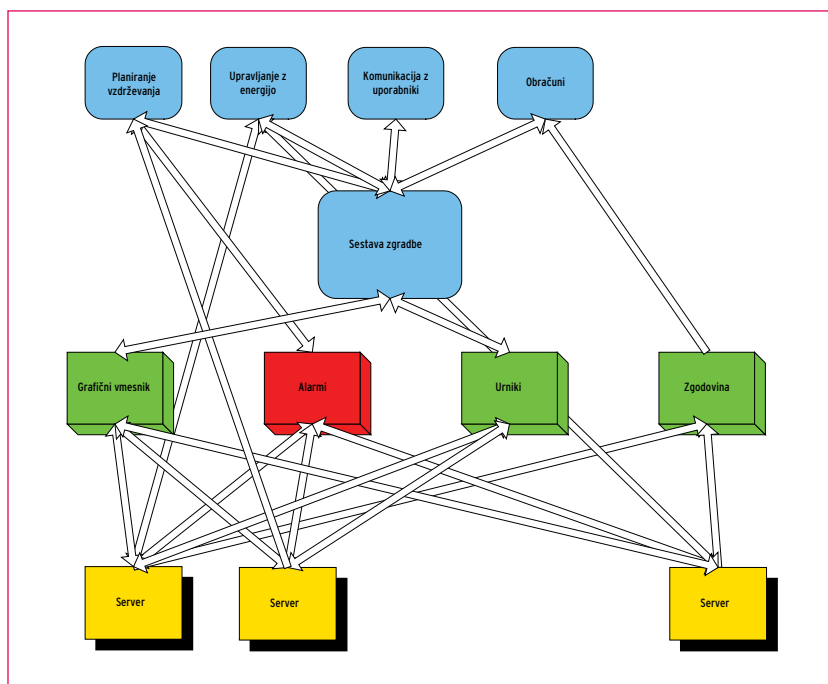


5. UPRAVLJANJE STAVBE - UPORABNIŠKA RAVEN

Za enostavno upravljanje stavbe je potrebna človeku prijazna uporabniška raven. V klasičnih CNS se uporablja tako imenovana SCADA, kjer je postavljena podatkovna baza, po kateri poteka komunikacija s stavbo. Na eni strani se podatkovna baza polni s podatki, na drugi strani pa se ti podatki obdelujejo. Glavna pomanjkljivost sistema je prav v tem, da je baza po navadi centralizirana in je ozko grlo sistema. V modernih sistemih upravljanja stavb, kot je opisan v zgornjih poglavjih, pa je baza v bistvu razpršena in posamezni moduli za upravljanje dobivajo podatke iz raznih strežnikov.

Moduli za upravljanje so postavljeni na več ravneh. Moduli osnovne ravni, ki jo lahko imenujemo raven vodenja (control level), so znani pod imenom CNS, čeprav to ni. Poleg grafičnega vmesnika so tu še moduli, za katere se v svetu uporablja kratica AST, kar

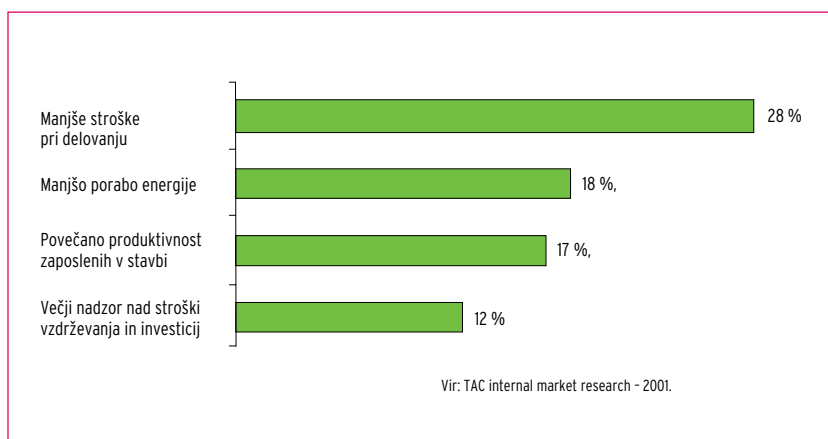
pomeni Alarming, Scheduling, Trending. Drug sklop modulov pa predstavlja upravljanje stavb na informatizacijskem nivoju, kar se v svetu imenuje tudi FM. Tu so vsebovani moduli, kot so struktura nepremičnine z vsemi podatki in vpisi, modul za načrtovanje in spremljanje preventivnega in kurativnega vzdrževanja, modul za upravljanje in načrtovanje porabe energije, modul za obračun, modul za upravljanje z najemniki in podobno.



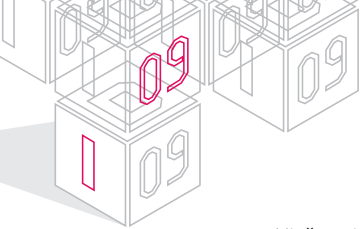
6. ZAKLJUČEK

Stavbe se načrtujejo v sedanjosti, uporabljajo pa se daleč v prihodnosti. Tudi stroški življenjskega cikla stavbe TCO (Total Cost of Ownership) so razdeljeni tako. Investicija je samo majhen del celotnih stroškov stavbe (od 15 do 20 odstotkov), ostalo so stroški upravljanja, vzdrževanja ter sprememb in prilagoditev. Bolj kot je stavba fleksibilna, več kot ima inteligentnih podsistemov, lažji in cenejši so upravljanje, vzdrževanje in nadgradnja. Vedno je treba skleniti kompromis med ceno investicije in ceno delovanja stavbe. Izkušnje kažejo, da je to dvoje obratno sorazmerno. Se pravi, vložek pri investiciji poceni delovanje stavbe. Poleg tega pa je treba tudi izpolniti zakonske zahteve, in to ne samo sedaj, ampak tudi v prihodnosti, saj bomo drugače prisiljeni investirati dosti večja sredstva v posodobitve.

Uporabniki pa pričakujejo od teh sistemov naslednje:



Nadzor in upravljanje porabe energije sta ključnega pomena za učinkovito varčevanje v stavbah. Stavbe postajajo ne nazadnje tudi zaradi uporabe modernih materialov zelo kompleksne glede vgrajenih sistemov. Ti sistemi morajo na eni strani omogočati udobno življenje in delu prijazno okolje, na drugi strani pa za to porabiti čim manj energije. Samo z uporabo teh sistemov in izrabo njihovih medsebojnih vplivov lahko uporabnik in upravljevec dosežeta najboljše možne rezultate. To je poglobitveni razlog, zakaj se na tem področju postavljajo standardi in direktive. Standardi so nujno potrebni predvsem zaradi kompleksnosti in razvejanosti. Vsi sistemi in elementi naj bi se držali standardov, saj to omogoča usklajeno delovanje. Toda sama energetska izkaznica in preverjanje nista dovolj, če se ne upošteva način in možnost vplivanja na porabo energije v stavbi.



Drug ključen vidik pa je povečevanje deleža zelene energije v energetskih sistemih. Več kot je zelene energije, večji vpliv morajo imeti distribucijska podjetja na porabnike. Zelena oziroma obnovljiva energija je odvisna od naravnih pogojev. V določenem času je je v izobilju, v določenem pa je ni skoraj nič. Se pravi, da se bodo morali veliki porabniki, in to stavbe vsekakor so, temu prilagoditi. Stavbe bodo na zahtevo distributerjev same zmanjševale ali povečevale svojo trenutno porabo glede na količino energije, ki je na voljo. Ti sistemi v svetu že delujejo s skupno oznako (demand – response).

Do katere meje je energijsko varčna gradnja še smiselna?

Bojan GROBOVŠEK

PRO-SVET, projektiranje in svetovanje Bojan Grobovšek s.p.
Energetski svetovalec v projektu ENSVET

POVZETEK

Specifična letna raba toplote za ogrevanje v klasično grajenih stavbah v RS znaša med 180 – 200 kWh/(m²a). Glede na trenutno veljavni pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkovitosti rabi energije [1] je največja specifična letna raba toplote za ogrevanje predpisana. Za stavbe to pomeni med 60 in 80 kWh/(m²a) oziroma približno trikratno zmanjšanje glede na letno rabo obstoječega stanovanjskega fonda. Novi pravilnik o učinkovitosti rabi energije v stavbah [2] (PURES), ki bo začel veljati 1.10. 2010 predpisuje zmanjšanje specifične letne rabe toplote za ogrevanje še za približno 30 – 40 odstotkov.

V sestavku sem skušal najti odgovor na vprašanje, do katere meje je energijsko varčna gradnja še smiselna? Ali je to gradnja nizko energijskih (NEH) in pasivnih hiš (PH) s specifično rabo toplote za ogrevanje med 15 in 30 kWh/(m²a) ali pa gradnja do meje, ki jo predpisuje PURES in ta znaša med 40 in 50 kWh/(m²a).

Če se ozremo na evropske države (Avstrijo, Nemčijo) lahko zasledimo, da po sanaciji starejših objektov načrtovana specifična raba toplote za ogrevanje ne presega 30 kWh/(m²a). Novogradnje, tako stanovanjski in poslovni objekti pa se načrtujejo s specifično rabo toplote za ogrevanje, ki ne presega 15 kWh/(m²a).

Analiza stroškov gradnje je pokazala presenetljivo male razlike med t.i. nizko energijsko in pasivno gradnjo na eni strani in gradnjo po PURESU na drugi strani.

Višji stroški v višini do 10 % pri gradnji stavb v t.i. pasivnem standardu, z rabo toplote za ogrevanje ± 15 kWh/(m²a), v primerjavi z gradnjo glede na PURES, nastanejo zaradi obvezne vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, optimalnega ogrevalnega sistema, povečane debeline toplotne izolacije in vgradnje oken v pasivnem standardu ter tudi načina gradnje, kjer so toplotni mostovi minimalni in dosežena ustrezna zrakotesnost ovoja. Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje 30 kWh/(m²a), v primerjavi z rabo toplote 15 kWh/(m²a), so nižji le za 5 odstotkov.

Raba toplote za ogrevanje pa ni edini kriterij, ki ga želimo doseči z nizko energijsko gradnjo. Pomemben kriterij je še visoka stopnja bivalnega ugodja ter enakomerna klima v prostoru pozimi in poleti. Pri gradnji se uporabljajo okolju prijazni in obnovljivi materiali, proizvedeni z minimalno količino vgrajene energije in CO₂ v življenjskem ciklusu hiše.

ABSTRACT

The specific consumption of the annual energy consumption for heating in the classical buildings in Slovenia is between 180 to 200 kWh/(m²a) based on statistical data. According to existing regulations on thermal protection and energy efficiency of buildings [1] the maximum allowed annual use of the specific heat for heating is prescribed. For buildings, this value is between 60 and 80 kWh/(m²a) and means threefold reduction compared to the annual use of existing housing stock. New regulations on energy efficiency in buildings [2] (PURES), which will take effect January 10th 2010 the reduction of specific heat for heating is prescribed by 40 percent.

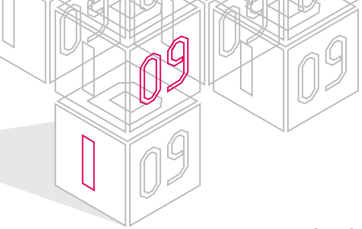
With this article we looked for an answer to the question of what extent the energy-saving building still makes sense? Is this the construction of low energy (NEH) or passive houses (PH) through the use of heat between 15 and 30 kWh/(m²a) or building up to the limit prescribed by PURES and this is between 40 and 50 kWh/(m²a).

In other European countries like Austria and Germany after the planned rehabilitation of older buildings the energy consumption for heating does not exceed 30 kWh/(m²a). New, both residential and commercial buildings the energy consumption will not exceed 15 kWh/(m²a).

Analysis of the construction costs showed surprisingly small difference between low energy and passive building on one side and the construction by PURES on the other side.

The higher costs of up to 10 % in the construction of buildings according to the passive standard the energy consumption for heating is equal or even lower than 15 kWh/(m²a). The comparison to the construction according to the PURES has been carried out, resulted from the mandatory installation of controlled ventilation with the recuperation of the waste heat, the optimum heating system, the increased thickness of insulation and installation of windows according to the passive standards and the construction method, where the thermal bridges are minimised and reached adequate airtight wrapping. The construction costs of the buildings with the energy consumption for heating by 30 kWh/(m²a) compared to the energy consumption for heating by 15 kWh/(m²a) are lower by 5 per cent only.

Use of heat for heating is not the only criteria which we want to achieve with a low energy building. An important criteria is also a high degree of residential comfort, and even air conditioning in the room during the winter and during the summer. In the construction environmentally friendly and renewable materials are used, manufactured with a minimum amount of embedded energy and CO₂ during the life cycle of the house.



1. RABA TOPLOTE ZA OGREVANJE

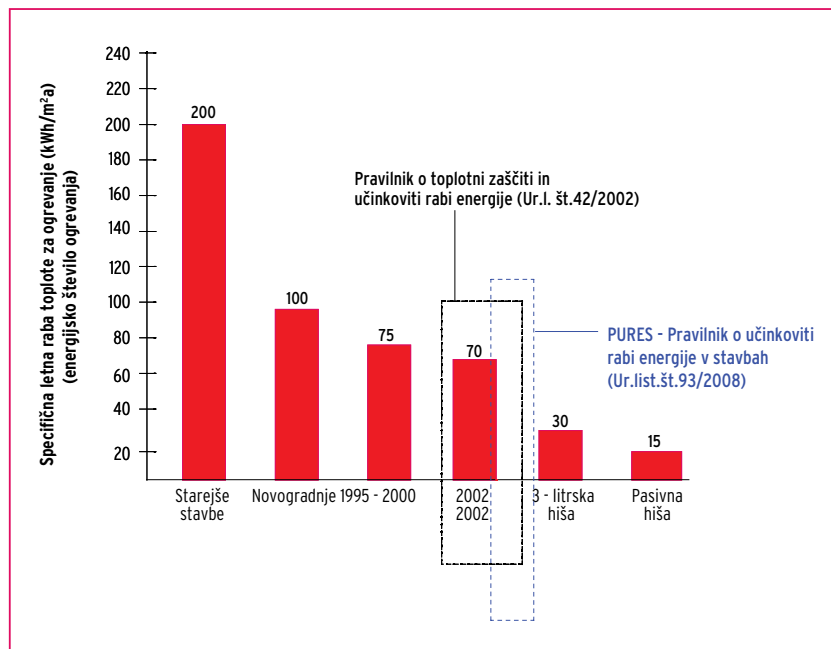
V stanovanjskih objektih predstavlja ogrevanje več kot 70 odstotkov rabe energije. Preostanek energije koristimo za pripravo tople sanitarne vode, kuhanje, razsvetljavo in druge električne aparate. Energijski prihranki so odvisni od starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja.

Za primerjavo rabe energije za različne stavbe uporabljamo energijsko število ogrevanja, ki predstavlja rabo energije za ogrevanje v stavbi na površinsko enoto uporabne površine bivalnega prostora v obdobju enega leta.

Specifična letna povprečna raba toplote za ogrevanje obstoječega stanovanjskega fonda, glede na statistične podatke v RS, znaša med 180 – 200 kWh/(m²a).

Glede na trenutno veljavni pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkoviti rabi energije [1] je predpisana največja specifična letna raba toplote za ogrevanje, ki znaša med 60 in 80 kWh/(m²a) oziroma pomeni približno trikratno zmanjšanje glede na letno rabo obstoječega stanovanjskega fonda. Novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah [2] (PURES), ki bo začel veljati 1.10. 2010 predpisuje zmanjšanje specifične toplote za ogrevanje še za približno 30 – 40 odstotkov.

Stavbe glede na specifično rabo toplote za ogrevanje delimo v običajne, nizkoenergijske (NEH) in pasivne (PH). Med nje prištevamo tudi tako imenovane 3 – litrske hiše z letno rabo toplote za ogrevanje ≤ 30 kWh/(m²a). Pri tem pomeni 1 liter kurilnega olja ekvivalent energije 10 kWh. Še manjšo letno specifično rabo toplote za ogrevanje imajo pasivne hiše (PH) in sicer ≤ 15 kWh/(m²a) (slika 1). Glede na novi pravilnik naj bi znašala specifična letna raba toplote za ogrevanje med 40 – 50 kWh/(m²a).



SLIKA1:
Energijsko število ogrevanja.

2. TOPLOTNE IZGUBE

Povečana toplotna zaščita ovojja stavbe je vsekakor najpomembnejši ukrep, ki ga moramo izvesti za doseganje kriterija energijsko varčne stavbe, vendar ne edini. S povečano in izboljšano toplotno zaščito ovojja dosegamo višje temperature notranjih površin, kar, v povezavi s prezračevalnim sistemom, omogoča visok nivo ugodja.

Značilnosti starejše gradnje so pomanjkljiva toplotna izolacija, slabo in preveč intenzivno prezračevanje ter velike toplotne izgube.

Vendar pa so transmisijske izgube le del izgub in s povečevanjem toplotne izolacije zmanjšujemo le del celotnih izgub. Da zmanjšamo izgube zaradi prezračevanja, je potrebno samo izrabit toplotno energijo, ki jo vsebuje že segreti zrak v prostoru, katerega moramo zaradi izrabljenosti odvajati. Z realizacijo kontroliranega prezračevanja dovajamo v prostor sveži zrak, ki ga pred vstopom v bivalni prostor segrejemo s toploto izrabljenega zraka ter ga nato segretega dovajamo nazaj v prostor. Že ohlajeni izrabljeni zrak pa odvajamo iz objekta. Kontrolirano prezračevanje z vračanjem toplote odtočnega zraka je potrebno vgraditi, če želimo doseči kriterij rabe toplote za ogrevanje ≤ 30 kWh/(m²a).

Nizkoenergijske in pasivne hiše, zgrajene po nizkoenergijskih standardih imajo, ob uporabi kontroliranega prezračevanja in rekupeacije toplote, majhne toplotne izgube. Vrednost toplotne prehodnosti "U" zunanjega ovojja so prikazane v tabeli 1. V tabeli 2 je prikazana povprečna potrebna debelina toplotne izolacije.

TABELA 1:

Toplotne prehodnosti posameznih gradbenih konstrukcij.

U [W/(m ² K)]	Novi pravilnik (1.10.2010)	NEH	PH
Zunanja stena	0,28	≤ 0,25	≤ 0,15
Streha	0,25	≤ 0,20	≤ 0,15
Tla	0,35	≤ 0,25	≤ 0,15
Okna (okvir + steklo)	≤ 1,3	≤ 1,10	≤ 0,80
Kontrolirano prezračevanje	-	da + rekuperacija toplote	da + rekuperacija toplote
Solarne naprave	da (25%)	da	da

TABELA 2:

Debelina toplotne izolacije [$\lambda = 0,035 - 0,04$ W/(mK)].

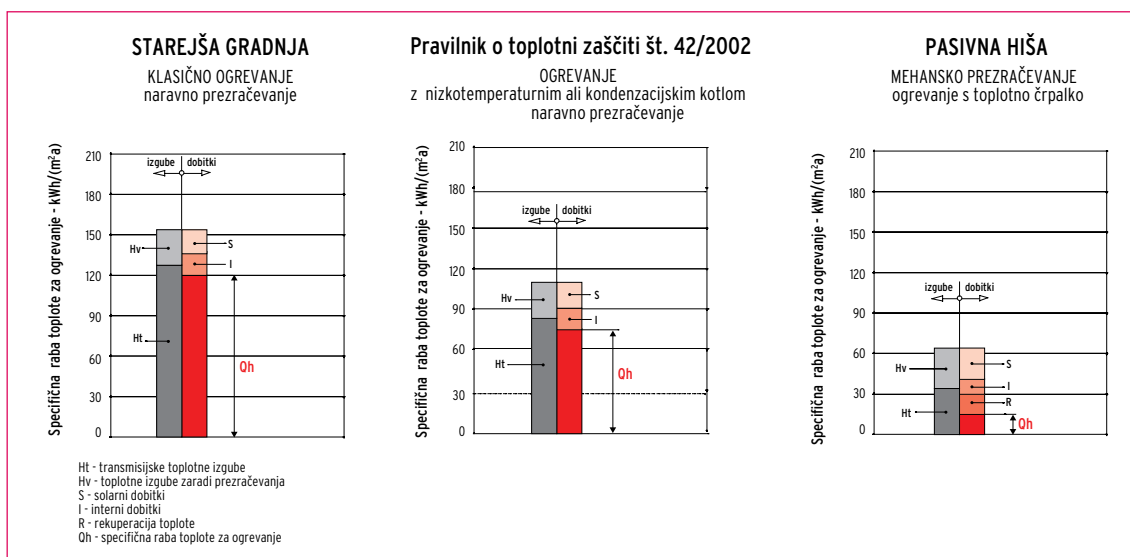
Gradbena konstrukcija	U [W/(m ² K)]	δ (cm)
Zunanja stena	0,30 – 0,10	15 – 30
Streha	0,25 – 0,10	30 – 40

3. UKREPI ZA ZMANJŠANJE TOPLOTNIH IZGUB

Za zmanjšanje toplotnih izgub imamo na volje številne ukrepe. Ti so sledeči:

- povečana toplotna zaščita,
- sodobni ogrevalni in prezračevalni sistemi,
- pasivno – solarno koriščenje sončne energije,
- koriščenje odpadne toplote odtočnega zraka prezračevalnih naprav,
- pozitivno stališče do nizko energijskih hiš.

Uspeh posameznih ukrepov se lahko neposredno odčita iz toplotnih bilanc, kar je prikazano na sliki 2. Primerjava energijske bilance je narejena za povprečno starejšo gradnjo, gradnjo v skladu z obstoječimi predpisi [1] in pasivno hišo. Levi stolpec prikazuje toplotne izgube, medtem ko desni stolpec dobitke toplote. Razliko predstavlja specifična raba toplote za ogrevanje Q_h , ki se zmanjša od 120 kWh/(m²a) na 70 kWh/(m²a) in nadalje na 15 kWh/(m²a) pri pasivni hiši.

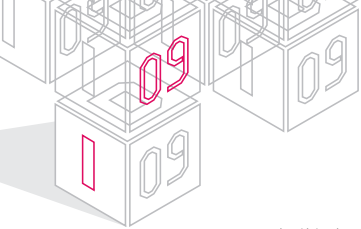


SLIKA 2:

Primerjava energijskih bilanc.

Iz slike je razvidno:

- Zaradi dobre toplotne zaščite zunanje ovojne stavbe se transmissijski del H_t znatno zmanjša.
- Vračanje toplote odtočnega zraka (rekuperacija) je označena z R.
- Solarni dobitki (S) ostajajo približno enaki. Interni toplotni dobitki (I) ostajajo približno enaki. To izhaja iz tega, da narašča število električnih aparatov in prav tako njihov izkoristek, kar pomeni dejansko enako rabo energije.



Uporabniki stanovanj lahko z odpiranjem oken spremenijo prezračevanje H_v . Z zmanjšanjem transmisijskih izgub H_t namreč narašča delež izgub zaradi prezračevanja. Če je ta delež pri starejših stavbah znašal 25 odstotkov, je njihov delež pri nizkoenergijskih hišah 50 odstotkov ter pri pasivnih hišah še višji. Za izračun letne specifične rabe toplote za ogrevanje pasivne hiše se uporablja računalniški program – PHPP 07 – Passivhaus Projektierungs Paket.

Toplotne prehodnosti neprosojnega ovoja so izračunane po DIN 4108. Toplotne izgube skozi zunanje gradbene dele se izračunajo kot vsota vseh toplotnih prehodnosti gradbenih delov in njihovih površin. Pri izračunu skupnih specifičnih toplotnih izgub je potrebno upoštevati tudi vpliv linijskih toplotnih mostov.

Za pasivne hiše je značilno, da so zelo zrakotesne z namenom nadziranja izgub zaradi prezračevanja. Neprepustni ovoj, ki obdaja celotno lupino zgradbe, mora biti dobro zatesnjen, kar dokažemo s pomočjo tlačnega testa. Pri pasivni hiši so obvezne naprave za dovod in odvod zraka z rekuperacijo toplote. Pri izračunu potrebne toplote za ogrevanje se upošteva sončno obsevanje – solarni dobitki skozi steklene površine (glede na naklon orientacije) v ogrevalni sezoni in izkoriščenost sončnih dobitkov, kar dobimo iz razmerja toplotnih izgub in dobitkov. Pridobljena prosta toplota je seštevek solarnega obsevanja in notranjih virov. Kolikšen je uporaben delež pridobljene proste toplote, izrazimo s solarno stopnjo izkoriščanja. Stopnja solarnega izkoriščanja je odvisna od izvedbe zgradbe in lahko znaša med 40 do 100 odstotki.

Pri notranji virih upoštevamo osebe, električno energijo (ne za ogrevanje), oddano toploto energijsko učinkovitih hišnih naprav, toplo tople sanitarne vode, izhlapevanje oz. izparevanje (npr. vlažnost iz lončnic).

Izračun letne specifične toplote za ogrevanje pokaže, da je raba energije v stavbi odvisna predvsem od zadostne toplotne izolacije, ki je vgrajena v ovoj stavbe. Tudi vsi ostali dejavniki lahko močno vplivajo na rabo, predvsem stopnja prezračevanja in vpliv notranjih virov.

Posodobitev ogrevalnih naprav, vgradnja toplotnih črpalk za ogrevanje ne prinaša le gospodarske koristi, temveč se proporcionalno, z zmanjšanjem porabe goriva, zmanjšajo tudi emisije škodljivih snovi v okolje (CO_2 , SO_2 , NO_x , CO). Samo izboljšana toplotna izolacija ne prinaša želenih prihrankov energije, če zadržimo, v primeru sanacije stavbe, zastarele ogrevalne naprave.

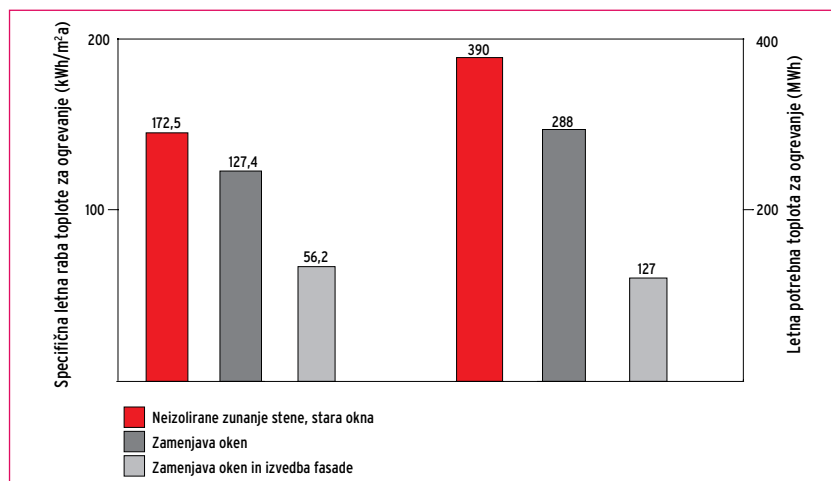
Pasivne hiše imajo ob uporabi kontroliranega prezračevanja z rekuperacijo toplote majhne toplotne izgube. Te znašajo manj kot 10 W na kvadratni meter ogrevane površine. Z učinkovito toplotno izolacijo zunanjih obodnih neprosojnih površin, ki znašajo [$U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$] in vgradnjo energijsko učinkovitih oken [$U_{\text{steklo + okvir}} \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $g \geq 50\%$] ter sodobnimi ogrevalnimi napravami za ogrevanje in prezračevanje zagotovimo enakomerno temperaturo notranjega ovoja stavbe pozimi in poleti.

3.1. Od energijsko potratne do energijsko varčnega objekta – primer dobre prakse

Za stanovanjski blok na območju s temperaturnim primanjkljajem 3300 (dan . K) in neto ogrevalno površino 2260 m², je pred zamenjavo oken znašala raba toplote za ogrevanje 390 MWh (daljinsko ogrevanje), kar znaša letno 172,5 kWh na kvadratni meter ogrevane površine. Vsa obstoječa okna, s toplotno prehodnostjo 2,8 W/(m²K), so se postopoma zamenjala z energijsko varčnimi okni s toplotno prehodnostjo 1,3 W/(m²K), s tem se je zmanjšala raba energije za približno 25% oziroma na 288 MWh, kar znaša letno 127,4 kWh na kvadratni meter ogrevane površine. Z ukrepom nove toplotno – izolacijske fasade, z debelino toplotne izolacije 12 cm, **je predvideno zmanjšanje rabe energije na 127 MWh, kar znaša letno 56,2 kWh na kvadratni meter ogrevane površine.**

TABELA 3:
Potrebna toplota za ogrevanje.

Večstanovanjski blok Neto ogrevana površina: 2260 m ² Izmenjava zraka $n = 1,00 \text{ h}^{-1}$	Specifična letna raba toplote za ogrevanje kWh/(m ² a)	Letna potrebna toplota za ogrevanje (MWh)
Pred zamenjavo oken	172,5	390 – pred 2008
Po zamenjavi oken	127,4	288 – leto 2008/2009
Po izvedbi fasade	56,2	127 – leto 2009/2010



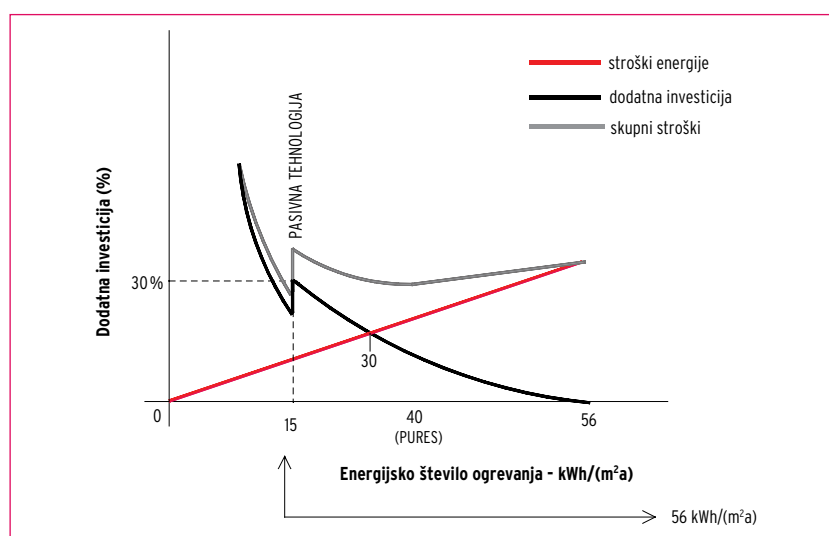
SLIKA3:
Zmanjšanje rabe toplote za ogrevanje pri zamenjavi oken in izvedbi izolacijske fasade.

Glede na pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah Uradni list RS št. 42/2002, je za stanovanjski blok izračunana specifična raba toplote za ogrevanje $56,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, kar je manj od predpisane največje letne dovoljene specifične toplote za ogrevanje (člen. 6), ki znaša $63,24 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Vrednosti veljajo za predvideno izmenjavo zraka pri naravnem prezračevanju $n = 1,00 \text{ h}^{-1}$.

Izračun toplotnih izgub je pokazal, da je pri izolirani zgradbi letna potrebna toplota za ogrevanje približno ena tretjina vrednosti neizolirane zgradbe. Pri projektiranju toplotne zaščite zgradbe je potrebno upoštevati krajevno ugotovljene podatke o projektni zunanji temperaturi, temperaturnemu primanjkljaju, o trajanju ogrevalne sezone in globalnemu sončnemu obsevanju. Predvidena letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe se izračuna skladno s standardom SIST EN 832. Upoštevajo se transmisijske in prezračevalne toplotne izgube, dobitki notranjih virov in dobitki sončnega sevanja.

3.2. Prehod na NEH ali PH

Če bi v opisanem primeru s specifično rabo toplote za ogrevanje $56 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ želeli doseči specifično rabo toplote za ogrevanje $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, kar predpisuje PURES, bi morali investicijo povečati za približno 20 odstotkov, glede na že nastale stroške izvedbe fasade in zamenjave stavbnega pohištva ter dodatne izolacije podstrešja od sedanjih 20 cm na 30 cm. Če bi obstoječi objekt želeli sanirati za dosego t.i. pasivnega standarda, pa bi morali investicijo dodatno povečati za približno 10 odstotkov (slika 4). Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ v primerjavi z rabo toplote $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pa so nižji le za 5 odstotkov.



SLIKA 4:
Povečanje investicije za doseganje t.i. pasivnega standarda.

Višji stroški nastanejo zaradi vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, vgradnje povečane debeline toplotne izolacije in razlike v ceni vgradnje oken za pasivno gradnjo.

4. ZAKLJUČEK

Žal se trenutno v praksi dogaja, da še mnogi projektanti pri projektiranju uporabljajo obstoječi veljavni pravilnik o toplotni zaščiti. Prav tako ne upoštevajo pravila stroke, ki priporoča znatno strožje kriterije, kot jih navaja PURES. To s pridom izkoriščajo določena gradbena podjetja, da lahko gradijo ceneje, vendar energijsko potratne objekte. Prav tako še ni uvedena energetska izkaznica (rok 4.1.2009 glede na Direktivo EU o energetske učinkovitosti stavb – EPBD), kjer znaša najnižji energijski razred A za dovedeno energijo $40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

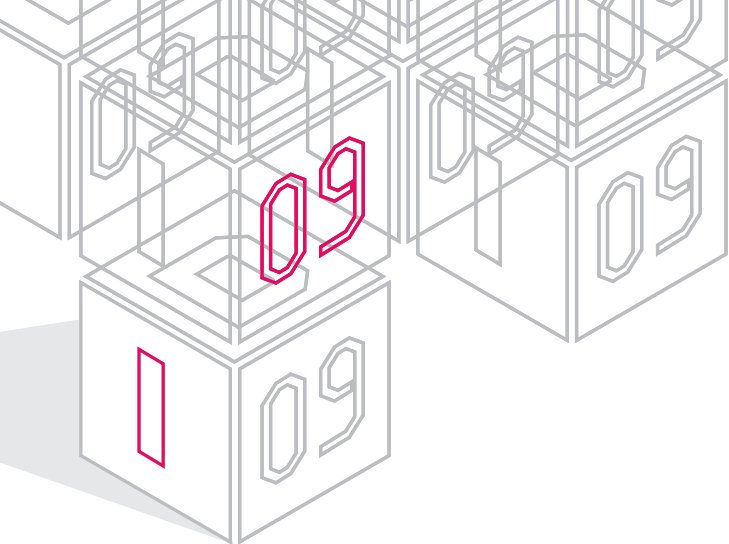
Dne 1.10.2008 je stopil v veljavo novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Pravilnik [2] pa bo pričel veljati šele 1.10.2010. Ta pravilnik predpisuje znatno nižje vrednosti za rabo toplote za ogrevanje glede na trenutno veljavni pravilnik [1] in s tem tudi potrebno toplotno moč objekta. Glede na to, da je novi pravilnik [2] dobra osnova za nizkoenergijsko gradnjo, z računsko ocenjeno specifično rabo toplote za ogrevanje med 40 in $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ in ker bo začel veljati šele čez eno leto, je še dovolj časa, da ga dopolnimo tako, da se bo v čim večji meri približal t.i. pasivnim standardom, ki jih primer v Avstriji in Nemčiji obvezno uporabljajo pri novogradnjah in tudi sanacijah stanovanjskih ter ostalih objektov.

Novi PURES že zdaj zagotavlja približno polovico manjšo rabo energije v novih stavbah od sedanjih predpisov. Analiza stroškov gradnje je pokazala presenetljivo male razlike med t.i. nizkoenergijsko in pasivno gradnjo na eni strani in gradnjo po PURESU na drugi strani. Višji stroški v višini do 10 odstotkov pri gradnji stavb v t.i. pasivnem standardu, z rabo toplote za ogrevanje $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, v primerjavi z gradnjo glede na PURES, nastanejo zaradi obvezne vgradnje kontroliranega prezračevanja z vračanjem toplote odtočnega zraka, optimalnega ogrevalnega sistema, povečane debeline toplotne izolacije, vgradnje oken v pasivnem standardu in tudi samega načina gradnje (minimalni toplotni mostovi, ustrezna zrakotesnost ovojja). Stroški gradnje za stavbe z rabo toplote za ogrevanje $30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ v primerjavi z rabo toplote $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ pa so nižji le za 5 odstotkov.

5. VIRI, LITERATURA

[1] Pravilnik o toplotni zaščiti stavb in učinkoviti rabi energije (Ur.list št. 42/2002)

[2] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) – Ur.list. št. 93/2008



Razvoj materialov po postopkih sol-gel ter njihova uporaba v sistemih za izkoriščanje nekonvencionalnih virov energije

dr. Ivan JERMAN, dr. Angela ŠURCA VUK, dr. Lidija SLEMENIK PERŠE in prof.dr. Boris OREL,*

Kemijski inštitut Ljubljana Slovenija

*Odgovorni avtor

POVZETEK

V prispevku opisujemo postopek sol-gel in podajamo pregled produktov, ki smo jih s tem postopkom naredili do sedaj. Razčlenjena je uporaba alkoksilanov za pripravo organsko-anorganskih hibridov z nanokompozitno strukturo in prika-

zana priprava poliedričnih oligomernih silseskvioksanov ter njihova uporaba pri izdelavi spektralno selektivnih in samočistilnih premazov za polimerne sončne absorberje.

ABSTRACT

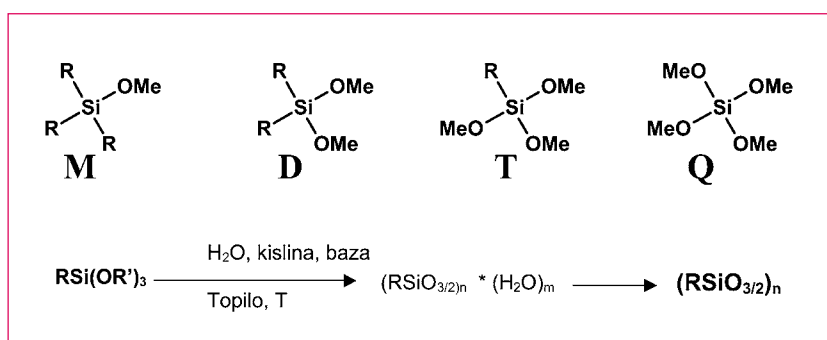
The basic principles that govern the sol-gel processing are described and materials which have already been made in our Laboratory by the sol-gel processing are surveyed. The structure of the organic-inorganic hybrid nanocomposites

in relation to the polyhedral oligomeric silsesquioxanes is discussed and the potential application of the latter is demonstrated in the case of spectrally selective paint coatings for polymeric solar absorbers.

1. POSTOPEK SOL-GEL TER PREGLED SILANSKIH REAKCIJSKIH PRODUKTOV

Ena najhitreje rastočih vej kemije je gotovo kemija (organo)silicijevih spojin, to pa zato, ker je silicij drugi najpogostejši element v zemeljski skorji, in tako naravni kremen predstavlja praktično neomejen vir tega elementa. Cena pridobivanja silicija je relativno nizka, zato je vedno bolj zanimiv za pripravo novih materialov. Mejniki v industrializaciji in posledično široki potrošnji silicijeve kemije predstavlja enostavna sinteza dimetildiklorosilana (Müller-Rochow direktni proces), ki je osnovna surovina za silikone (polidimetilsiloksane); sčasoma so razvili tudi procese za pripravo množice drugih silanov.

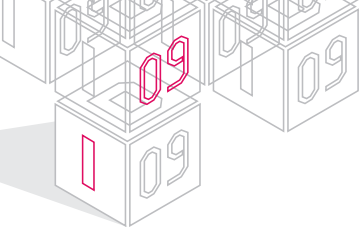
SLIKA 1:
Zgledi alkoksilanov: mono- (M), di- (D), tri- (T) in tetra- (Q) substituiranih silanov. Shema hidrolize in kondenzacije trialkoksilanov ($RSi(OR')_3$), ki vodi do tvorbe različnih siloksanov ($RSiO_{3/2}n$). (Gl. sliko 1B.)



Med silani so alkoksilanov ($R_nSi(OR')_{4-n}$, $m + n = 4$) (slika 1), v manjši meri pa tudi klorosilani (R_nSiCl_{4-n} , $m + n = 4$), najpomembnejši prekursorji za pripravo mnogih materialov po postopkih sol-gel kemije [1]. Topnost alkoksilanov v različnih topilih omogoča njihovo hidrolizo (kislinsko (slika 2) ali bazično (slika 3)), tvorijo se silanoli, ki nato kondenzirajo v različne produkte. Kondenzacijske reakcije vodijo do povezovanja posameznih silicijevih enot najprej v oligomerne in končno v polimerne siloksanske strukture.

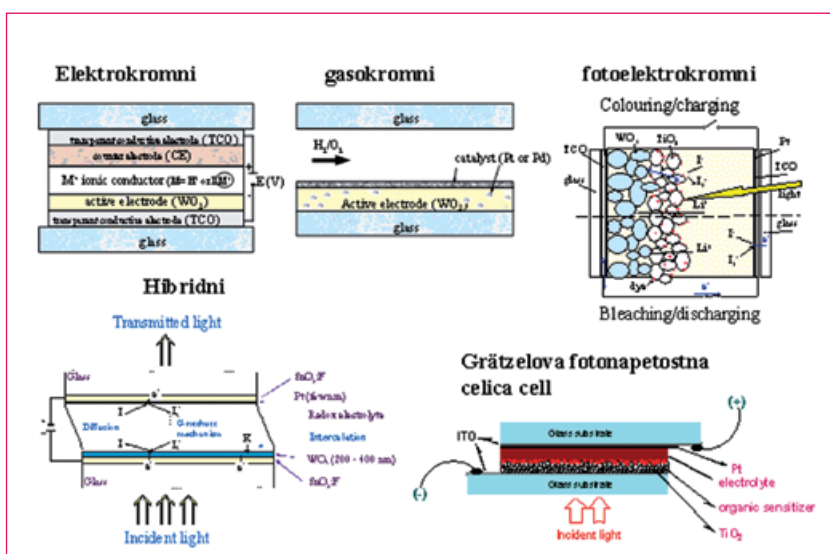
Posledica teh procesov se kaže v zgoščevanju take reakcijske zmesi najprej v koloidno raztopino oligomerov (sol), ki pri nadaljnji kondenzaciji preide v po vsem volumnu premrežen polimer (gel) (sliki 2A in B). Od tod izvira ime za postopek sol-gel.

Na splošno velja, da je postopek sol-gel enostaven (tabela I), relativno poceni, ne zahteva specialne opreme in je zato primeren za okolja, ki nimajo dovolj sredstev (kot je to Slovenija). S postopkom sol-gel smo v našem laboratoriju že pripravili nekaj zanimivih, novih in - ne glede na omejene možnosti - "high-tech" materialov. Večina od teh smo s pridom uporabili za izdelavo priprav, ki omogočajo izrabo sončnega sevanja (pasivnih in aktivnih) (slika 2 in tabela II).



Prednosti	Nizka cena opreme (vlečenje tankih plasti iz raztopin, namakanje, ožemanje, sušenje);
	Nižje procesne temperature glede na klasične načine priprav (predvsem v primeru anorganskih materialov in keramik) (tekstil);
	Z izbiro prekurzorjev in pogojev sinteze nadzorujemo strukturo in morfologijo končnih produktov;
	Možnosti priprave homogenih večkomponentnih sistemov (mešanice ali kompleksni sistemi, ki imajo več lastnosti hkrati) (multifunkcionalni sistemi);
	Možnosti priprave različnih oblik materialov: filmov in prevlek, prahov z enotnimi delci, monolitov, vlaken in kompozitov, oplaščenje tekstilnih vlaken ;
	Velika čistost izhodnih spojin;
Pomanjkljivosti	Možnosti priprave hibridnih organsko-anorganskih materialov: ormocerov, ormosilov in ormolitov (organsko modificirana keramika, silani in elektroliti).
	Visoka cena izhodnih spojin;
	Zdravju škodljivi organski prekurzorji;
	Veliki skrčki materialov med pripravo;
	Preostali ogljik in hidroksidne skupine;
	Porozen končen material (to je lahko pozitivna lastnost);
	Vpliv številnih kemijskih in fizikalnih faktorjev na sintezo vodi do težav s ponovljivostjo in otežuje razlago procesov.

TABELA 1:
Prednosti in pomanjkljivosti postopkov sol-gel.



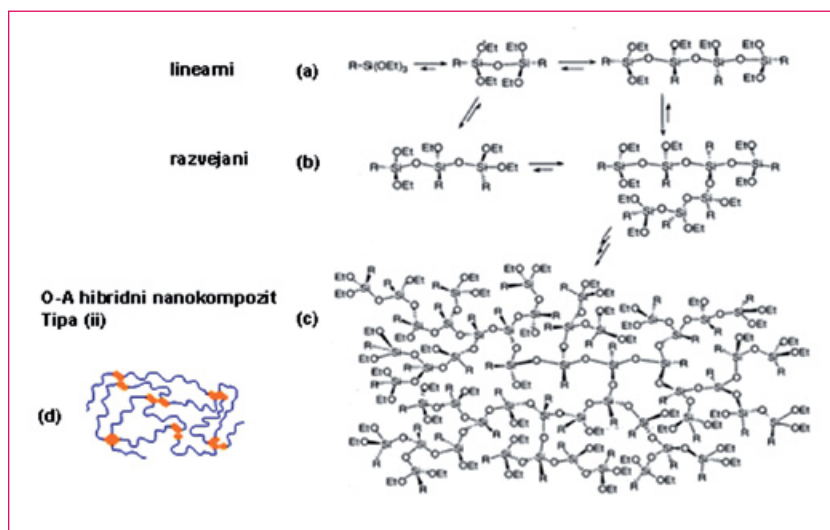
SLIKA 2:
Sistemi, narejeni iz materialov, pripravljenih po postopkih sol-gel na KI: pasivni (elektrokromni, gasokromni, fotoelektrokromni, hibridni) in aktivni (Grätzelova fotonapetostna celica).

Katodni elektrokromni materiali WO₃ Nb₂O₅ Li_{0.4}Nb₂O_{5.2}, Li_{0.2}Nb₂O_{5.1} PWA/TiO₂ (priprava pri nizkih temp.) TiO₂/brij (fotoelektrokromen) Anodni elektrokromni materiali Ni - oksid Ni(Si) - oksid Ni(La) - oksid Li_xNiO₂ Co₃O₄ Co(Al) - oksid, Co(Al,Si) - oksid, Co(Al,Si) Li_xCoO₂	Protielektrode za EC sklope CeO₂, Ce/Ti - oksid, V/Ti/Ce Mo:CeO₂, Si:CeO₂, Si:Mo:CeO₂ Ce/V - oksid CeVO₄ Fe/CeVO₄ CeO₂, CeO₂/SnO₂ SnO₂, SnO₂/Sb Mo:Sb:SnO₂, Mo:SnO₂ V/Ti - oksid, V/Ti/Ce V/Ti/Zr - oksid, V/Ti/Ce - oksid, V/Ti/Ce Fe₂O₃ Nb/Fe - oksid Fe/V - oksid FeVO₄, Fe₂V₄O₁₃ InVO₄ V₂O₅, V₂O₅/ICS - PPG
---	--

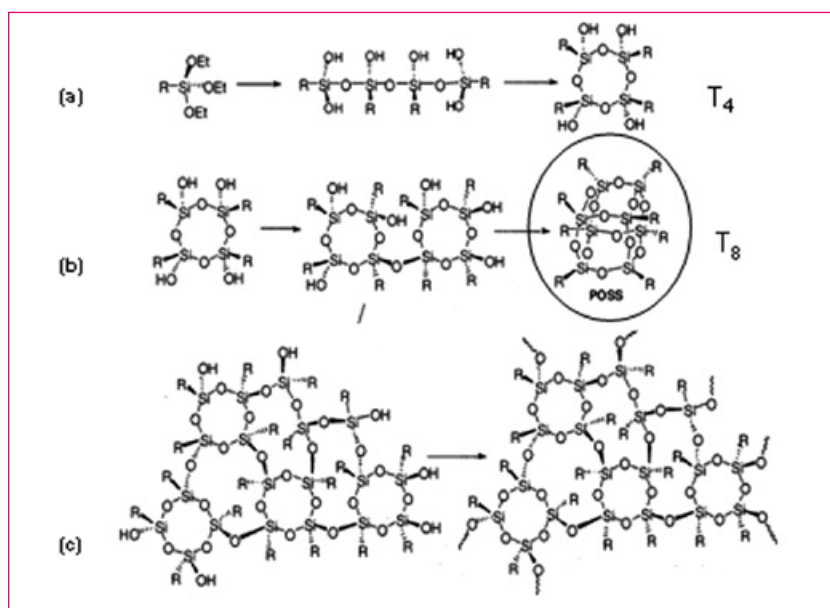
TABELA 2:
Tanke prevleke za elektrokromne (EC) optično preklapne sisteme. V večini primerov smo jih pridobili po termični obdelavi hibridov (> 300 °C), prikazanih na sliki 2.

Poseben pomen imajo trialkoksilani ($R-Si(OR')_3$, R = alkil, akril, cianato, epoksi, merkapti ...), ki omogočajo pripravo organsko-anorganskih (O-A) hibridov z nanokompozitno strukturo. O-A hibridi so dvofazni materiali, sestavljeni iz organske in anorganske faze. Od običajnih kompozitov se nanokompoziti razlikujejo v velikosti anorganske, tj. silikatne faze, ki je nanometrskih dimenzij. Organska in anorganska faza sta lahko v nanokompozitu med seboj povezani s šibkimi vezmi (H-vezi, Van der Waalove sile) (tip (i)), bolj zanimivi pa so hibridi tipa (ii), pri katerih je silikatna faza vezana na organsko fazo s kovalentnimi (močnimi) vezmi. Glede na povezanost organske in anorganske faze imajo nanokompozitni (O-A) hibridi lastnosti obeh faz (recimo trdoto anorganske in elastičnost polimerne faze) [2].

SLIKA 3:
Kondenzacijski produkti kislinsko katalizirane hidrolize. Shematično je nastali O-A nanokompozit, predstavljen z $(R-(SiO_{3/2})_n)$ skupki, vezanimi med seboj s polimernimi verigami, ki so posledica polimerizacije R-organskih skupin. Organske skupine so prisotne tudi po popolni kondenzaciji (ormosili). Termična obdelava vodi do ormocerov (*organically modified ceramics*).



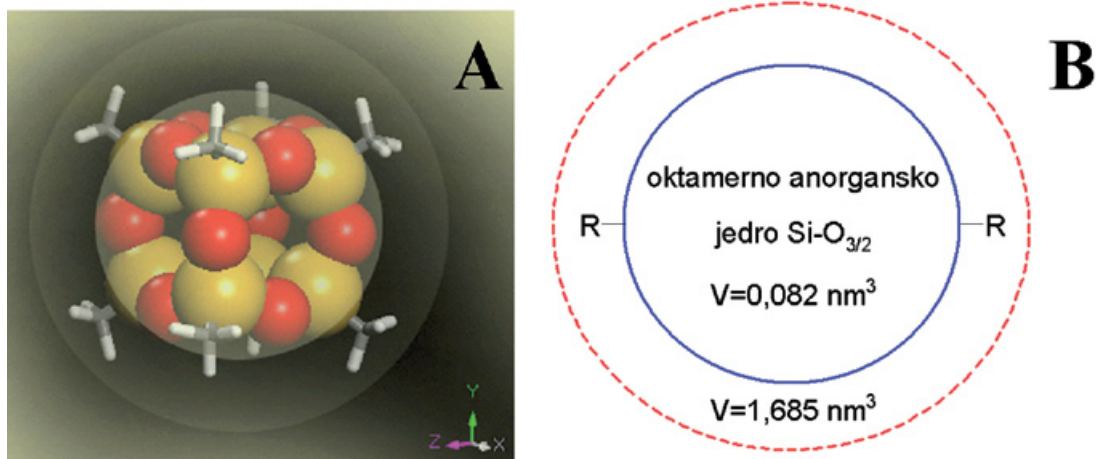
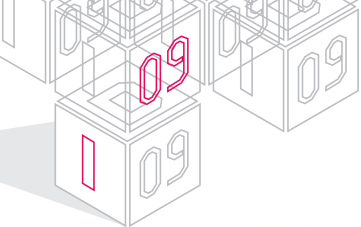
SLIKA 4:
Kondenzacijski produkti bazično katalizirane hidrolize: ciklični T_4 oligomeri (a), oligomerni silseskvioksani s poliedrsko (T_8) strukturo (b) in O-A hibridi z neurejeno anorgansko fazo silseskvioksanov ($-(SiO_{3/2})_n$) (c), ki je lahko vezana med seboj preko polimerne faze (O-A hibridi tipa (ii)).



Posebne pomena so hibridi, ki jih dobimo pri bazični hidrolizi (slika 4), pri kateri dobi anorganska faza točno določeno poliedrično (T_n , $n = 6, 8, 10, 12 \dots$) strukturo (imenujemo jih poliedrični oligomerni silseskvioksani - POSS), v nasprotju z naključno raščeni $-(SiO_{3/2})_n$ skupki, ki nastanejo pri kislinsko katalizirani hidrolizi (slika 3a). Sinteza in uporaba nanokompozitov POSS predstavljata v zadnjem času centralni interes raziskav Laboratorija za spektroskopijo materialov.

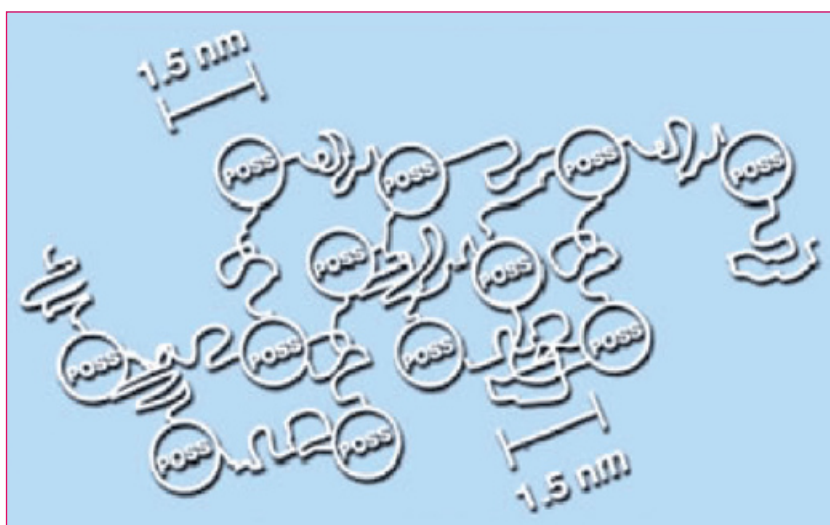
2. POLIEDRIČNI OLIGOMERNI SILSESKVIOKSANI (POSS)

POSS predstavljajo korak naprej v razvoju hibridnih sol-gel nanokompozitov. Kemijsko so spojine POSS dobro definirane strukture, sestavljene iz silicijevih in kisikovih atomov [3, 4]. Silicijevi atomi v ogliščih poliedrov omogočajo vezavo organskih substituentov (R) s splošno formulo $(R(SiO_{3/2})_n)_m$; $n = 6, 8, 10, 12 \dots$ (slika 5).



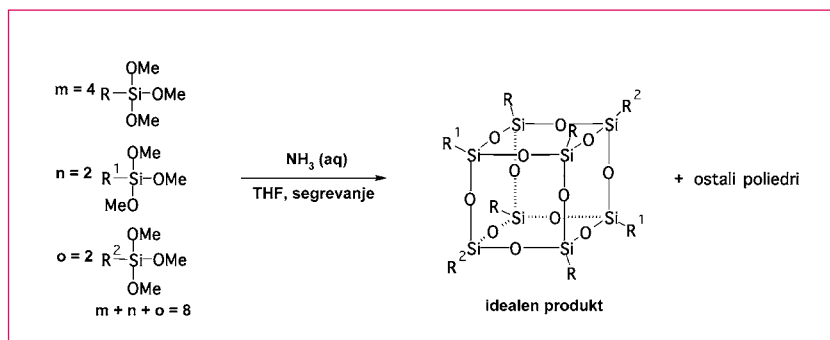
SLIKA 5: Struktura oktametil T_8 POSS (A) ter shema volumna izobutilno funkcionalizirane molekule POSS (B).

Kovalentna povezava toge anorganske sredice $-(Si-O)_{3/2}$, ter gibljivega in reaktivnega zunanega organskega dela (lupina) vodi do hibridov tipa (ii) (sliki 3b in d), vendar lahko, odvisno od števila in vrste organskih substituentov, POSS kemijsko vežemo v različne polimere, s čimer znatno spremenimo njihove lastnosti. V slednjem primeru delujejo POSS kot nanopolnila (slika 6), lahko pa molekule POSS uporabimo za izdelavo tankih prevlek z antikorozijskimi lastnostmi [5], vodo- in oljeodbojne apreture za bombažne tkanine [6] ali za premaze [7].



SLIKA 6: Heteroleptične molekule POSS z dvema reaktivnima organskima substituentoma kot nanopolnilo v polimeru.

Uporabnost POSS torej določata število in vrsta substituentov na anorganski sredici. POSS z različnimi substituenti so heteroleptične spojine, ki jih sintetiziramo iz običajnih trialkoksisilanov tipa $R-Si(OR')_3$ ($R =$ alkil, perfluorooktil, vinil, akriloksi, amino itd.) pri bazičnih pogojih hidrolize in pogojih avtoklaviranja [8] po shemi (slika 7).



SLIKA 7: Priprava heteroleptičnih POSS, opredeljenih z različnimi organskimi substituenti: R^1 , R^2 in R^3 . Kadar je ena ali več substituentov kemijsko reaktivna, se molekule POSS povežejo v hibridno strukturo, kot jo kažeta sliki 3d in 6. V obeh primerih dobimo hibrid tipa (ii).

Heteroleptične molekule POSS so torej idealne spojine za pripravo nanokompozitnih materialov, saj ima že sama molekula POSS hibridno organsko-anorgansko strukturo, poleg tega pa še definirano obliko in tudi kemijsko funkcionalnost. To smo izkoristili za pripravo spektralno selektivnih premazov za sončne absorberje in jim podelili, poleg do sedaj še ne dosežene spektralne selektivnosti, še lastnosti, ki preprečujejo, da bi se na njih nalagala umazanija (*easy-to-clean properties*). Tako se med delovanjem sončnih sprejemnikov ohranjajo njihove optične lastnosti in se poveča odpornost proti koroziji, predvsem pri nepokritih sončnih absorberjih.

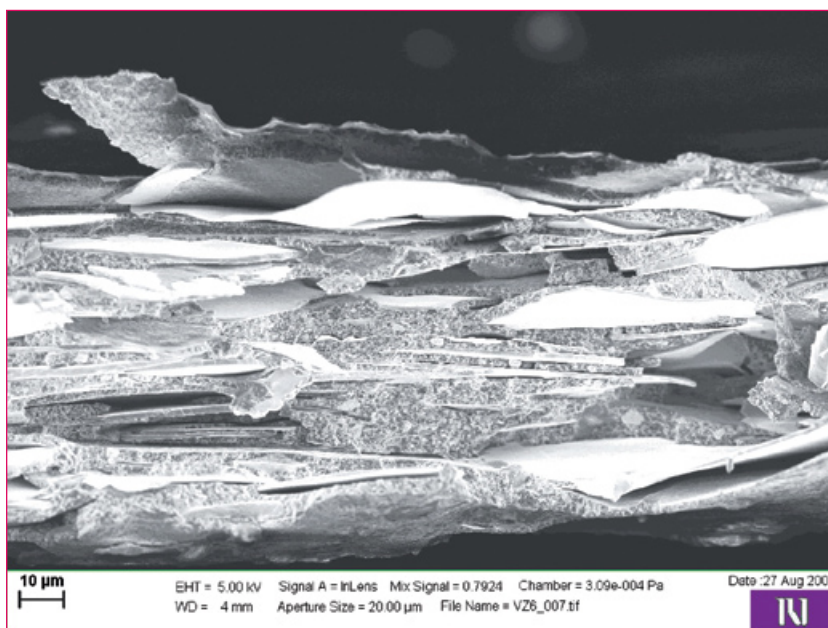
3. POSS KOT DODATKI V SELEKTIVNE PREVLEKE ZA SONČNE ABSORBERJE

Preden preidemo na opis lastnosti spektralno selektivnih premazov pa še nekaj besed o pomenu, ki ga ima sončna energija za pridobivanje toplote za ogrevanje stavb.

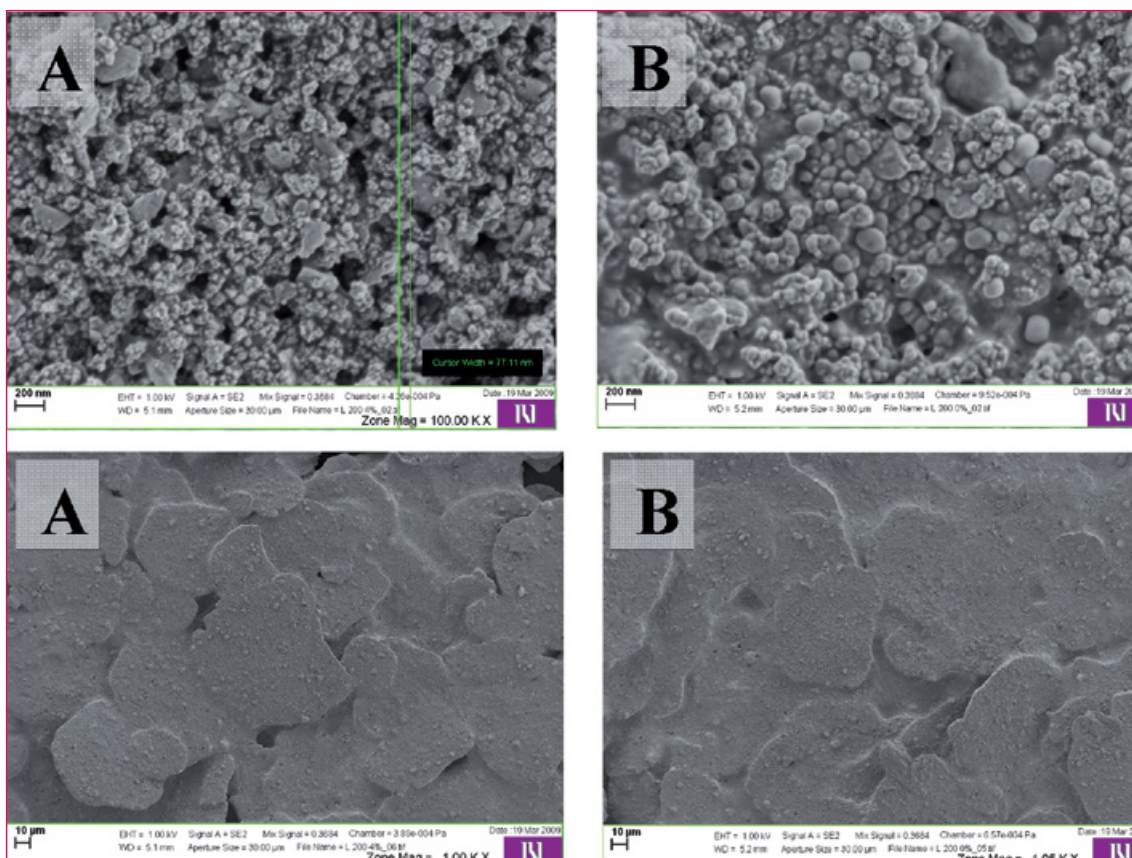
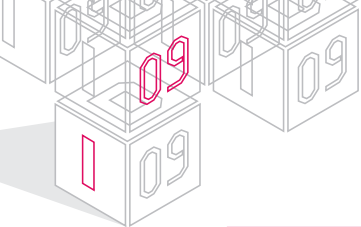
Nesporno drži, da je fotovoltaika "prva dama" v raziskavah, kako uporabiti sončno energijo in zmanjšati porabo fosilnih goriv. Ta je velika: kar 49 odstotkov fosilnih goriv porabimo za ogrevanje stavb, 31 odstotkov za pogon vozil in 20 odstotkov za proizvodnjo električne energije. Glede na to se najbolj splača vlagati v razvoj sončnih sprejemnikov za pridobivanje tople vode za domačo uporabo in za ogrevanje stavb, ne pa v fotovoltaiko. Pri nas ni tako, pa čeprav imamo lep zgled v sosednji Avstriji, kjer je trenutno nameščenih 3 milijone m² sončnih sprejemnikov, pri nas pa le nekaj več kot 100.000 m². Razlogov za to je precej, med drugimi tudi podcenjujoč odnos do raziskav materialov za sončne sprejemnike. Očitno prevladuje mnenje, da je razvoj prevlek za sončne absorberje (vakuumski ali ravni) zaključen in da nadaljnje izboljšave niso potrebne. Dejstvo je, da le nekaj proizvajalcev spektralno selektivnih prevlek zalaga z njimi skoraj vse proizvajalce sončnih sprejemnikov v Evropi. Tako na primer podjetje Alanod naredi na leto nekaj manj kot 4,5 milijona m² (vseh se na evropskem trgu trenutno porabi nekaj več kot 5 milijonov m²) bakrene ali aluminijaste pločevine, na katero je po vakuumskih postopkih nanosena tanka prevleka kermeta. Na to pločevino, ki jo v kolutih dobijo izdelovalci sončnih sprejemnikov od proizvajalca, z ultrazvočnim ali laserskim varjenjem pritrdijo cevi za izmenjavo toplote. Postopek je enostaven in komercialno še vedno sprejemljiv, pa čeprav je cena za m² od 15 do 20 EUR. Vendar cena ni največji problem. Problem je v premajhnih kapacitetah, ki jih določa vakuumsko tehnologija, zato v kratkem ni mogoče pričakovati, da bi lahko proizvodnja kermetov, narejenih po vakuumskih postopkih, v svetu porasla. Zato je treba preiti na enostavnejše tehnologije, ki bi omogočale masovno proizvodnjo spektralno selektivnih prevlek, po možnosti z enakimi optičnimi lastnostmi in če le mogoče, z nekaterimi izboljšavami.

Na KI smo v okviru raziskav materialov za sončno energetiko skupaj s tovarno Color iz Medvoda (Helios Group) kot prvi korak k razširitvi ponudbe za proizvajalce kovinskih sončnih sprejemnikov razvili spektralno selektivno prevleko, ki se kot premaz nanaša na različne kovinske substrate: pocinkano pločevino, bakreno pločevino na *roll-bond* plošče s predizdelanimi cevmi, skozi katere se pretaka hladilna tekočina. Vendar se lahko premaz nanaša tudi na nekovinske materiale, kot na primer na polimere. Sončni sprejemniki, ki so v celoti narejeni iz polimerov, so predmet intenzivnih raziskav v Evropi in drugod po svetu, v katerih aktivno sodelujemo tudi mi [9], za njihov dobri izkoristek pa je spektralno selektivna površina, ki jo dobimo z nanosom selektivnega premaza, bistvena. Na razpolago so že različni polimeri (recimo polifenilensulfid, PPS), ki imajo primerno visoko temperaturno obstojnost (> 220 °C) in omogočajo, da sončni absorber naredimo v enem samem koraku z ekstruzijo. S selektivnimi premazi opremljene polimerne absorberje razvijamo skupaj z norveškim podjetjem Aventa (epost@aventa.no) v okviru projekta MULTIFUNCOAT (Projekt MATERA ERA-NET).

Premaz je primeren za nanašanje z običajnimi tehnikami (brizganje, nanašanje na kovinski svitek (*coil-coating*)) v debelinah od 20 do 40 µm in ima različne barvne nianse, kar je posebno pomembno za nezastekljene sončne sprejemnike za fasade stavb. Sestavljen je iz ustrezne polimerne smole z dispergiranimi pigmenti POSS, spektralna selektivnost pa se pridobi zaradi prisotnosti aluminijevih lusk, ki so naložene druga vrh druge ter tvorijo strehasto strukturo (slika 8) [10]. Površino lusk prekriva fino dispergirani pigment, kot kažejo SEM-posnetki na sliki 9. Za doseganje samočistilnih lastnosti pa premazu dodajamo POSS, ki se zaradi ustrezno izbranih substituentov kemijsko veže v polimerno vezivo premaza in obenem površini premaza podeli nizko prosto površinsko energijo, kar se kaže v tem, da površina odbija vodo in olja.



SLIKA 8:
Presek premaza, narejen s pomočjo
vrstičnega elektronskega mikroskopa
(SEM).



SLIKA 9:
SEM-posnetki premazov z dodanimi molekulami POSS NPE (A) in brez njih (B) (povečava: 15000x in 1000x).

Izmerjene vrednosti sončne absorptivnosti (a_s) in termične emisivnosti (e_t) v tabeli III pokažejo smotrnost uporabe POSS v premazih, saj se povečajo vrednosti a_s in obenem znižajo vrednosti e_t pri tistih selektivnih prevlekah, ki smo jim dodali POSS NPE, ki ga opredeljuje nizka površinska energija (NPE). Še več, premaz, za katerega izdelavo nismo uporabili POSS D, ima slabšo spektralno selektivnost, ki se kaže predvsem v višjih vrednostih e_t .

TABELA 3:
Sončna absorptivnost (a_s) in termična emisivnost (e_t) selektivnih premazov, narejenih z različnimi dodatki POSS, za polimerne in kovinske (pocinkane) absorberje.

Dispergent	Vezivo	e_t	a_s	Dodatek za samočistilnost
POSS D	A 200	0,304	0,903	brez
	A 200	0,239	0,930	POSS NPE
Komerercialni	A 200	0,383	0,883	brez
	A 200	0,404	0,940	POSS NPE

Samočistilost opredeljujejo visoki omakalni koti, doseženi za vodo in n-heksadekan. Posebno izstopa premaz z dodanim POSS NPE, s katerim dosegamo nizko površinsko energijo, saj so omakalni koti za vodo kar 150°. Površina postane superhidrofobna, bolj pogosto v primeru nanosa na bombažnih tkaninah, manj izrazito pa v primeru premazov. Pomembno je dejstvo, da kljub dodatku aditiva POSS NPE premaz, ki ni bil narejen z dodatkom POSS D, ne kaže oljeodbojnosti; olja kot tudi drugi alkani se na njegovi površini razlijejo in kapljica se ne tvori. Po pričakovanju pa dodatek POSS NPE skupaj s POSS D že podeli površini premaza tudi oljeodbojnost.

TABELA 4:
Omakalni koti (θ) za vodo in n-heksadekan.

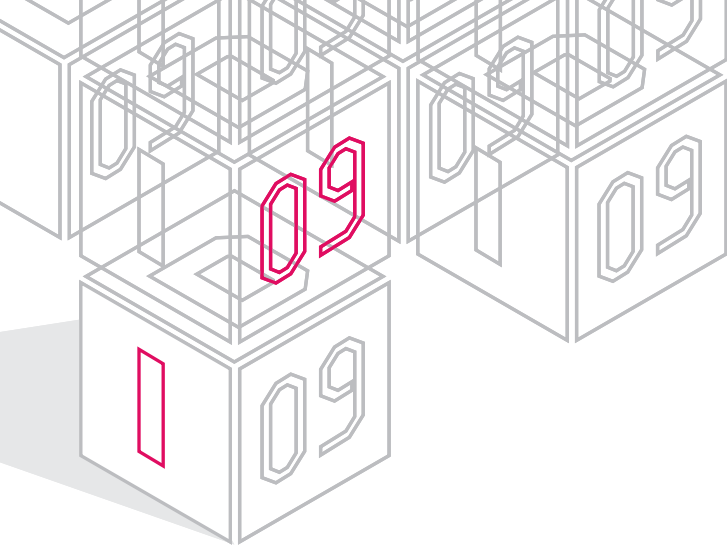
Dispergent	Vezivo	θ_{voda}	$\theta_{\text{n-heksadekan}}$	Dodatek za samočistilnost
POSS D	A 200	105	18	brez
	A 200	150	53	POSS NPE
komercialni	A 200	127	razliv	brez
	A 200	134	razliv	POSS NPE

4. ZAKLJUČEK

Alkoksasilani, s katerimi izvajamo kemijske postopke sol-gel, so vsem dostopni prekurzorji, ki omogočajo izdelavo različnih, tudi *high-tech* materialov, ki jih sicer lahko dobimo le z drugimi in dražji postopki in tehnologijami. Alkoksasilani so izhodne spojine tudi za pripravo poliedričnih oligomernih silseskvioksanov (POSS), ki imajo zaradi svoje kemijske sestave in strukture multifunkcionalne lastnosti in so posebej primerni za pripravo organsko-anorganskih hibridnih materialov z nanokompozitno strukturo. POSS, vključeni v polimere, delujejo kot nanopolnila in omogočajo modifikacijo in funkcionalizacijo drugih nanodelcev in pigmentov, ki se uporabljajo v industriji premazov. Njihove multifunkcionalne lastnosti smo izkoristili za pripravo spektralno selektivnih premazov, posebej primernih za polimerne absorberje. Premazi se odlikujejo s povišano spektralno selektivnostjo, njihova superhidrofobnost in oljeodbojnost pa jim zagotavljata samočistilne lastnosti in s tem trajnost optičnih lastnosti.

5. VIRI

1. C. J. Brinker, G. W. Scherrer, *Sol -Gel Science*, AP, 1990.
2. P. Judeinstein, C. Sanchez; *J. Mater. Chem.* 1996, 6, 511-525.
3. M. Koželj, B. Orel, *Dalton Trans.* 2008, (37), 5072-5075.
4. F. J. Feher, K. J. Weller, J. W. Ziller, *Journal of the American Chemical Society* 1992, 114 (24), 9686-9688.
5. M. Fir, B. Orel, A. Šurca Vuk, M. Vilčnik, R. Ješe, V. Francetič, *Langmuir* 2007, 23 (10), 5505-5514.
6. A. Vilčnik, I. Jerman, A. Šurca Vuk, M. Koželj, B. Orel, B. Tomšič, B. Simončič, J. Kovač, *Langmuir*, 2009, 25, 5869-80.
7. I. Jerman, M. Koželj, B. Orel, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v tisku.
8. I. Jerman, *doktorska disertacija*, UL, Ljubljana, 2009.
9. <http://www.iea-shc.org/task39/index.html>, Polymeric materials for solar thermal applications, Task 39 (povzeto 9. 9. 2009).
10. R. Kunič, M. Koželj, B. Orel, A. Šurca Vuk, A. Vilčnik, L. Slemenik Perše, D. Merlini, S. Brunold, *Sol. energy mater. sol. cells.*, 2009, 93, 630-640.



Lendava – prvo geotermalno mesto v Sloveniji

Marijan KRALJIČ

Nafta – Geoterm d.o.o.

dr. Željko VUKELIČ

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta

POVZETEK

Leta 1994 je bila v Lendavi izvrtana proizvodna geotermalna vrtina Lendava-2g (Le-2g), obenem pa se je začelo graditi geotermalni sistem za ogrevanje stanovanjskih in poslovnih prostorov v mestu Lendava. Od takrat potekajo nenehne dograditve in razširitve geotermalnega sistema oziroma geotermalnega daljinskega ogrevanja mesta Lendava. Tako Lendava postaja prvo geotermalno mesto v Sloveniji, v kate-

rem bodo na geotermalni toplovodni sistem postopoma priključeni vsi večji porabniki toplote. Vse to je potrebno, da bo geotermalni sistem v Lendavi zagotavljal nekonvencionalno, obnovljivo, ekološko neoporečno energijo in bo tako Lendava izpolnila vse kriterije za izkoriščanje obnovljive geotermalne energije v skladu z najvišjimi ekološkimi standardi, torej brez negativnih vplivov na okolje in posledic zanj.

ABSTRACT

In 1994, however, the construction of the production of geothermal wells Lendava-2g (Le-2g) in Lendava started to build the geothermal system for heating of residential and commercial premises. Since then continual upgrading and the extension of the geothermal system and the geothermal district heating Lendava city has been done. Thus, Lendava became the first geothermal city in Slovenia where all the

major users will be gradually connected to the geothermal heating system. In the construction phase is also the reinjection system as well as the monitoring system of production aquifers. All this is necessary for the geothermal system in Lendava, which will provide unconventional, renewable and ecologically sound energy.

1. UVOD

V drugi polovici prejšnjega stoletja, v obdobju, ko so v SV Sloveniji potekale raziskave nahajališč ogljikovodikov, so bila odkrita številna podzemna ležišča termalne oziroma termomineralne vode. Tako so v tem delu Slovenije nastali športnorekreacijski in zdraviliški centri v Moravskih Toplicah, Radencih, Ptuj, Banovcih, V. Nedelji, Lendavi in v Petišovcih, ki uporabljajo termomineralno vodo predvsem v balneološke in športnorekreacijske namene. Nekaj let pozneje pa se je termomineralna voda začela uporabljati tudi v druge namene, kot je ogrevanje rastlinjakov in hotelov.

Leta 1994 je bila v Lendavi izvrtana proizvodna geotermalna vrtina Lendava-2g (Le-2g), obenem pa se je začelo graditi geotermalni sistem za ogrevanje stanovanjskih in poslovnih prostorov v mestu Lendava. Od takrat potekajo nenehne dograditve in razširitve geotermalnega sistema oziroma geotermalnega daljinskega ogrevanja mesta Lendava. Tako Lendava postaja prvo geotermalno mesto v Sloveniji, v katerem bodo na geotermalni toplovodni sistem postopoma priključeni vsi večji porabniki toplote.

2. OSNOVNI OBJEKTI GEOTERMALNEGA SISTEMA V LENDAVI

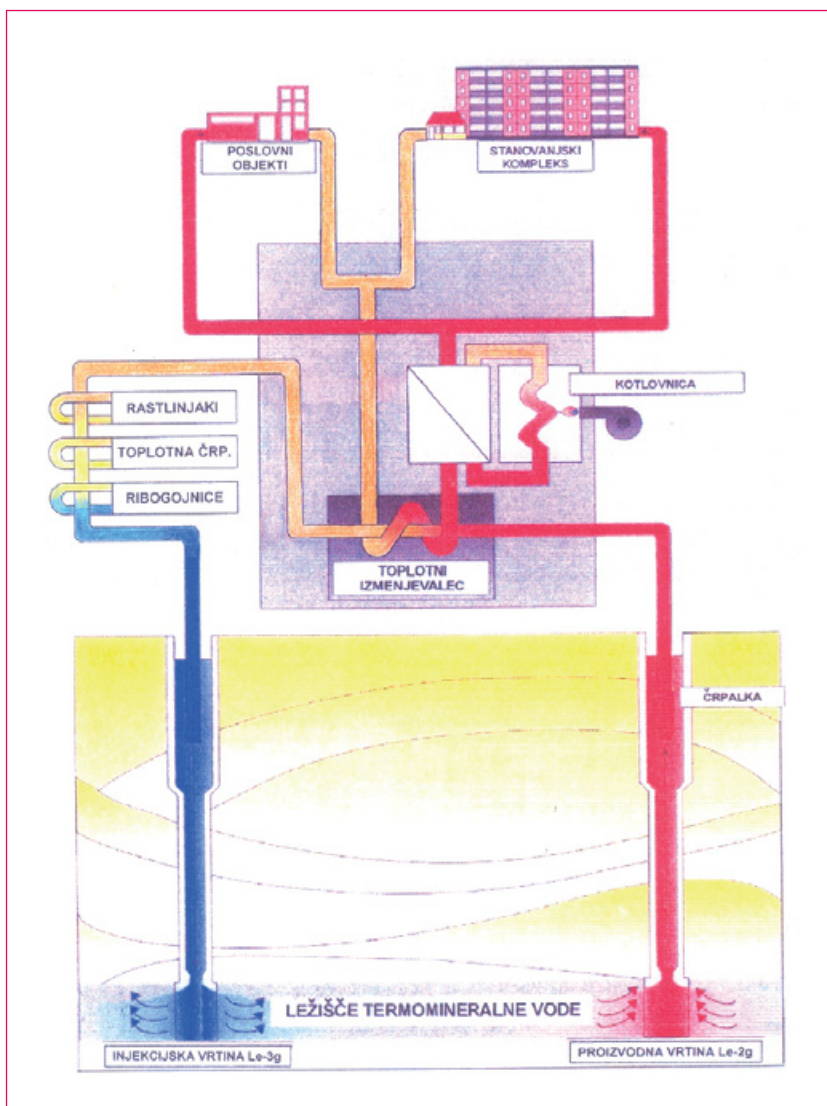
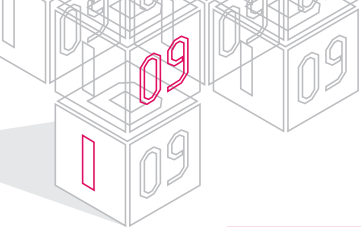
Geotermalni sistem v Lendavi sestavljajo naslednji objekti:

- proizvodna geotermalna vrtina Lendava-2g (Le-2g),
- geotermalna plinska kotlovnica,
- površinski toplovodni sistem,
- reinjekcijska geotermalna vrtina Lendava-3g (Le-3g).

V fazi gradnje pa sta:

- površinski reinjekcijski sistem,
- sistem za monitoring proizvodnih vodonosnikov.

Poenostavljena tehnološka shema geotermalnega sistema v Lendavi je prikazana na SLIKI 1.



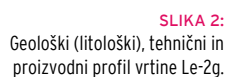
SLIKA 1:
Poenostavljena tehnološka shema
geotermalnega sistema v Lendavi.

2.1 Proizvodna geotermalna vrtina Le-2g

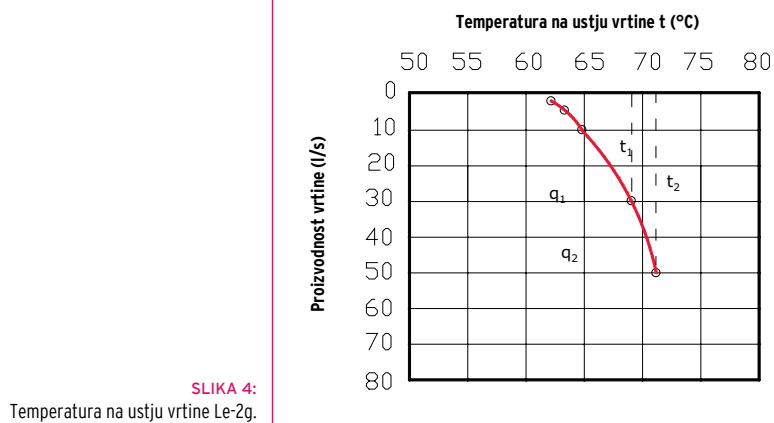
Proizvodna geotermalna vrtina Le-2 g je bila izvrtana v ožjem centru Lendave leta 1994 do globine 1503,6 m. Z geološko spremljavo vrtanja je bilo ugotovljeno, da se na območju ožjega centra Lendave do globine 800 m nahajajo sedimenti peska in gline ter v intervalu od 800 m do končne globine vrtine sedimenti peščenjakov in laporjev. Navedena geološka oziroma litološka sestava zemeljskih plasti je bila tudi potrjena s karotажnimi meritvami, ki so bile izvedene po končanem vrtanju vrtine. Na osnovi podatkov geološke spremljave vrtanja in podatkov, pridobljenih pri karotажnih meritvah vrtine, so identificirana ležišča tremomineralne vode - vodonosniki (peski in peščenjaki, nasičeni z vodo) v intervalu od 800 do 1200 m. V intervalu od 1200 m do končne globine vrtine so na določenih mestih prav tako bili ugotovljeni peščenjaki, nasičeni z vodo, ampak s slabšimi vodonosnimi karakteristikami. Zato so v vrtino bile vgrajene brezšivne jeklene cevi. V intervalu vodonosnikov od 800 m do končne globine so v vrtino vgrajene filtrske jeklene cevi, ki omogočajo dotok termomineralne vode iz vodonosnikov v vrtino.

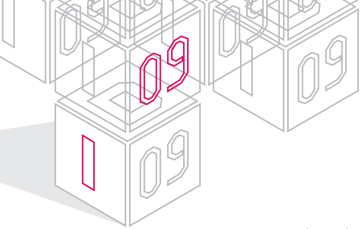
Po zaključeni cevitvi je bila vrtina aktivirana, in sicer tako, da se je zmanjšal hidrostatski tlak stolpca tekočine v vrtini z zamenjavo izplake z vodo in komprimiranim zrakom (angl. Air Lift). S tem je bil dosežen relativno velik dotok termomineralne vode iz vrtine, in sicer 10,7 l/s/bar. Po črpalnem preizkusu je bila temperatura vode na ustju vrtine od 62 do 69 °C (odvisno od količine črpanja vode). Termomineralna voda iz vrtine je nizkomineralizirana ter vsebuje majhne količine raztopljenega plina (predvsem CO₂).

Geološki (litološki), tehnični in proizvodni profil vrtine Le-2g je prikazan na SLIKI 2.



SLIKA 3:
Proizvodnost vrtine Le-2g.





Na osnovi proizvodnosti vrtine in temperature vode je ugotovljena energetska zmogljivost oziroma toplotna moč vrtine, in sicer:

- pri ohladitvi vode za 30 °C; $P_t = 6 \text{ MWt}$, $= 48 \text{ l/s}$, kar lahko zagotavlja 50 000 MWht/letno in nadomesti 4,75 mio. Sm^3 zemeljskega plina letno;
- pri ohladitvi vode za 50 °C; $P_t = 10 \text{ MWt}$, kar lahko zagotavlja 84 000 MWht/letno in nadomesti 7,92 mio. Sm^3 zemeljskega plina letno.

Glede na ugotovljen velik energetski potencial vrtine se je v Lendavi takoj po koncu gradnje vrtine začelo načrtovati in graditi geotermalni toplotni sistem.

2.2 Geotermalna plinska kotlovnica

Geotermalna plinska kotlovnica je zgrajena v neposredni bližini proizvodne geotermalne vrtine Le-2g, v kletnih prostorih poslovne stavbe družbe Nafta-Geoterm.

Kotlovnica je opremljena z:

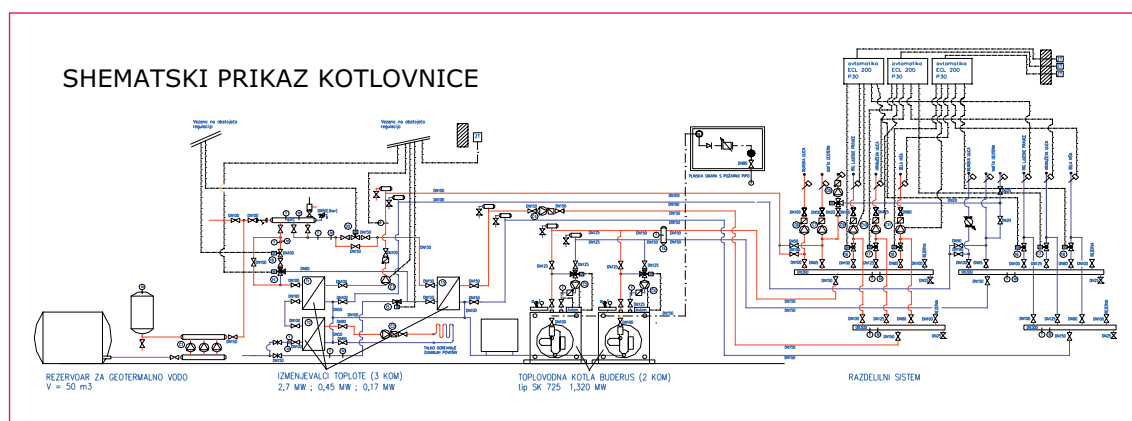
- rezervoarjem s termomineralno vodo kapacitete 50 m^3 ;
- toplotnimi izmenjevalniki 1 x 2,70 MWt; 1 x 0,45 MWt, 1 x 0,17 MWt; in pri porabnikih toplote 1 x 1,0 MWt in 1 x 0,5 MWt;
- plinskima kotloma 2 x 1,32 MWt;
- primarnim in sekundarnim cirkulacijskim sistemom z računalniško vodenjo regulacijo.

Sistem je krmiljen tako, da potrebno toploto prednostno zagotavlja termomineralna voda iz vrtine Le-2g. Plinska kotla se vključujeta v zagotavljanje toplote le v primeru okvare geotermalnega sistema ali morebitne potrebe pri zagotavljanju konične porabe toplote (v primeru izredno nizkih zunanjih temperaturah).

Trenutno pa je v fazi montaže visokotemperaturna toplotna črpalka moči 0,5 MW_t z vhodno temperaturo do 50 °C in izhodno temperaturo več kot 70 °C.

Visokotemperaturna toplotna črpalka bo vgrajena v sistem, da se voda, ohlajena na manj kot 50 °C, ki izteka iz sistema, ponovno segreje na višjo temperaturno raven (več kot 70 °C) in se ponovno uporabi za ogrevanje. S tem se bo izboljšal izkoristek celotnega geotermalnega sistema.

Shematski prikaz geotermalne plinske kotlovnice je podan na SLIKI 5, fotografije posameznih sklopov kotlovnice pa na SLIKAH 6, 7 in 8.



SLIKA 5:

Shematski prikaz geotermalne plinske kotlovnice.



SLIKA 6:
Toplotni izmenjevalnik 2,7 MW_t.



SLIKA 7:
Plinska kotla 2 x 1,32 MW_t.



SLIKA 8:
Visokotemperaturna toplotna črpalna.

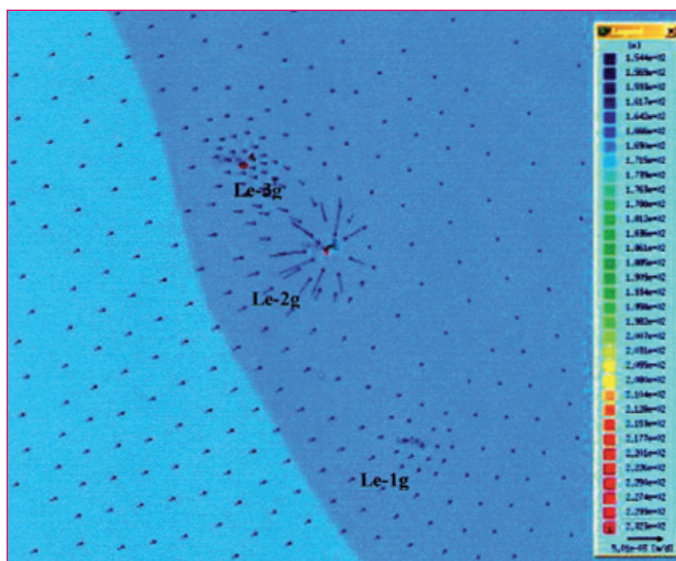
Geotermalna reinjekcijska vrtina je najzahtevnejši objekt reinjekcijskega sistema, ker mora imeti izredno dobre injekcijske lastnosti. To pomeni, da se v vodonosnik kontinuirano vtiskuje celotna količina izrabljene termomineralne vode. Injekcijski tlak pa mora biti kar se da nizek.

Da bi ta pogoj dosegli, je treba strokovno optimalno pripraviti oziroma določiti naslednje parametre: optimalno lokacijo reinjekcijske vrtine, tehnologijo vrtanja, karotažne meritve, tehnične karakteristike vrtine in postopke aktiviranja vrtine.

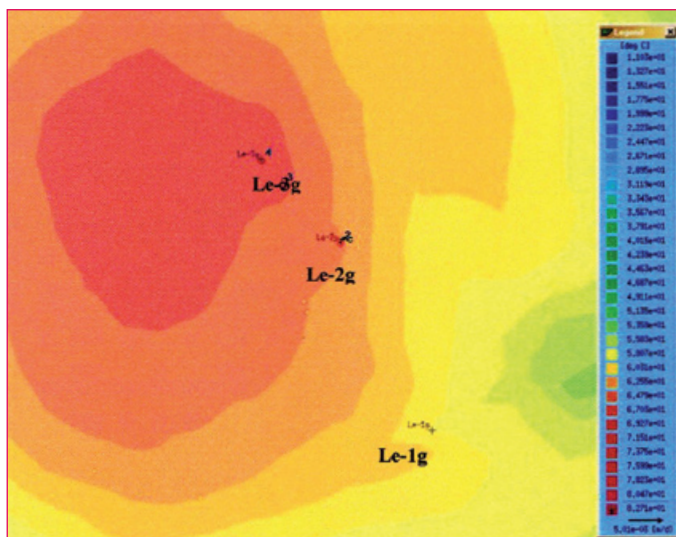
Za določitev optimalne lokacije reinjekcijske vrtine v Lendavi (vrtine Le-3g) je bilo izdelanih nekaj hidrogeoloških študij ter hidrodinamičnih in termodinamičnih modelov. Tako je bilo določeno, da je optimalna lokacija vrtine Le-3g okrog 700 m severno od proizvodne geotermalne vrtine Le-2g.

Predvidena distribucija tlakov in temperatur na vplivnem območju geotermalnega sistema v Lendavi po stabilizaciji tlakov in temperatur pri proizvodnji in reinjektiranju termalne vode v količini 25l/s je prikazana na SLIKAH 10 in 11.

SLIKA 10:
Predvidena distribucija tlakov na vplivnem območju geotermalnega sistema v Lendavi pri proizvodnji (iz Le-2g) in reinjekciji (v Le-3g) termomineralne vode v količini 25 l/s.



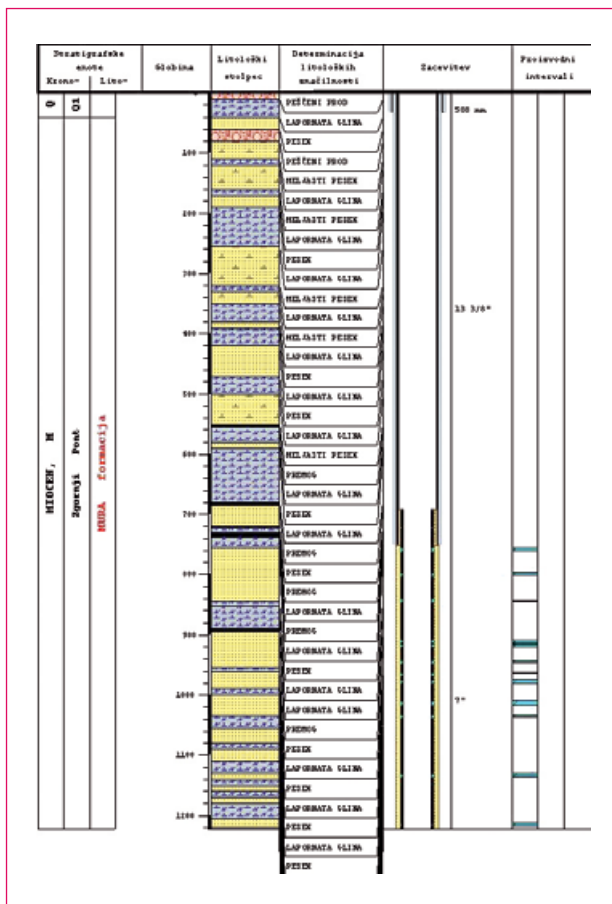
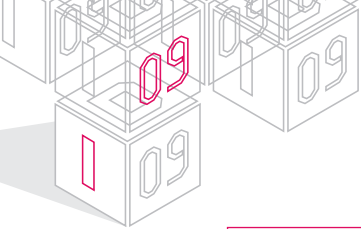
SLIKA 11:
Predvidena distribucija temperatur na vplivnem območju geotermalnega sistema v Lendavi pri proizvodnji (iz Le-2g) in reinjekciji (v Le-3g) termomineralne vode v količini 25 l/s.



Po določitvi optimalne lokacije in izdelavi ustreznih projektov je bila v Lendavi leta 2007 izvrtana reinjekcijska geotermalna vrtina Le-3g. Vrtina Le-3g je prva take vrste v Sloveniji in služi za reinjektiranje izrabljene termomineralne vode.

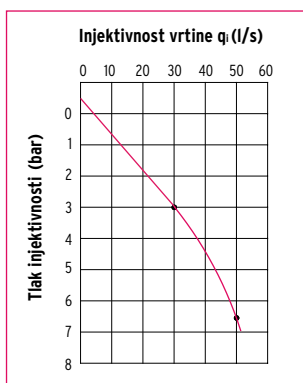
Čeprav je litološka sestava prevrtanih geoloških plasti na vrtini Le-2g in Le-3g približno enaka, je bila gradnja vrtine Le-3g bistveno zahtevnejša zaradi uporabe zahtevnejše tehnologije vrtanja, večjih premerov vrtine, zahtevnejše geološke spremljave, karotažnih meritev, vgradnje posebnih filtrov in vgradnje peščenega zasipa ter intenzivnega stopenjskega aktiviranja oziroma čiščenja vrtine.

Geološki (litološki) in tehnični profil vrtine Le-3g je prikazan na SLIKI 12.



SLIKA 12:
Geološki (litološki) in tehnični
profil vrtnice Le-3g.

Po gradnji in aktiviranju vrtnice Le-3g sta sledila črpalni preizkus ter test injektivnosti vrtnice. Podatki o ugotovljeni injektivnosti vrtnice so prikazani na SLIKI 13.



SLIKA 13:
Injektivnost vrtnice Le-3g.

Iz teh podatkov sledi, da je v vrtnico Le-3g možno optimalno vtiskovati ohlajeno termomineralno vodo v količini do 25 l/s in pri tlaku 4 bare.

2.5 Površinski reinjekcijski sistem

Za vtiskovanje energetsko izrabljene vode je treba zgraditi tudi površinski reinjekcijski sistem, ki je sestavljen iz:

- zbirnega rezervoarja za povratno termomineralno vodo,
- filtrskega sistema,
- injekcijske črpalke,
- povezovalnih cevovodov in
- regulacijskega sistema.

Na SLIKI 14 je prikazan površinski reinjekcijski sistem, ki bo zgrajen v Lendavi.



SLIKA 14:
Površinski reinjekcijski sistem.

V Lendavi je v gradnji površinski reinjekcijski sistem. To je še edini sklop, ki ga je treba zgraditi, da bo mogoče vzpostaviti popolno zaprt primarni tok termomineralne vode. To pomeni naslednje:

- proizvodno ležišče,
- proizvodna vrtina,
- površinski proizvodno-reinjekcijski sistem,
- reinjekcijska vrtina,
- proizvodno ležišče.

S tem bo omogočeno izkoriščanje obnovljive geotermalne energije v skladu z najvišjimi ekološkimi standardi, torej brez negativnih vplivov in posledic za okolje.

2.6 Sistem za monitoring proizvodnih vodonosnikov

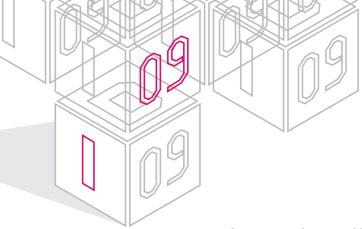
Za monitoring proizvodnih vodonosnikov v času izkoriščanja geotermalnega sistema v Lendavi je v gradnji celoten sistem monitoringa, ki ga sestavljajo:

- opazovalne vrtine (vrtine za monitoring),
- merilna globinska oprema,
- sistem za zbiranje in obdelavo izmerjenih podatkov.

Kot opazovalne vrtine (vrtine za monitoring) se bodo uporabljale tri opuščene naftno-plinske raziskovalne vrtine, ki so na primerni oddaljenosti od proizvodno-reinjekcijskega sistema; SLIKA 15.



SLIKA 15:
Položaj proizvodne, reinjekcijske
in opazovalnih vrtin v Lendavi.



Opazovalne vrtine (vrtine za monitoring) G-1, DV-1 in Pt-114 bodo nastreljene v intervalu proizvodnih vodonosnikov, aktivirane in opremljene z globinskimi merilniki tlakov in temperatur. S kontinuiranim spremljanjem tlakov in temperatur v opazovalnih vrtinah (vrtinah za monitoring) ter kontinuiranim merjenjem tlakov, temperatur in pretokov v proizvodni vrtini Le-2g in reinjekcijski vrtini Le-3g ter občasnim vzorčenjem in kemičnimi analizami izčrpane termomineralne vode se bo spremljalo stanje proizvodnih vodonosnikov. Z meritvami bomo optimizirali izkoriščanje vodonosnikov, kar je osnova za dolgoročno optimalno eksploatacijo celotnega geotermalnega sistema.

3. ZAKLJUČEK

V Lendavi se končuje gradnja geotermalnega sistema za ogrevanje stanovanjskih in poslovnih prostorov. Trenutno so na sistem priključeni porabniki s približno 45 000 m² skupne ogrevalne površine. Glede na velik razpoložljiv energetski potencial sistema, najmanj 50 000 MWh/letno (pri $\Delta t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$), se bodo na sistem postopoma priključevali dodatni novi porabniki toplote za ogrevanje.

Hkrati s širitvijo mreže toplovodnega sistema se gradijo tudi sistemi za izkoriščanje toplote z nižjo temperaturo. S tem se bo bistveno povečal izkoristek celotnega sistema in izboljšala ekonomika izkoriščanja geotermalne energije.

V gradnji sta tudi reinjekcijski sistem in sistem za monitoring proizvodnih vodonosnikov.

Vse to je potrebno, da bo geotermalni sistem v Lendavi zagotavljal nekonvencionalno, obnovljivo, ekološko neoporečno energijo in da bo tako Lendava izpolnila vse kriterije za izkoriščanje obnovljive geotermalne energije v skladu z najvišjimi ekološkimi standardi, torej brez negativnih vplivov na okolje in posledic zanj.

Prostorski podatki kot podpora energetske učinkoviti gradnji



Jure GNILŠEK

Geodetski zavod Celje d.o.o.

Matjaž GRILC

DIGI DATA d.o.o.

POVZETEK

Kompleksnost pri načrtovanju in gradnji energetske učinkovitih objektov je pogojena tudi s sodelovanjem in koordinacijo različnih akterjev ter uporabo različnih tehnik in podatkov za umeščanje objekta v prostor oziroma določanja potenciala objektov za energetske sanacije. V prispevku predstavljamo možnosti, ki jih načrtovalcem nudijo obstoječi prostorski podatki in prostorske analize, ki jih izvajamo z

orodji, ki podpirajo prostorske informacijske sisteme (PIS). Na koncu analiziramo še vrednost nepremičnine, ki je določena z metodo množičnega vrednotenja nepremičnin, na osnovi prostorskih podatkov in podatkov o lastnostih in opreми objektov, in zaključimo s pozivom po razumnem obdavčenju energetske ustreznih nepremičnin.

ABSTRACT

The complexity in designing and constructing energy-saving structures is conditional upon cooperating and coordinating the various players and applying the different techniques and data for placing structures in the physical space, and determining the potential of structures for energy efficiency rehabilitation, respectively. In this paper, we present the possibility offered to designers by the existing spatial data

and spatial analyses performed by the tools supporting the Spatial Information Systems (PIS). At the end, the value of real property is also analysed and determined by real property mass valuation methods on the basis of spatial data and data on characteristics and equipment of structures by calling on a reasonable taxation of energy adequate real properties.

1. ENERGETSKO UČINKOVITA GRADNJA

Energetsko učinkoviti gradnji oziroma obnovi energetske potratnih stavb govorijo v prid naslednja dejstva:

- stavbe prispevajo približno 30-40 odstotkov skupne porabe energije,
- stavbe pridelajo 30 odstotkov vseh toplogrednih plinov in 25-40 odstotkov vseh trdih odpadkov na svetu,
- manjši del, običajno 10-20 odstotkov energije, se porablja pri izdelavi materialov, gradnji in rušenju stavb,
- ostala energija se v glavnem porablja za uporabo stavbe, za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, osvetlitev, delovanje naprav ...

Ker v absolutnem smislu številke naglo naraščajo, bi bilo treba ukrepati takoj, saj z energetske sanacije in energetske učinkovite novogradnje stavb lahko ogromno prispevamo k obvladovanju klimatskih sprememb in porabe energije. Odgovornost za takšno delovanje pa moramo prevzeti vsi - država, lokalne skupnosti, veliki investitorji pa tudi posamezniki.

Potencial drastičnega zmanjšanja porabe energije v stavbah je zelo velik. S preizkušenimi tehnologijami, ki so danes dostopne na trgu, lahko zmanjšamo porabo energije tako v novih kot v starejših stavbah za približno 30-50 odstotkov, in to brez pomembnega povečanja stroškov investicije.

Prihranke energije lahko dosežemo z vrsto različnih ukrepov, tudi z inteligentnim načrtovanjem, izboljšano izolacijo, uporabo nizko-energetskih aparatov in naprav ter spodbujanjem uporabnikov stavb k varčevanju z energijo.

V tem prispevku želimo pokazati, da je bila **faza inteligentnega načrtovanja** do sedaj podcenjena in da s prostorskimi podatki, ki so v Sloveniji na voljo, lahko brez bistvenih dodatnih stroškov umeščamo objekte v prostor mnogo bolj premišljeno in s tem v energetskem smislu bolj kvalitetno.

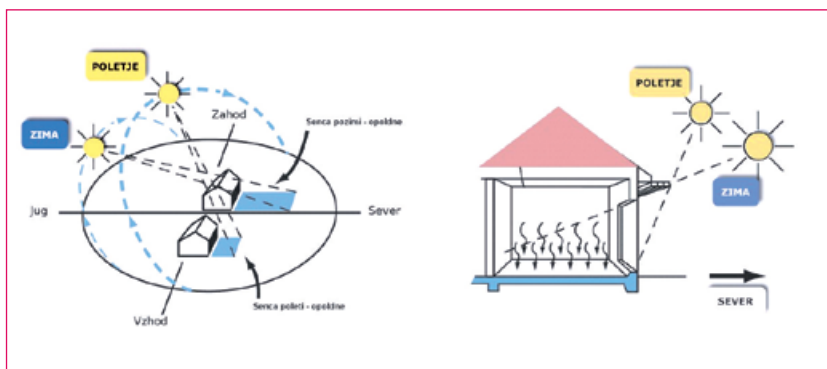


SLIKA 1: Stanovanjsko naselje na Švedskem je načrtovano kot trajnostno urbano okolje, vključno s 100-odstotnim napajanjem z energijo iz obnovljivih virov, povečano biodiverziteti ter z uporabo smeti in kanalizacijskih odpadkov kot energetskih virov. Vse stavbe so grajene tako, da minimizirajo porabo toplote in elektrike.

2. INTELIGENTNO NAČRTOVANJE - UMEŠČANJE OBJEKTA V PROSTOR

Intelligentno načrtovanje pomeni upoštevanje naravnih danosti okolja pri umestitvi objekta v prostor ter prilagoditev arhitekturnih in gradbenih lastnosti objekta in uporabljenih materialov mikrolokacijskim razmeram. Stavbe namreč niso nekaj abstraktnega v prostoru, stojijo v prostoru, ki ima svoje lastnosti, povprečne letne temperature, število sončnih dni, vpadni kot sončnih žarkov, vplive sosednjih stavb, moč vetra ...

Cilj inteligentnega načrtovanja je torej uporabiti naravne danosti sebi v prid in ne obratno.



SLIKA 2: Pametna hiša izkorišča toploto in svetlobo sonca z enostavnimi rešitvami.

Vsaka stavba je vključena v okolje, ki se neprestano spreminja. Spremembe vremena lahko vplivajo na splošno obnašanje stavb ter pomembno vplivajo na notranje udobje in na porabo energije, povezano s tem.

Poraba energije v stavbi je povezana z naslednjimi lokalnimi dejavniki:

- podnebje (vpadnim kotom sonca, močjo sonca, temperaturo, smerjo in močjo vetra, količino padavin ...),
- izpostavljenostjo in površino (naklonom, obliko, geometrijo, razmerji),
- lokacijo, geometrijo, dimenzijami in volumnom okoliških stavb, topografijo terena, območji, pokritimi z vodo in vegetacijo (412.pdf).

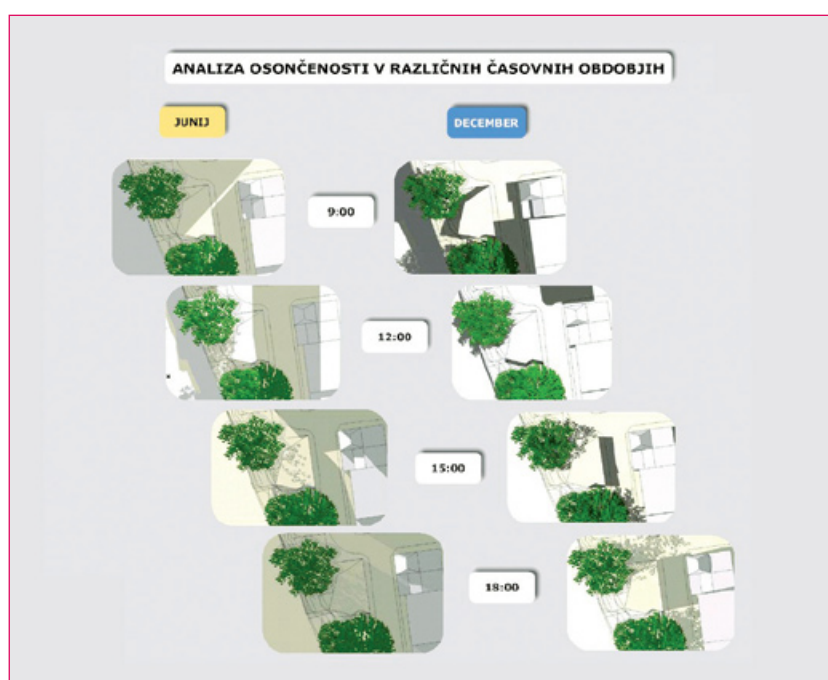


SLIKA 3:
Dejavniki, povezani z načrtovanjem
gradnje stavb (412.pdf).

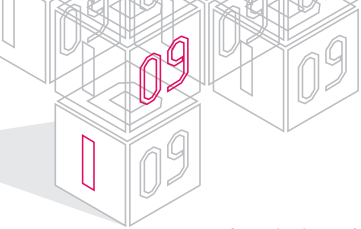
Simulacije energetske učinkovitosti stavb so bile do sedaj običajno osredotočene na osnovno geometrijo stavbe, materiale, uporabo tabel in klimatskih podatkov ter niso upoštevale mnogih vidikov okolja, v katerem je stavba locirana. Predpostavka o stavbi v praznem prostoru in na ravnini preveč poenostavlja realnost in ne upošteva, da je vsaka stavba v interakciji z okoliškim grajenim okoljem. Če bi v simulacijah upoštevali tudi okolico (okoliške stavbe), bi bili mnogi fizikalni procesi, ki vplivajo na stavbo, opisani veliko bolje.

Vseh parametrov ni treba natančno poznati, ampak jih lahko s prostorskimi preseki in analizami pridobivamo iz drugih podatkov.

Z učinkovitimi računalniško podprtimi analizami prostorskih podatkov, ki nam pojave v okolju opisujejo, in dodanimi omejitvami (režimi), ki v prostoru na tak ali drugačen način obstajajo, dobimo odločilne elemente za optimalno umeščanje objekta na predvideno lokacijo. Ko te podatke kombiniramo še s podatki o obstoječem grajenem okoljem, podatki o infrastrukturi in izvajamo modele osenčenja v različnih letnih časih, hkrati pa upoštevamo vplive sosednjih zgradb, ugotovimo, da je tak analitičen način edina prava pot za doseg zelenega rezultata.



SLIKA 4:
Analiza dnevne osenčenosti objekta v
juniju in decembru.

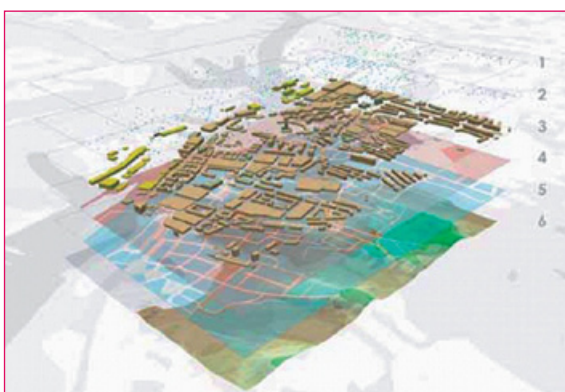


Omenjeni prostorski podatki se zbirajo v različnih tematskih slojih (layerjih) in sestavljajo podatkovni del **prostorskih informacijskih sistemov** (PIS), ki poleg shranjevanja podatkov omogočajo učinkovito pregledovanje, izvajanje prostorskih analiz in izdelavo tematskih kart.

3. PROSTORSKI PODATKI IN PROSTORSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

Prostorski informacijski sistemi (PIS) lahko upoštevajo večje število lokacijsko povezanih podatkovnih zbirk. Prostorski tematski prikazi so lahko dragoceno orodje za energetskega analitika. PIS so namreč več kot tematske karte, so relacijske baze podatkov, povezanih s prostorskimi lastnostmi, ki nudijo uporabnikom boljši prikaz razmerij med podatki. Vzorci, ki so med številkami pogosto skriti, so v prostorskih prikazih očitni.

Osnovna prednost analiz PIS je možnost enostavne integracije podatkov z različnimi prostorskimi mejami. S pomočjo tovrstnih analiz lahko določimo, katera območja ali posamezne stavbe so najbolj zanimivi za promocijo izolacije fasad in streh, menjavo oken, energetske varčnih naprav, fotovoltaičnih kolektorjev, za gradnjo skupnih ogrevalnih sistemov ...



SLIKA 5:
Glavni tematski sloji, potrebni za prikaz energetskih podatkov, povezanih s stavbo:
1. identifikatorji stavb (hišne številke),
2. demografski kazalniki,
3. stavbe,
4. poraba energije,
5. omrežje GJL in parcele,
6. digitalni model terena, topografski podatki in ortofoto.

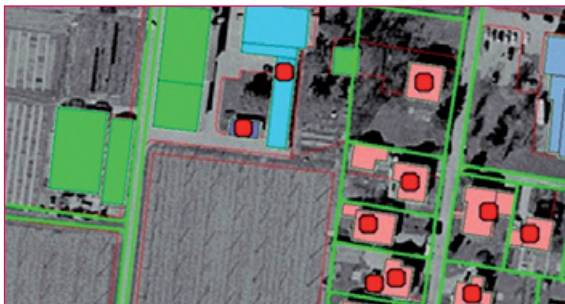
Razpoložljivost podatkov, povezanih z rabo energije, ki jih lahko izkoristimo za podporo sprejemanju odločitev, komunikaciji in oceni vplivov stavb na okolje, je v Sloveniji zadovoljiva. Poleg geodetskih podjetij, ki pretežno zbirajo prostorske podatke po naročilu (najpomembnejši tovrstni izdelek je geodetski načrt), je pri nas uporabnikom na voljo kar nekaj "stalnih" zanimivih zbirk podatkov v pristojnosti javnih služb. Najpomembnejši distributerji so predvsem Geodetska uprava RS (podatki o prostoru in nepremičninah), Statistični urad RS (demografski in ekonomski kazalniki), lokalne skupnosti (prostorski načrti in prostorski izvedbeni akti), Agencija RS za okolje in prostor (podnebni in okolijski podatki) in seveda podatki distributerjev energije in upravnikov stavb o mesečni in letni porabi posameznih porabnikov. Zadnji podatki sicer nimajo javnega značaja in niso vedno na voljo, so pa lahko zelo koristni pri izdelavi študij izvedljivosti in pri analizah energetske učinkovitosti stavb.

Prostorskih informacijskih sistemov, ki uporabljajo našteje podatke, je v Sloveniji in tudi drugod veliko. Različni proizvajalci programske opreme nam ponujajo kompleksne in drage rešitve, na drugi strani pa se na svetovnem spletu pojavljajo odprtokodne rešitve, ki so brezplačne in jih z nekaj znanja lahko prilagodimo svojim potrebam.

V nadaljevanju bomo na kratko opisali predvsem javne prostorske podatke, ki so v pristojnosti Geodetske uprave RS in so na razpolago v distribucijskem okolju državne uprave.

3.1 Register prostorskih enot

V registru so evidentirane vse hišne številke, ki jih lahko povežemo s katastrom stavb.



SLIKA 6:
Povezava hišnih števil s katastrom stavb in zemljiškim katastrom.

3.2 Kataster stavb

Kataster stavb je temeljna evidenca podatkov o stavbah. V njem se evidentirajo podatki o stavbah in delih stavb.

3.3 Zemljiški kataster

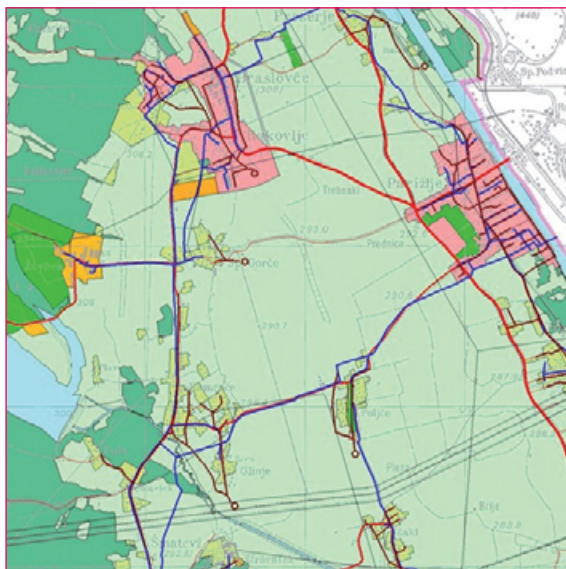
Zemljiški kataster je uradna evidenca zemljišč, kjer je zemljišče opredeljeno s parcelo. Povezuje stvarne pravice na nepremičninah - zemljiščih, ki jih vodi zemljiška knjiga, z lokacijo v prostoru - in umesti lastnino v prostor oziroma prostor poveže z lastnikom.

3.4 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture

V zbirnem katastru gospodarske javne infrastrukture (GJI) so evidentirani objekti gospodarske javne infrastrukture:

- prometna infrastruktura (ceste, železnice, letališča, pristanišča),
- energetska infrastruktura (infrastruktura za prenos in distribucijo električne energije, zemeljskega plina, toplotne energije, nafte in naftnih derivatov),
- komunalna infrastruktura (vodovod, kanalizacija, odlagališča odpadkov),
- vodna infrastruktura,
- infrastruktura za gospodarjenje z drugimi vrstami naravnega bogastva ali varstva okolja,
- drugi objekti v javni rabi (elektronske komunikacije).

Namen zbirnega katastra GJI je na enem mestu zagotoviti informacijo o zasedenosti prostora in razpoložljivosti posamezne infrastrukture, kar je za potrebe projektiranja izredno pomemben podatek.



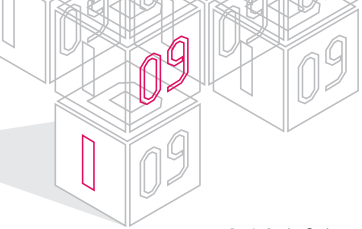
SLIKA 7:
Prikaz gospodarske javne infrastrukture
skupaj z občinskim prostorskim planom.

3.5 Digitalni model reliefa 5 x 5 m

Za celotno območje Slovenije je bil izdelan v letu 2006. Natančnost modela je 1 m na odprtih območjih in 3 m na zaraščenem terenu. Ti podatki o naklonih terena so izredno pomembni pri umeščanju objekta v prostor.



SLIKA 8:
Digitalni model reliefa skupaj z ortofotom
in podatki katastra stavb omogoča zelo
dobro predstavitev prostora.



3.6 Ortofoto načrti

Ortofoto je aerofotografija, ki je v metričnem smislu enaka linijskemu načrtu ali karti. Slovenija je v celoti pokrita z barvnimi ortofoti s slikovnim elementom 50 cm. Nekateri urbani predeli Slovenije pa so prekriti s še bolj natančnimi posnetki.

3.7 Državna topografska karta DTK 5

DTK 5 je vektorska zbirka topografskih podatkov homogene natančnosti in podrobnosti, ki ustreza ravni merila 1 : 5.000. Podatki so vsebinsko razdeljeni v štiri objektna področja (zgradbe, promet, pokritost tal, hidrografija). Podatki so zajeti za 60 odstotkov ozemlja Slovenije in pokrivajo območja večine naselij.

3.8 Geodetski načrt

Geodetski načrt izdelata geodetsko podjetje in potrdi odgovorni geodet. Vsak geodetski načrt (razen izjem, ki so določene v podzakonskih predpisih) mora vsebovati najmanj podatke o reliefu, vodah, stavbah, gradbenih inženirskih objektih, rabi zemljišč, rastlinstvu ter podatke o zemljiških parcelah.

4. TEMATSKI PROSTORSKI PRIKAZI KOT PODLAGA ZA KOORDINACIJO, VODENJE IN ODLOČANJE

Področje gradnje je danes zelo razdrobljeno in nepovezano. Od geodetskih meritev, ki služijo kot podlaga projektiranju, do projektiranja in gradnje nastopa veliko število izvajalcev, ki pa med seboj mnogokrat niso dobro koordinirani. Položaj še poslabšuje nepremičninska kriza, ki krči stroške investicije. Navedena dejstva zato mnogokrat povzročijo, da slabo koordinirana in domišljena načrtovalska faza na koncu pomeni slab rezultat.

Kompleksnost interakcije med posameznimi akterji je prepogosto ena od največjih ovir energetske učinkovite gradnje. Vodenje takšnih projektov je kompleksno in zahtevno. Polno integrirano načrtovanje in proces gradnje zato potrebujeta močnejše vodenje, boljšo koordinacijo in polno predanost vseh vpletenih.

Eden od možnih načinov vzpostavitve takšnega sistema je tudi pogostejša uporaba tematskih prostorskih prikazov in kart, ki so nepogrešljivo orodje pri sprejemanju odločitev ter pri komunikaciji med vpletenimi in javnostjo. Z nazornim prostorskim prikazom omogočamo boljše razumevanje problematike in na vizualen način, ki je večini ljudem bližji, lahko dosežemo podporo inovativnim idejam in projektom.

V podkrepitev napisanega lahko izpostavimo odnos med geodetom in projektantom. "Nekomunikacija" med njima in njuno nepravilno razumevanje možnosti, ki jih prostorski podatki ponujajo, žal ne izkoriščata geodetskega načrta kot primarnega vira nekaterih ključnih podatkov za projektiranje, še posebej v primeru projektiranja energetske učinkovite objekti.

Geodetski načrti, katerih obvezna vsebina zaenkrat ne vključuje nekaterih pomembnih podatkov, kot so na primer višine sosednjih objektov in vegetacije, so lahko pomembno orodje pri načrtovanju gradnje in izbiri materialov za gradnjo. Ker sosednji objekti in vegetacija vplivajo na termične lastnosti mikrolokacije, bi bilo treba v vsebino geodetskega načrta, namenjenega pripravi projektne dokumentacije za graditev objekta, na pobudo projektanta vključevati tudi te podatke.

Čeprav geodetski načrt praviloma obsega 25 m širok pas okrog območja gradnje, je pogosto za celovito predstavitev in razumevanje lokacije to premalo. Investitorji sicer lahko zahtevajo izmero širše okolice, vendar to vpliva na končne stroške. V specifičnih primerih lahko uporabimo tudi sodobne tehnologije daljinskega zaznavanja, ki omogočajo hiter in natančen zajem prostorskih podatkov za večja območja, tudi kadar je fizični dostop do njih onemogočen.

Kadar ne potrebujemo zelo natančnih podatkov za širšo okolico predvidenega objekta, pa je zelo pomembno, da poznamo vse razpoložljive javne prostorske podatke, si z njihovo uporabo lahko na stroškovno učinkovit in hiter način dopolnimo geodetski načrt za kvalitetnejšo osnovo projektiranja.



SLIKA 9:
Kombinacija digitalnih podatkov - ortofoto načrt v kombinaciji z vektorskimi podatki in podatki geodetskega načrta.

S celovitim pristopom in združevanjem prostorskih podatkov različnih zbirk bodo vpleteni imeli na voljo dovolj prostorskih podatkov za sprejemanje zanesljivih odločitev in komunikacijo v vseh primerih.

5. ENERGETSKO UČINKOVITA GRADNJA IN VREDNOST NEPREMIČNINE

Do sedaj sva obravnavala prostorske podatke zgolj v funkciji učinkovitega načrtovanja gradnje energetske varčnih objektov in ugotavljanja potencialov stavb za različne vrste energetske sanacije (menjava oken, debelina fasade, fotovoltaika na strehah ...).

Ti podatki, ki jih Geodetska uprava RS zbira, pa posredno vplivajo tudi na vrednost nepremičnine. Za vrednost je zelo pomembno, kje nepremičnina stoji, kako je umeščena v prostor, kakšna je njena oddaljenost od ključnih infrastrukturnih objektov in podobno. Ne nazadnje na vrednost objekta vplivajo tudi lastnosti in oprema objekta, ki so pri energetske varčnih objektih praviloma nadstandardni. Večja debelina fasade, boljša okna, sončne celice, toplotne črpalke ... so podatki, ki jih Geodetska uprava RS uporablja pri izračunu vrednosti objekta po modelih množičnega vrednotenja nepremičnin.

Takšen energetsko varčen objekt je na tržišču tudi dejansko vreden več, saj je investitor v energetsko sanacijo vložil dodatna sredstva. Tu pa pridemo do paradoksa, ki bi se ga veljalo že danes zavedati. Država Slovenija načrtuje obdavčenje nepremičnin. Čeprav zakon o obdavčenju nepremičnin še ni bil sprejet in zato ne poznamo njegovih natančnih določil, lahko z gotovostjo trdimo, da bo osnova za izračun davka prav vrednost nepremičnine.

Logičen sklep, ki iz tega izhaja, se glasi: **kdor bo v energetsko sanacijo stavbe vložil denar in s tem prispeval k ohranjanju našega planeta, bo povečal vrednost svoje nepremičnine, za nagrado pa bo plačal večji davek na nepremičnine.**

Na to dejstvo se moramo pripraviti in v zakon o davku na nepremičnine sistemsko vpeljati olajšave za energetske varčne objekte oziroma od pristojnega ministrstva zahtevati subvencije za energetske sanacije "potratnih" objektov.

6. ZAKLJUČEK

S sprejemom Resolucije o nacionalnem energetske programu, dopolnitvami Energetskega zakona in pravilnika PURES se je tudi Slovenija zavezala k uresničevanju ciljev zmanjšanja porabe energije v stavbah. Čeprav se ciljnim 20 odstotkom do leta 2020 približujemo, bo za dosego cilja potrebna še boljše organizirana akcija energetske prenove obstoječih stavb.



Pomembna novost PURES je, da morajo novogradnje 25 odstotkov energije, potrebne za obratovanje, pridobiti iz obnovljivih virov. V okviru operativnega programa okoljske in prometne infrastrukture Slovenije je prva prioriteta učinkovita gradnja in sanacija stavb v javnem sektorju. Ministrstvo za okolje in prostor ima s tem programom na voljo dovolj velika sredstva za energetsko sanacijo vrtcev, šol, domov za ostarele, bolnišnic, knjižnic, muzejev ... Dodatno se ocenjuje, da je potencial obnove stanovanjskih blokov in stolpnic 38-odstoten, s čimer bi lahko dosegli 2,5 odstotka prihranka energije na nacionalni ravni. Za tovrstno obnovo so občanom namenjen ekološki krediti in subvencije.

Vse to so izzivi, pri katerih so lahko načrtovalcem in izvajalcem energetske sanacije prostorski podatki v veliko pomoč. Z analizo prostorskih podatkov, ki so že na voljo, lahko enostavno določimo potencial posameznih stavb in območij za izbrane ukrepe. Prav tako lahko podrobno optimiziramo zahteve novogradenj glede na dejansko okolje, v katero bodo umeščene, in analiziramo možnosti naravnih in umetnih danosti lokacije. Prostorski informacijski sistemi nam dodatno omogočajo tudi analizo učinkov ukrepov, spremljanje stanja po prostorskih enotah (stavba, okrožje, občina ...) in preučevanje simulacij raznih scenarijev "kaj če".

