



**ENSVET**  
ENERGETSKO SVETOVANJE



.....

UČINKOVITA RABA ENERGIJE  
IN OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE  
V STANOVANJSKIH STAVBAH

.....

ZBIRKA INFORMACIJSKIH PUBLIKACIJ ZA ENERGETSKO  
SVETOVANJE IN IZOBRAŽEVANJE OBČANOV

ENSVET  
ENERGETSKO SVETOVANJE

.....

Ljubljana 2015

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

620.9(035)(0.034.2)

UČINKOVITA raba energije in obnovljivi viri energije v stanovanjskih stavbah [Elektronski vir] : zbirka informacijskih publikacij za energetske svetovanje in izobraževanje občanov / [avtorji Miha Praznik ... [et al.] ; uredil Miha Praznik]. - El. knjiga. - Ljubljana : Gradbeni inštitut ZRMK, 2015

ISBN 978-961-6710-08-4 (pdf)

1. Praznik, Miha  
279949568

## KOLOFON

Naslov publikacije: Učinkovita raba energije in obnovljivi viri energije v stanovanjskih stavbah, zbirka informacijskih publikacij za energetske svetovanje in izobraževanje občanov

Izdal: Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.



Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.  
Building And Civil Engineering Institute

Financiranje: Izdajo informacijskih publikacij za občane je sofinanciral Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad



Uredil: dr. Miha Praznik  
Avtorji: dr. Miha Praznik, mag. Miha Tomšič, Matjaž Malovrh,  
Ludvik Hriberšek, mag. Aleš Glavnik

Prispevki so neposredni izdelki avtorjev, zato zanje prevzemajo odgovornost.

Oblikovanje: STUDIO ZENIT, Marko Jelovšek s.p.

Objava: Publikacije so v elektronski obliki javnosti dostopne na spletnem naslovu energetske svetovalne mreže ENSVET, [www.ensvet.si](http://www.ensvet.si)

Publikacija je brezplačna.

Ljubljana, januar 2015

# VSEBINA ZBIRKE INFORMACIJSKIH PUBLIKACIJ

št.	tema	avtor	Stran
<b>1</b>	<b>SPLOŠNO O STAVBAH IN ENERGIJI</b>		
1A	Energetsko svetovanje za občane "ENSVET"	dr. Miha Praznik	4
1B	Energijska učinkovitost pri novogradnjah in prenovi stavb	dr. Miha Praznik	6
<b>2</b>	<b>TOPLOTNI OVOJ STAVBE</b>		
2A	Toplotno izolacijski materiali za zaščito stavbnega ovoja	mag. Miha Tomšič	10
2B	Toplotna zaščita zunanjih sten	mag. Miha Tomšič	10
2C	Toplotna zaščita ravnih in poševnih streh	mag. Miha Tomšič	12
2D	Toplotna zaščita talnih konstrukcij	mag. Miha Tomšič	14
2E	Toplotni mostovi v ovoju stavb	mag. Miha Tomšič	16
<b>3</b>	<b>ZUNANJE STAVBNO POHIŠTVO</b>		
3A	Sodobno zunanje stavbno pohištvo	mag. Miha Tomšič	18
3B	Vgradnja novega stavbnega pohištva	mag. Miha Tomšič	20
<b>4</b>	<b>ZAGOTAVLJANJE KAKOVOSTI GRADNJE</b>		
4A	Zagotavljanje zrakotesnosti stavbnega ovoja	mag. Miha Tomšič	22
<b>5</b>	<b>PREZRAČEVANJE STAVB</b>		
5A	Sodobni sistemi za mehansko prezračevanje stavb	dr. Miha Praznik	24
<b>6</b>	<b>OGREVANJE STAVB</b>		
6A	Sistemi centralnega ogrevanja in ogrevala	dr. Miha Praznik	26
6B	Lokalna in centralna regulacija ogrevanja	Matjaž Malovrh	28
6C	Delitev stroškov ogrevanja po dejanski porabi	Matjaž Malovrh	30
<b>7</b>	<b>KURILNE NAPRAVE</b>		
7A	Nizkotemperaturni in kondenzacijski kotli	dr. Miha Praznik	32
7B	Sodobne kurilne naprave na lesno biomaso	Matjaž Malovrh	34
7C	Sodobne peči za lokalno ogrevanje	Matjaž Malovrh	36
7D	Dimnik v stanovanjski stavbi	Ludvik Hriberšek	38
<b>8</b>	<b>LESNA BIOMASA IN KURJENJE</b>		
8A	Pravilno kurjenje v kurilnih napravah na lesno biomaso	Ludvik Hriberšek	40
8B	Priprava lesa od gozda do kotla	Ludvik Hriberšek	42
8C	Onesnaževanje zraka s prašnimi delci	Ludvik Hriberšek	44
<b>9</b>	<b>TOPLOTNE ČRPALKE</b>		
9A	Toplotne črpalke v stavbah	dr. Miha Praznik	46
<b>10</b>	<b>SOLARNI SISTEMI</b>		
10A	Termični solarni sistemi	Matjaž Malovrh	48
10B	Fotovoltaika	Matjaž Malovrh	50
<b>11</b>	<b>UPORABA IN ČIŠČENJE VODA</b>		
11A	Čiščenje odpadnih voda na čistilnih napravah	Ludvik Hriberšek	52
11B	Uporaba deževnice v gospodinjstvu	mag. Aleš Glavnik	54

Občanom prav tako nudimo osnovne informacije, predvsem pa svetovanje o izvedbi ukrepov, pri javnih pozivih za sofinanciranje izvajanja ukrepov učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije na stanovanjskih stavbah. Podrobne informacije o aktualnih pozivih pa lahko dobite neposredno na spletnih straneh Eko sklada j.s. [www.ekosklad.si](http://www.ekosklad.si), ali po telefonu 01 241 40 20.

## ENSVET dejavnost

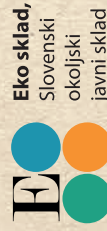
Svetovalna dejavnost na področju učinkovite rabe energije in obnovljivih virov energije v stanovanjskih stavbah se izvaja v nacionalni mreži za energetske svetovanje ENSVET. Dejavnost mreže ENSVET vodi in financira Eko sklad, Slovenski okoljski javni sklad. Svetovalno mrežo ENSVET že dve desetletji izvaja Gradbeni inštitut ZRMK, z usposobljenimi energetske svetovalci v energetske svetovalnih pisarnah na več kot 40 lokacijah. Delovanje svetovalnih pisarn po vsej Sloveniji pa je rezultat partnerskega sodelovanja z občinami.

## ENSVET pisarne

Energetsko svetovanje poteka v občinskih svetovalnih pisarnah ter na nekaj ostalih področjih, kjer lokalni svetovalci delujejo izven organizirane mreže pisarn:

Brežice, Beltinci, Celje, Cerklje, Divača, Domžale, Črnomelj, Gornja Radgona, Idrinja, Ilirska Bistrica, Izola, Jesenice, Kamnik, Kočevje, Kranj, Lendava, Laško, Litija, Ljubljana, Ljutomer, Cerknica, Maribor, Murska Sobota, Nova Gorica, Novo Mesto, Ormož, Piran, Pivka, Postojna, Ptuj, Radovljica, Ravne Na Koroškem, Sevnica, Slovenj Gradec, Slovenska Bistrica, Slovenske Konjice, Škofja Loka, Tolmin, Trbovlje, Trzin, Vodice, Velenje, Vojnik, Vrhnika, Vuzenica, Žalec.

Naslove pisarn svetovalne mreže ENSVET ter podatke o njihovem delovanju lahko dobite pri izvajalcu dejavnosti na telefon 080 1669 ali na spletni strani [www.ensvet.si](http://www.ensvet.si).



Kontakt lokalne svetovalne pisarne:

## ENERGETSKO SVETOVANJE JE BREZPLAČNO!

Vabimo vas, da nas obiščete.



ENSVET  
ENERGETSKO SVETOVANJE



Brezplačna tel. številka

080 1669

Kontaktni podatki izvajalca dejavnosti ENSVET:

Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

telefon, telefaks: +386 1 280 84 01

e-pošta: [ensvet@gi-zrmk.si](mailto:ensvet@gi-zrmk.si)

[www.ensvet.si](http://www.ensvet.si)



Gradbeni inštitut ZRMK d.o.o.: oplovljanje Studio Zent, Marko Jelovšek s.p.: tisk: Eldar plus d.o.o.: november 2014



Eko sklad,  
Slovenski  
okoljski  
javni sklad



## ENSVET energetske svetovanje za občane

Nasvet o učinkoviti rabi energije (URE) in uporabi obnovljivih virov energije (OVE) vam bo v pomoč, kako svoj denar pravilno in učinkovito uporabiti pri gradnji ali obnovi hiše, stanovanja ali naprav.

Nikoli ni prepozno. Tudi če ste hišo že zgradili in v njej živite, stanovanje že kupili in opremili ter vas pestijo problemi, povezani z rabo energije ali bivalnim ugodjem, vam naši energetske svetovalci lahko pomagajo pri njihovem reševanju.

**Znaki na obstoječih stavbah, ki med drugim kažejo, da je obisk pri energetske svetovalcu nujno potreben:**

- letna poraba goriva nad 15 l kurilnega olja ali 15 m<sup>3</sup> zemeljskega plina oziroma poraba goriva nad 15 l kurilnega olja ali 15 m<sup>3</sup> zemeljskega plina na ogrevani m<sup>2</sup> stanovanjske površine,
- visoki računi za goriva ali električno energijo,
- iztrošenost elementov toplotnega ovoja stavbe, zunanje stavbnega pohištva ali dotrajanost strojnih inštalacij,
- hladne stene ali vlažni zidovi, plesen na zidovih, ledene sveče na žlebovih, rosna okenska stekla, nihanje zaves ob zaprtih oknih, razpadajoč dimnik, temen in gost dim.

**Značilne situacije pri načrtovanju prenove stavb ali pri novogradnjah, za katere menimo, da je obisk energetske svetovalne pisarne nujno potreben:**

- dvomi pri izbiri energetske učinkovitejših sistemov in naprav,
- odločanje za manj učinkovite sisteme toplotne zaščite (npr. fasada z manj kot 15 cm izolacije, streha z manj kot 30 cm, zasteklitev oken z manj kot tremi stekli),
- v kolikor v oskrbi stavbe z energijo ni predvidena oz. preučena souporaba energije sonca (npr. sprejemniki sončne energije, sončne celice) ali nadomeščanje fosilnega goriva z obnovljivimi viri (npr. toplotne črpalke, lesna biomasa),
- želja po gradnji sodobne nizkoenergetske stavbe ali pasivne hiše, z ustreznim toplotnim ovojem ter s prilagojenimi sistemi ogrevanja in prežračevanja.

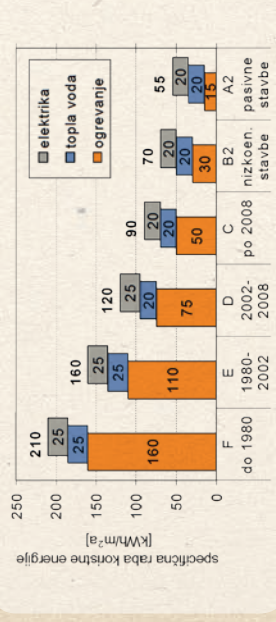


## ENSVET je nasvet

Razmislek o rabi energije se dolgoročno obrestuje, saj cene energije je neizodavno rastejo. Z brezplačnimi nasveti vam bomo pomagali zmanjšati stroške za energijo in povečati zadovoljstvo in ugodje bivanja.

Smo usposobljeni za kakovostno pomoč pri informiranju o najnovejših tehnologijah za gradnjo stavb, ogrevanje, prezračevanje in hlajenje prostorov, o uporabi obnovljivih virov energije, uporabi gospodinjstskih aparatov in drugega, kar potrebujete za uresničevanje svojih potreb po zdravem, energijsko učinkovitem in okolju prijaznem bivanju.

Z izboljšanjem toplotne zaščite stavb, uporabo sodobnejših ogrevalnih naprav in večjo uporabo OVE, npr. energijo sonca, toploto okolice, lesno biomasa, prispevate tudi k zmanjšanju emisij plinov, ki povzročajo globalno segrevanje našega planeta.



Povečanje energetske učinkovitosti stavb

### Z izvedbo nekaterih ukrepov URE lahko dosežete naslednje učinke:

- zamenjava vezanega okna ali okna s termopansko zasteklitvijo s sodobnim oknom vodi v letni prihranek okoli 15 litrov kurilnega olja na 1 m<sup>2</sup> okni,
- dodatna toplotna zaščita (vsaj 15 cm) neizoliranega zunanega zidu iz polne ali votlice opeke vodi v letni prihranek okoli 13 litrov kurilnega olja na 1 m<sup>2</sup> zidu,
- menjava starejšega kotla na kurilno olje in centralne regulacije s sodobnim sistemom lahko vodi v 30 % manjšo letno porabo goriva, vgradnja termostatskih radiatorskih ventilov lahko zmanjša letno rabo goriva do 10 %,
- uporaba solarnega sistema za pripravo tople vode z okoli 6 do 8 m<sup>2</sup> sprejemnikov sončne energije lahko zmanjša letno rabo kurilnega olja v gospodinjstvu za več kot 350 litrov oziroma lahko zmanjša letno rabo elektrike za več kot 2.500 kWh.

## K ENSVET po nasvet

### ENSVET nudi strokovno, brezplačno in neodvisno svetovanje o:

- energetske sanaciji stavb ali energetske zasnovi novogradnje,
- toplotni zaščiti zunanjega toplotnega ovoja stavb,
- izbiri ustreznih oken, zasteklitve ter ostalega stavbnega pohištva,
- izbiri ogrevalnega sistema in ogrevalnih naprav,
- regulaciji ogrevalnih naprav,
- izbiri sistema za prezračevanje stavbe ali sistema za hlajenje,
- uporabi obnovljivih virov energije pri oskrbi stavbe z energijo,
- izbiri ustreznega energenta glede na danosti lokacije in značilnosti stavbe,
- zmanjšanju porabe goriva,
- uporabi varčnih gospodinjstskih aparatov,
- pripravi tople sanitarne vode,
- vodenju energetskega kriljigovadstva,
- možnosti pridobitve nepovratnih sredstev in kreditov za URE ter uporabo OVE in o vseh drugih vprašanih, ki se nanašajo na URE in OVE v gospodinjstvih.

**Pot do energetskega svetovalca je zelo preprosta. Ko se odločite za obisk v energetske svetovalni pisarni, pokličite po telefonu in se prijavite za razgovor. Kontaktni podatki pisarn so dosegljivi na spletni strani [www.ensvet.si](http://www.ensvet.si).**

Priporočamo vam, da se za obisk v ENSVET pisarni pripravite. S seboj prinesite potrebne podatke o zgradbi, ogrevalnih napravah, porabi goriva, projekte, skice, ponudbe za izvajanje del in predračune. Skupaj s svetovalcem boste vaše težave osvetlili tako s teoretične, kot tudi s praktične plati.

Po opravljenem razgovoru vam bo svetovalec poslal domov povzetek razgovora, z vsemi pomembnejšimi podatki. Nasvet bo uspešen takrat, ko ga boste upoštevali in ga sami ali s pomočjo usposobljenih strokovnjakov uresničili v vašem domu.

V ENSVET pisarnah so vam na voljo tudi različni informacijski listi in druga strokovna literatura, ki si jo lahko ogledate.

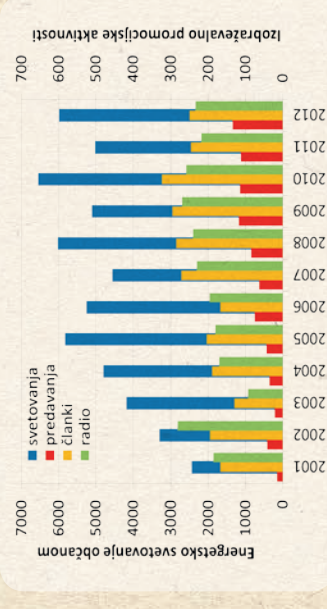


## Dodatne ENSVET aktivnosti

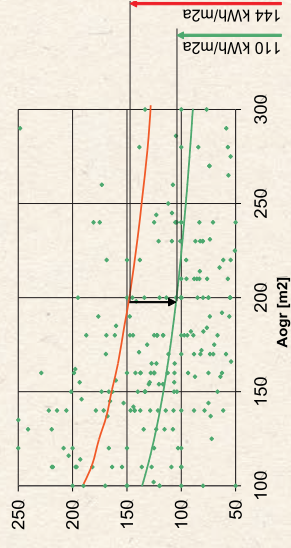
Energetski svetovalci redno sodelujemo tudi v različnih oblikah izobraževanja in strokovnega usposabljanja. Znanja o URE in OVE vam nudimo v obliki organiziranih strokovnih predavanj v krajevnih skupnostih in solah, predvsem o energetsko učinkovitih napravah, sistemih in materialih za URE in OVE.

V okviru šolskih programov lahko sodelujemo pri pripravi posameznih učnih ur, naravoslovnih dni, strokovnih ekskurzij, praktičnem delu in pri organizaciji energetskega ekoloških krožkov.

Prav tako veliko časa posvečamo ozaveščanju prebivalcev o URE in OVE. O delu svetovalne pisarne ter o različnih aktualnih temah s področja energetskega svetovanja obveščamo občane prek lokalnih tiskanih in elektronskih medijev.



Rast obsega energetskega svetovanja občanom po letih



Zmanjšanje letne porabe energije za ogrevanje po izvajanju svetovalnih ukrepov na obstoječih stavbah



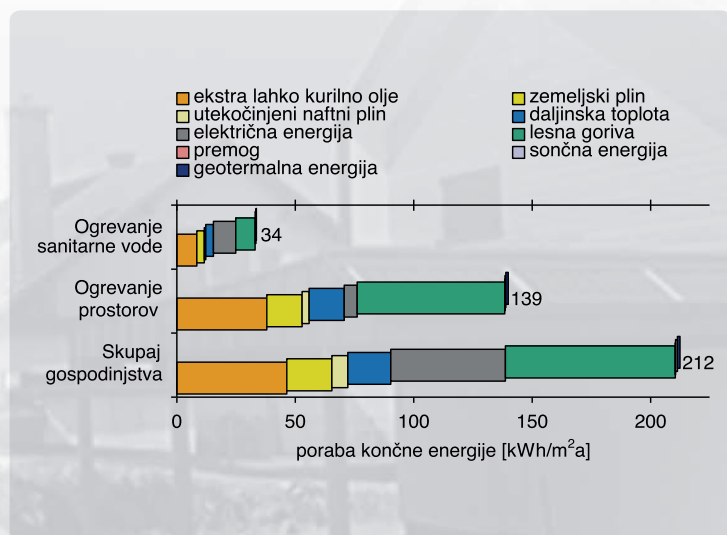
## Energijska učinkovitost pri novogradnjah in prenovi stavb

**Obstoječe stanovanjske stavbe so energijsko potratne.** Slovenska gospodinjstva namreč letno porabijo v povprečju več kot 200 kWh na vsak ogrevani kvadratni meter stanovanjske površine. Od tega se porabi kar dve tretjini energije za ogrevanje prostorov, preostala tretjina energije pa se porablja za pripravo tople sanitarne vode ter ostale potrebe naprav in npr. razsvetljave v gospodinjstvu. Za ogrevanje stavb letno v povprečju porabimo okoli 140 kWh/m<sup>2</sup>, kar npr. ustreza porabi 15 litrov kurilnega olja ali 15 m<sup>3</sup> zemeljskega plina. Letni strošek ogrevanja prostorov je ob uporabi fosilnih goriv v povprečju že dosegel znesek 15 €/m<sup>2</sup>.

Čeprav se energijska učinkovitost sklada obstoječih stanovanjskih stavb povečuje le počasi, pa je s strukturnega vidika porabe energentov spodbuden trend bolj intenzivne uporabe obnovljivih virov energije. Npr. uporaba lesne biomase je že preseгла delež, katerega v oskrbi predstavljajo tekoča in plinasta fosilna goriva. Ob tem je potrebno vedeti tudi, da v bilančnem zagotavljanju potrebne toplote za ogrevanje obstoječih stavb predstavljajo pasivni viri (solarni dotoki in notranji viri toplote), med 10 in 20 kWh/m<sup>2</sup>a oziroma delež v razredu 10 %, glede na rabo goriv oziroma jo za ta delež zmanjšujejo.

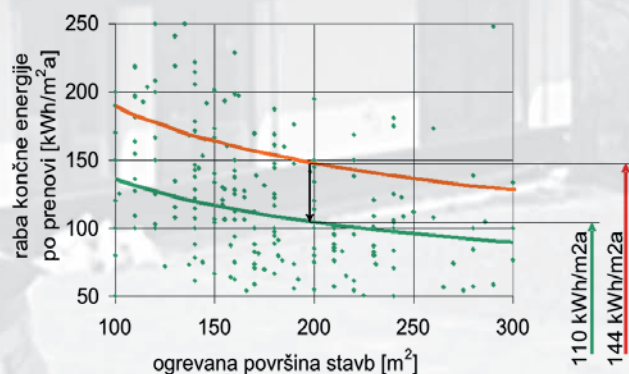
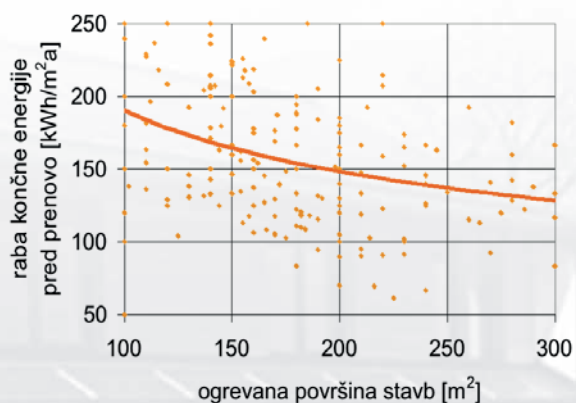
Pri presoji investicij in finančnih dodatkov za večjo učinkovitost stavb moramo upoštevati, da je življenjska doba sistemov strojnih instalacij npr. dve desetletji, gradbeni ukrepi pa imajo še vsaj enkrat daljšo življenjsko dobo. Eventualne sedanje premalo učinkovite rešitve bodo lahko obremenjevale uporabnike stavb še dolgo v prihodnosti.

**Energetska prenova stavb** naj se izvaja čim bolj celovito. Tudi če želite posamezne ukrepe izvajati postopoma, jih je potrebno medsebojno uskladiti in optimirati že na začetku. Logičen vrstni red ukrepov je naslednji: najprej se prenavlja zunanji t. j. toplotni ovoj stavbe, temu sledi prenova instalacij ogrevanja in ogrevalnega sklopa. Glede na celovitost izvajanja energetske prenove se lahko potrebe stavbe po energiji za ogrevanje zmanjšajo za nekaj deset odstotkov pri izvajanju posameznih ukrepov. Pri celoviti prenovi pa tudi za faktor 3 do 4, glede na predhodno rabo energije, s čimer se tudi stari objekti enakovredno približajo novo izvedenim!



Specifična raba končne energije v gospodinjstvih, stanje v letu 2009 (ARSO, 2011)

**Investicijski ukrepi za zagotavljanje višje energijske učinkovitosti**, katere izvajamo tako ob energetskih prenovah obstoječih stavb, kot na novogradnjah, zaznamujejo obratovanje objektov v naslednjih desetletjih.

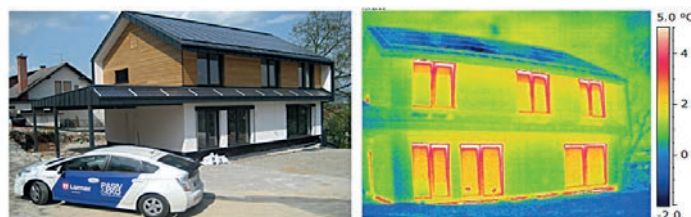


Specifična raba končne energije pred in po energijski prenovi stanovanjskih stavb [ENSVET, 2009]

### Minimalna energijska učinkovitost novogradenj

je oblikovana skozi zahteve slovenske zakonodaje, npr. Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (Ur. l. RS, št. 52/2010) ter Tehnične smernice za graditev (TSG-1-004), Učinkovita raba energije. Zahteve glede minimalne učinkovitosti stanovanjskih stavb se presojajo z izpolnjevanjem različnih pogojev, npr. koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub skozi površino toplotnega ovoja stavbe ( $H'_{T}$ ), dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe ( $Q_{NH}$ ), dovoljen letni potreben hlad za hlajenje stavbe ( $Q_{NC}$ ), letna primarna energija za delovanje sistemov v stavbi ( $Q_p$ ), stavbe morajo za delovanje sistemov souporabljati obnovljive vire energije. Predpisane so tudi najvišje dopustne toplotne prehodnosti za elemente toplotnega ovoja stavb, npr. za zunanje stene 0,28 W/m<sup>2</sup>K, za tla 0,30 oz. 0,35 W/m<sup>2</sup>K, za strop ali streho 0,20 W/m<sup>2</sup>K, za zunanje stavbno pohištvo iz lesa ali PVC znaša 1,30 W/m<sup>2</sup>K, itd.

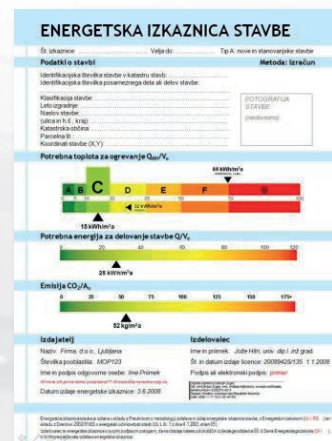
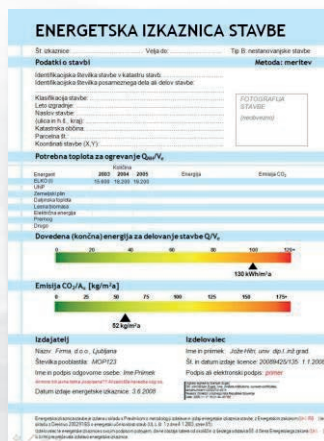
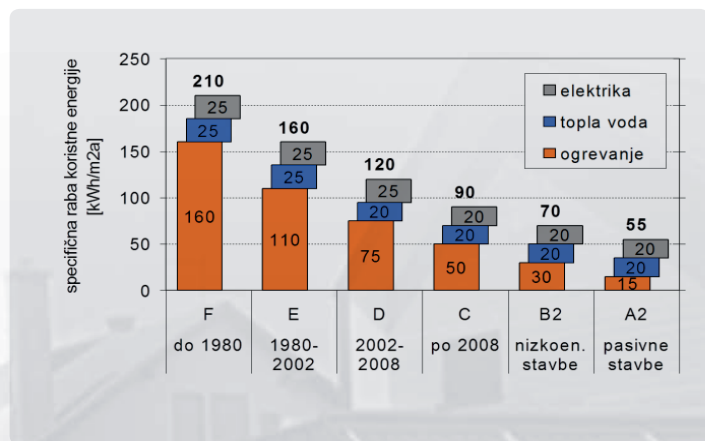
novogradenj so tudi t.i. aktivne hiše, kjer učinkovita novogradnja z lastno proizvodnjo energije presega svoje letne potrebe, npr. kombinacije pasivne hiše z manjšo strešno fotovoltaično elektrarno.



Primer prve slovenske certificirane pasivne hiše, ki je obenem energijsko aktivna

### Prepoznavanje energijske učinkovitosti stavb

se zagotavlja tudi s pomočjo energetskih izkaznic, katere definira Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009). Izkaznice je npr. potrebno kupcem ali najemnikom stavb predložiti ob trgovanju z nepremičninami. Za nove stavbe se izdelujejo računske energetske izkaznice, za obstoječe stavbe pa izkaznice z merjenimi podatki.



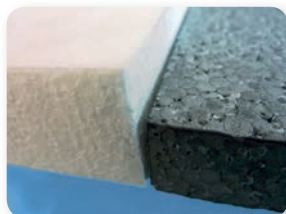
Prikaz zmanjševanja rabe energije po stavbah različnih starosti oziroma kategorij

**Energijsko učinkovite novogradnje** presegajo osnovne zahteve navedene zakonodaje. S tem kažejo na okoljsko zavest novograditeljev, na njihovo željo po kakovostnem bivalnem okolju ter obenem tudi na zavedanje pomena učinkovitosti na vrednost nepremičnin v prihodnosti. V domači gradbeni praksi se učinkovite novogradnje pojavljajo v več energijskih razredih: nizkoenergijska hiša ( $Q_{NH} < 35$  kWh/m<sup>2</sup>a), visoko učinkovita nizkoenergijska hiša ( $Q_{NH} < 25$  kWh/m<sup>2</sup>a), pasivna hiša ( $Q_{NH} < 15$  kWh/m<sup>2</sup>a). Letni strošek za energente v pasivni hiši, za ogrevanje in toplo vodo, znaša običajno med 100 do 150 €. Poseben razred

Merjena in računska energetska izkaznica stavbe



## Toplotno izolacijski materiali za zaščito stavbnega ovoja



Ekspandirani polistiren,  
navadni in z dodatkom grafita



Ekstrudirani polistiren



Kamena volna



Steklena volna



Penjeno steklo



Lesni kosmiči, [www.jaris.si](http://www.jaris.si)

Gradbeni materiali, ki jih uporabljamo za izdelavo konstrukcij stavbnega ovoja (zunanje stene, streha, talne konstrukcije), imajo preslabe toplotne lastnosti, da bi lahko samostojno opravljali tudi funkcijo sodobne toplotne zaščite. To nalogo prevzemajo dodatni sloji enega ali več materialov majhne gostote oz. prostorninske teže z ustrezno nizko toplotno prevodnostjo (oznaka:  $\lambda$ ; enota: W/mK), ki jih poenostavljeno imenujemo toplotni izolatorji ali toplotne izolacije.

### Osnovni namen:

povečati toplotni upor oz. zmanjšati toplotni tok iz ogrevanega prostora v zunanost.

### Osnovno pravilo:

manjša je toplotna prevodnost in večja je debelina materiala, učinkovitejša je njegova toplotno zaščitna funkcija.

### Pomembno:

Toplotna prevodnost materialov, navedenih v nadaljevanju, se giblje med 0,025 in 0,060 W/mK. Kadar so – npr. pri izračunih - potrebni snovni podatki o konkretnih uporabljenih materialih, je treba uporabiti podatke iz listine o skladnosti za posamezen proizvod v skladu s predpisi, ki urejajo dajanje gradbenih proizvodov v promet. Če teh ni, se uporabijo podatki iz 10. točke Tehnične smernice TSG-01-004:2010.

### Razvrstitev toplotno izolacijskih materialov

Najprimernejša je razvrstitev toplotnih izolacij po njihovi strukturi in po fizikalno kemijskih lastnostih. Značilni predstavniki osnovnih skupin so:

#### Vlaknati materiali

- Mineralni: steklena in kamena volna
- Rastlinski: celuloza, bombaž, lesna volna in lesna vlakna, slama, lan, trstika, konoplja
- Živalski: ovčja volna

#### Porozni materiali

- Anorganski: penjeno steklo, ekspandirana glina, perlit
- Naravni organski: pluta
- Sintetični organski: polistiren (ekspandiran in ekstrudiran), penjeni poliuretan, penjeni polietilen

### Razvrstitev na anorganske in organske toplotno izolacijske materiale pa je naslednja:

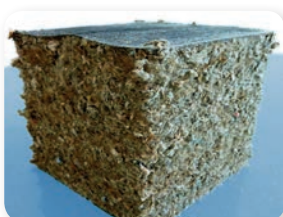
#### Anorganski

- Iz mineralnih vlaken: steklena in kamena volna
- Penjeni anorganski: ekspandirana glina, penjeno steklo, perlit





Celulozni kosmiči



Celulozna izolacijska plošča



Lesna vlaknena plošča



Bombažni kosmiči



Ovčja volna

### Organski

- Iz rastlinskih in živalskih vlaken: celuloza, bombaž, lesna volna in lesna vlakna, slama, lan, trstika, konoplja, pluta
- Penjeni organski: polistiren, poliuretan, polietilen

V praksi imajo trenutno daleč največji delež še vedno steklena in kamena volna med anorganskimi in polistiren med organskimi materiali.

### Naravni in umetni materiali

Pri tej razvrstitvi ne gre za vrednotenje lastnosti ali okoljskih učinkov materialov, temveč za način pridobivanja oz. izdelave.

- **Naravni material:** tisti, ki se lahko uporabi v bolj ali manj nepredelani obliki, tako kot je bil odvzet iz svojega naravnega okolja.
- **Umetni material:** tisti, ki ga pridobimo iz naravnih surovin ali njihovih kombinacij s pomočjo različnih mehanskih in kemijskih postopkov. Velika večina toplotno izolacijskih materialov sodi po tej definiciji med umetne materiale.

### Klasični, alternativni in ekološki toplotno izolacijski materiali

K **ekološkim** materialom prištevamo tiste, ki v primerjavi z drugimi materiali v vsem svojem življenjskem krogu kar najmanj obremenjujejo okolje. Tu mislimo na faze proizvodnje, uporabe in razgradnje oz. odstranitve. Podatke o teh lastnostih vsebujejo okoljske produktne deklaracije (EPD), izdelane na podlagi analize okoljskih vplivov vseživljenjskega kroga materiala oz. izdelka (LCA). Izraza »ekološki« ne smemo enačiti z izrazom »naravni«.

### Praktična razdelitev

- **Klasični materiali:** steklena in mineralna volna, poliuretan, polistiren
- **Alternativni materiali:** celuloza, pluta, perlit, ovčja volna, bombaž, ipd.

### Pomembno:

Materiali, ki jih označujemo kot ekološke, nimajo nujno boljših toplotnih lastnosti niti nižje cene od klasičnih materialov. Alternativni materiali tudi niso nujno bolj ekološki od klasičnih. Pri nekaterih so potrebni različni dodatki, posebej za povečanje odpornosti proti požaru. Končna odločitev glede izbire mora biti odvisna tudi od tipa konstrukcije in možnosti izvedbe izolacije – ponekod klasični materiali nimajo nadomestila v alternativnih materialih.



## Toplotna zaščita zunanjih sten



Energijska prenova večstanovanjske stavbe s kontaktno fasado

### Skozi zunanje stene stavba izgubi tudi do približno 35 % toplote. S toplotno zaščito zunanjih sten:

- zmanjšamo toplotne izgube stavbe,
- izboljšamo celotno energijsko učinkovitost stavbe,
- izboljšamo toplotno stabilnost konstrukcije,
- povečamo toplotno ugodje v prostorih,
- zaščitimo nosilno konstrukcijo.

### Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES

2, 2010) v 9. členu postavlja zahteve, ki jih je treba upoštevati tudi pri načrtovanju sestave zunanjih sten:

»S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
- nadzorovati (uravnavati) zrakotesnost stavbe.«

To pomeni, da je treba toplotno zaščito **izbrati in dimenzionirati** tako, da:

- bo toplotna prehodnost zunanje stene dovolj nizka,
- bodo materiali za posamezne sloje pravilno izbrani in razporejeni, da ne bo prišlo do nedovoljene kondenzacije vodne pare,
- bo toplotno izolacijski ovoj zunanjih sten enakomeren, sklenjen, brez nedopustnih oslabeitev in primerno povezan s toplotno zaščito drugih delov ovoja stavbe.

Tehnična smernica TSG-01-004:2010, Učinkovita raba energije, določa, da se toplotna prehodnost konstrukcij toplotnega ovoja stavbe izračuna po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 2011.

Največje dovoljene vrednosti so:

Tip zunanje stene	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanje stene proti neogrevanim prostorom	0,28
Zunanje stene proti neogrevanim prostorom – manjše površine, ki skupaj ne presegajo 10% neprozornega dela zunanje stene	0,60
Stene, ki mejijo na ogrevane sosednje stavbe	0,50
Zunanja stena ogrevanih prostorov proti terenu	0,35

S homogenimi konstrukcijami oz. materiali za gradnjo zunanjih sten, kot so danes na voljo, ne moremo doseči predpisanih vrednosti. Zato se nosilni konstrukciji dodajo sloji toplotno zaščitnih materialov ustrezne debeline.

### Možne kombinacije glede na položaj toplotne zaščite oziroma toplotne izolacije (Ti):

- Ti na zunanji strani,
- Ti na notranji strani,
- Ti na notranji in zunanji strani,
- Ti v jedru.

Pri lahkih oz. montažnih konstrukcijah zunanje stene pogosto nastopijo dodatne kombinacije položaja Ti, zlasti pri okvirnih sistemih z izolacijskimi polnili.

### Splošne značilnosti

#### Ti na zunanji strani

- Najugodnejši temperaturni profil skozi celotno konstrukcijo;
- nosilna konstrukcija dobro zaščitena pred zunanjimi temperaturnimi vplivi;
- pri masivnih stenah omogočena akumulacija toplote;
- visoka raven toplotnega ugodja v prostoru;
- difuzija vodne pare neproblematična ob upoštevanju pravila manjšanja difuzijskih uporov materialov proti zunanosti;
- enostavno preprečevanje nastanka konstrukcijskih oz. materialnih toplotnih mostov.

### Ti na notranji strani

- V gradbeno fizikalnem smislu tvegana izvedba;
- manj ugoden temperaturni profil skozi celotno konstrukcijo;
- nosilna konstrukcija izpostavljena velikim temperaturnim nihanjem;
- majhna akumulacija toplote;
- nevarnost kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcije – praviloma nujna parna ovira ali parna zapora, razen pri specialnih materialih oz. proizvodih;
- nujni dodatni ukrepi za zagotovitev zrakotesnosti oz. preprečevanje konvekcijskih toplotnih mostov; navedno v kombinaciji s parno oviro/zaporo;
- težave s toplotnimi mostovi v območju medetažnih plošč – nujni dodatni ukrepi;
- v primeru spomeniško zaščitene fasad praktično edina možnost izvedbe Ti zunanje stene.

### Ti z obeh strani stene ali v jedru

- Prednosti in slabosti odvisne od konkretne zasnove in razmerja debelin posameznih slojev;
- pogosto problematična difuzija vodne pare;
- pri Ti v jedru težave s preprečevanjem nastanka toplotnih mostov;

### Dodatna razvrstitev:

- Zunanja stena s kontaktno toplotno zaščito
- Prezračevana zunanja stena

Zunanja stena s kontaktno toplotno zaščito oz. kontaktno fasado je najpogostejši primer v praksi, relativno nezahteven za izvedbo. Osnovna shema: zid, izolacija, omet.

Prezračevana fasada je najugodnejša z gradbeno fizikalnega vidika. Osnovna shema: zid, izolacija, po potrebi paroprepustna vetrna zapora, zračni prostor širine vsaj 4 cm, fasadna obloga.



### Materiali za toplotno zaščito zunanjih sten

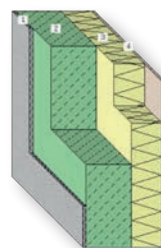
#### Najpogostejša izbira za kontaktne fasade masivnih in tudi lahkih zunanjih sten:

- ekspanzirani polistiren v ploščah,
- kamena volna (v ploščah ali lamelah).



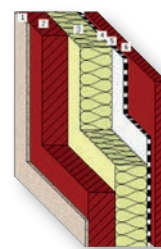
#### Nekateri najpogostejši izolacijski polnilni materiali zunanjih sten v lahki gradnji:

- celulozni kosmiči,
- lesni kosmiči,
- kamena in steklena volna,
- ovčja volna,
- lesne vlaknene plošče.



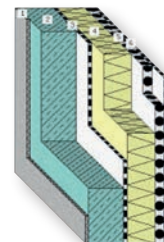
#### Zunanja stena s kontaktno fasado:

- 1 - notranji omet
- 2 - nosilna konstrukcija
- 3 - toplotna izolacija
- 4 - zunanji omet



#### Prezračevana zunanja stena:

- 1 - notranji omet
- 2 - nosilna konstrukcija
- 3 - toplotna izolacija
- 4 - protivetna zaščita
- 5 - zračni prostor
- 6 - zunanja obloga



#### Stena proti terenu:

- 1 - notranji omet
- 2 - nosilna konstrukcija
- 3 - hidroizolacija
- 4 - toplotna izolacija (vodoodporna)
- 5 in 6 - zaščita toplotne izolacije

### Zahteve za požarno varnost

Tehnična smernica TSG-1-001:2010, Požarna varnost v stavbah, postavlja stroge zahteve tudi glede izbire materialov za toplotno zaščito zunanjih sten. V odvisnosti od vrste stavb so za višine do 10 m dovoljeni normalno gorljivi materiali, za večje pa težko gorljivi materiali razreda B-d1, pri čemer je nujna požarna ločitev med etažami s sidranim negorljivim materialom. Za stavbe višje od 22 m veljajo specialne zahteve. To pomeni nekoliko drugačno prakso pri uporabi ekspandiranega polistirena za kontaktne fasade – ne samo pri novogradnjah, ampak tudi pri energijskih prenovah stavb. Pri prezračevanih fasadah je dovoljena le uporaba negorljivih izolacijskih materialov (razred A1 ali A2-s1, d0).



## Toplotna zaščita ravnih in poševnih streh



Ledene sveče so pogosto posledica pomanjkljive toplotne zaščite strehe

Streho imenujemo tudi peta fasada hiše. Skoznjo lahko uhaja tudi do 25% toplote iz stavbe. S toplotno zaščito ravnih in poševnih streh:

- zmanjšamo toplotne izgube stavbe,
- zmanjšamo toplotno obremenitev v poletnem času,
- izboljšamo celotno energijsko učinkovitost stavbe,
- povečamo toplotno stabilnost konstrukcije,
- povečamo toplotno ugodje v prostorih,
- zaščitimo nosilno konstrukcijo.

### Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2, 2010)

v 9. členu postavlja zahteve, ki jih je treba upoštevati tudi pri načrtovanju sestave ravnih in poševnih streh:

»S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
- nadzorovati (uravnavati) zrakotesnost stavbe.«

To pomeni, da je treba toplotno zaščito **izbrati in dimenzionirati** tako, da:

- bo toplotna prehodnost strehe dovolj nizka,
- bodo materiali za posamezne sloje pravilno izbrani in razporejeni, da ne bo prišlo do nedovoljene kondenzacije vodne pare,
- bo toplotno izolacijski ovoj strehe enakomeren, sklenjen, brez nedopustnih oslabeitev in primerno povezan s toplotno zaščito drugih delov ovoja stavbe.

**Tehnična smernica TSG-01-004:2010**, Učinkovita raba energije, določa, da se toplotna prehodnost konstrukcij toplotnega ovoja stavbe izračuna po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 2011. Največje dovoljene vrednosti so:

Tip strehe	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Strop proti neogrevanemu prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh (ravne ali poševne strehe)	0,20
Terase manjše velikosti, ki skupaj ne presegajo 5% površine strehe	0,60
Strop proti terenu	0,35

S homogenimi konstrukcijami oz. materiali za gradnjo streh, kot so danes na voljo, ne moremo doseči predpisanih vrednosti. Zato se nosilni konstrukciji dodajo sloji toplotno zaščitnih materialov ustrezne debeline.

### POŠEVNE STREHE Z LESENO NOSILNO KONSTRUKCIJO

#### Možni položaji toplotne zaščite (TI):

- TI med špirovci,
- TI nad špirovci,
- TI pod špirovci,
- TI med špirovci in pod ali nad njimi.

#### Posebni zaščitni sloji:

- **sekundarna kritina**, ki štiti sloj toplotne izolacije pred meteorološkimi vplivi in pred konvekcijskim hlajenjem;
- **parna ovira ali zapora** na notranji (topli) strani, ki hkrati opravlja funkcijo vetrne zapore oz. zagotavlja zrakotesnost notranjega ovoja strehe.

#### Praktično pravilo:

S kondenzacijo vodne pare znotraj strešne konstrukcije praviloma ni težav, če je na notranji strani parne ovire oz. zapore do največ 20% skupne debeline toplotne zaščite.

#### Difuzijska odprtost in zaprtost

Sodobne poševne strehe so večinoma zasnovane po načelu difuzijske odprtosti. Parno zaporo nadomešča parna ovira, ki omogoča izsuševanje morebitne vlage v toplotni zaščiti tudi na notranjo, toplo stran. Sekundarna kritina je v difuzijsko odprtem sistemu zelo paroprepustna. Pri paroprepustni sekundarni kritini pa mora biti med njo in toplotno izolacijo dodaten zračni kanal.

#### $S_d$ vrednost, parna ovira in parna zapora

Z oznako  $S_d$  opisujemo, kako se material določene debeline upira prehajanju vodne pare. Relativna difuzijska upornost je izražena v metrih (m) in izračunana kot zmnožek debeline in difuzijske upornosti ( $\mu$ ) materiala. Meja med parno oviro in parno zaporo ni točno določena; v praksi se štejejo kot parne ovire materiali s  $S_d$  približno do 10 ali 15 m, višje vrednosti že opisujejo parne zapore.

#### Materiali za toplotno zaščito

Za izolacijo med in pod špirovci se uporabljajo mehkejši oz. bolj stisljivi kompaktni ali sipki izolacijski materiali, ki dobro zapolnijo razpoložljivi prostor. Trenutno so najpogostejši:

- kamena volna,
- steklena volna,
- celulozni kosmiči,
- lesni kosmiči.

Posebne vrste ekspaniranega polistirena z večjo stisljivostjo in izdelane s peresom in utorom se v zadnjem času tudi uveljavljajo kot material za izolacijo med špirovci.

Za izolacijo nad špirovci se lahko uporabijo tudi drugi, bolj togi materiali v ploščah kot npr. polistiren, poliuretan ali lesne izolacijske plošče.

Pravilnost izračunov difuzije vodne pare in dimenzioniranja parne ovire oz. zapore je tu še pomembnejša. Izvedba nad špirovci pa najbolje odpravi toplotne mostove v polju strehe.

### POŠEVNE STREHE Z MASIVNO NOSILNO KONSTRUKCIJO

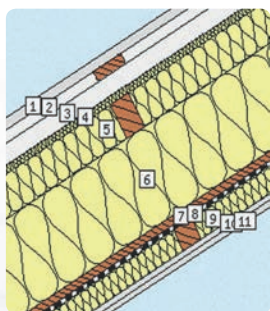
**Položaj TI:** na zunanji ali notranji strani.

Posebni zaščitni sloji: kot pri leseni nosilni konstrukciji in odvisno od položaja TI.

TI na notranji strani je lahko enostavna za izvedbo, a zelo neugodna v gradbeno fizikalnem smislu (podobno kot pri ravnih strehah in zunanjih stenah).



Skrbno rešen detajl stika poševne strehe in zunanje stene



Poševna streha, toplotna izolacija za nizkoenergijsko raven, [www.baubook.at](http://www.baubook.at)

### Materiali za toplotno zaščito

**Na zunanji strani:** podobno kot pri leseni nosilni konstrukciji.

**Na notranji strani:** odvisno od zasnove konstrukcije; lahko toge izolacijske plošče, mehkejšje plošče ali vpihan izolacijski material znotraj podkonstrukcije.

### RAVNE STREHE

Najpogostejši tip ravne strehe je v masivni izvedbi, redkeje v lahki.

#### Osnovna razvrstitev ravnih streh:

- z izkoriščeno površino (tudi: pohodna ravna streha);
- z neizkoriščeno površino (tudi: nepohodna ravna streha).

#### Razvrstitev in osnovna shema ravnih streh glede na tip toplotne zaščite:

- **Topla** (neprezračevana): nosilna konstrukcija, toplotna izolacija, hidroizolacija.
- **Hladna** (prezračevana): nosilna konstrukcija, toplotna izolacija, zračni sloj, hidroizolacija.
- **Obrnjena:** nosilna konstrukcija, hidroizolacija, toplotna izolacija (v enem sloju).
- **Plus** (pogosta pri energijskih sanacijah): nosilna konstrukcija, toplotna izolacija, hidroizolacija, toplotna izolacija.
- Posebna oblika - **zelena streha:** Navadno v osnovi kot topla ali obrnjena streha z nujnim dodatnim slojem, protikoreninsko zaščito.



Obrnjena ravna streha



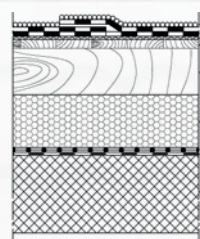
Zelena streha je lahko tudi poševna

#### Pomembno:

- Predvsem pri topli ravni strehi je nujna brezhibna izvedba parne zapore pod slojem toplotne zaščite, pri obrnjeni ravni strehi pa funkcijo parne zapore prevzame sklop hidroizolacije.
- Hidroizolacija je najbolj vsestransko zaščitena pred zunanjimi vplivi pri obrnjeni strehi, pri topli ali hladni izvedbi je nujna dodatna zaščita hidroizolacije pred vremenskimi in mehanskimi vplivi.

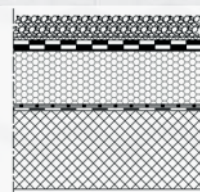
#### Trenutno najpogosteje uporabljeni materiali za toplotno zaščito ravne strehe:

- ekspanirani polistiren (topla in hladna),
- ekstrudirani polistiren (obrnjena),
- kamena volna (topla in hladna).



#### Shema prezračevane ravne strehe

- 1 in 2 - hidroizolacija z UV zaščito
- 3 - ločilni sloj
- 4 - podloga za hidroizolacijo (lesen opaž)
- 5 - zračni sloj
- 6 - toplotna zaščita
- 7 - parna zapora
- 8 - hladni bitumenski premaz
- 9 - nosilna konstrukcija v naklonu vsaj 2%



#### Shema tople ravne strehe

- 1 - prodec
- 2 - ločilni sloj
- 3 in 4 - hidroizolacija
- 5 - toplotna zaščita s kaširano strešno lepenko
- 6 - parna zapora
- 7 - hladni bitumenski premaz
- 8 - nosilna konstrukcija v naklonu vsaj 2%

viri slik:

Arhiv GI ZRMK

Detajl stika poševne strehe in zunanje stene: [www.peg-online.net](http://www.peg-online.net)

Poševna streha, toplotna izolacija za nizkoenergijsko raven: [www.baubook.at](http://www.baubook.at)

Obrnjena ravna streha: [www.fibran.si](http://www.fibran.si)

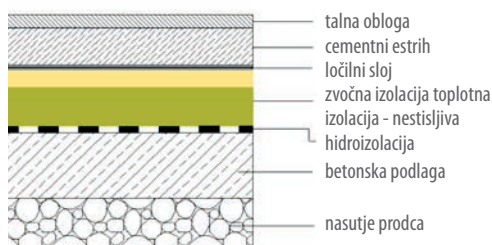
Zelena streha je lahko tudi poševna: [www.geatv.si](http://www.geatv.si)

Shema prezračevane ravne strehe: [www.fragmat.si](http://www.fragmat.si)

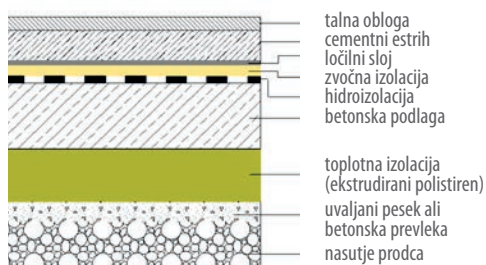
Shema tople ravne strehe: [www.fragmat.si](http://www.fragmat.si)



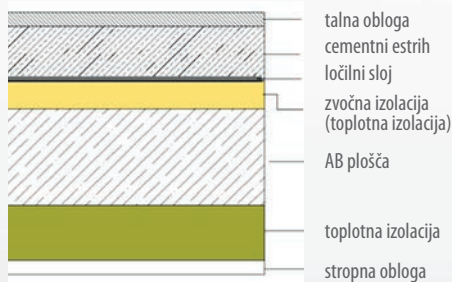
## Toplotna zaščita talnih konstrukcij



Tla na terenu EPS



Tla na terenu XPS



Tla nad odprtim prehodom

Stavba skozi tla izgubi povprečno 15 % toplote. S toplotno zaščito talnih konstrukcij:

- zmanjšamo toplotne izgube stavbe,
- izboljšamo celotno energijsko učinkovitost stavbe,
- povečamo toplotno ugodje v prostorih.

**Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah** (PURES 2, 2010) v 9. členu postavlja zahteve, ki jih je treba upoštevati tudi pri načrtovanju sestave talnih konstrukcij:

»S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
- nadzorovati (uravnavati) zrakotesnost stavbe.«

To pomeni, da je treba toplotno zaščito izbrati in dimenzionirati tako, da:

- bo toplotna prehodnost talne konstrukcije dovolj nizka,
- bo toplotno izolacijski ovoj talne konstrukcije enakomeren, sklenjen, brez nedopustnih oslabeitev in primerno povezan s toplotno zaščito drugih delov ovoja stavbe.

**Tehnična smernica TSG-01-004:2010**, Učinkovita raba energije, določa, da se toplotna prehodnost konstrukcij toplotnega ovoja stavbe izračuna po standardih SIST EN ISO 6946 in SIST EN ISO 2011.

Največje dovoljene vrednosti so:

Tip talne konstrukcije	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Tla na terenu	0,35
Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0,35
Tla nad zunanjim zrakom	0,30
Tla na terenu in tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo pri panelnem – talnem ogrevanju (ploskovnem gretju)	0,30

S homogenimi konstrukcijami oz. materiali za gradnjo talnih konstrukcij, kot so danes na voljo, ne moremo doseči predpisanih vrednosti. Zato se nosilni konstrukciji dodajo sloji toplotno zaščitnih materialov ustrežne debeline.

### Način izvedbe toplotne zaščite

Del toplotno zaščitne funkcije lahko prevzame toplotna oz. zvočna zaščita pod plavajočim estrihom. Osnovno funkcijo pa opravlja sloj toplotne zaščite, ki ga pri tleh na terenu namestimo:

- nad talno ploščo in hidroizolacijo;
- pod talno ploščo in hidroizolacijo.

### Najpogosteje uporabljeni materiali:

- ekspanzirani polistiren, kamena volna, steklena volna (nad talno ploščo),
- ekstrudirani polistiren, penjeno steklo (pod talno ploščo).

Način izvedbe toplotne zaščite (in s tem vrsta materiala) je odvisen od celotne zasnove talne konstrukcije, na katero vplivajo tudi statične posebnosti in morebitne posebne zahteve glede zaščite pred pritiskajočo vodo.

### Preprečevanje toplotnih mostov

**Kritična mesta, ki jih mora projektant pozorno obdelati, so predvsem:**

- območje temelja,
- stik talne konstrukcije in vertikalne zunanje konstrukcije,
- stik talne konstrukcije in vertikalne notranje konstrukcije.

### Zaščita pred vlago

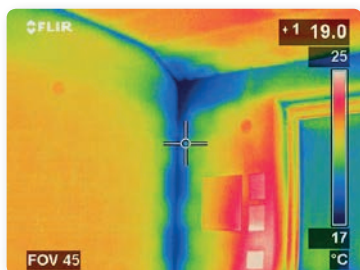
Toplotno izolacijo talnih konstrukcij je težko, drago in zamudno popravljati. Zato je brezhibna izvedba hidroizolacije nujen pogoj za njeno uspešno in dolgotrajno delovanje, zlasti kadar se ne uporabljajo na vlago odporni materiali kot npr. ekstrudirani polistiren ali penjeno steklo.



Izolacija temeljne plošče



## Toplotni mostovi v ovoju stavb



Značilen kombiniran toplotni most, notranji termografski posnetek (neizoliran vogal - stik zunanjih sten)

### Definicija toplotnega mostu

Po tehnični smernici TSG-01-004:2010 Učinkovita raba energije je toplotni most mesto povečanega prehoda toplote v konstrukciji ali napravi zaradi spremembe materiala, debeline ali geometrije konstrukcije.

V obdobju veljave JUS standardov je bil toplotni most podrobneje opisan kot mesto, kjer je prehod toplote povečan za 10 % ali več.

### Zahteve v predpisih

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, PURES 2, v 9. členu predpisuje, da je treba stavbe projektirati in graditi tako, da je **vpliv** toplotnih mostov na letno potrebo po energiji za ogrevanje in hlajenje **čim manjši** in da toplotni mostovi **ne povzročajo škode** stavbi ali njenim uporabnikom.

Tehnična smernica določa, da se je treba toplotnim mostovom z linijsko toplotno prehodnostjo  $\psi_e > 0,2 \text{ W/mK}$  izogniti ali pa računsko dokazati, da vodna para na teh mestih ne bo kondenzirala.

Če imajo vsi toplotni mostovi linijsko toplotno prehodnost  $\psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$ , se lahko njihov vpliv upošteva na poenostavljen način, s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za  $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$  (t.i. pribitek).

Predmetni standardi so SIST EN ISO 13789, 14683, 10211.

### Razvrstitev toplotnih mostov

Glede na **vzrok** nastanka:

- geometrijski,
- konstrukcijski oz. materialni,
- konvekcijski,
- kombinirani.

Glede na prevladujočo **dimenzijo** (računska idealizacija):

- točkovni,
- linijski.

**Geometrijski toplotni most** nastopi na delu ovoja stavbe, pri katerem je zunanja površina, preko katere toplota prehaja iz ogrevanega prostora v zunanje okolje, precej večja od notranje.

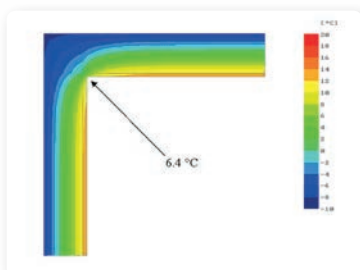
Značilen primer: zunanji vogal stavbe.

Geometrijskim toplotnim mostovom se ne moremo izogniti. Njihov pomen in vpliv, tako relativni kot absolutni, se manjšata z debelino toplotne zaščite na zunanji strani ovoja stavbe.

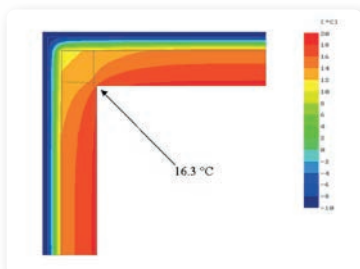
**Konstrukcijski oz. materialni toplotni most** je posledica spremembe sicer enakomernega toplotnega upora (na primer nesklenjenost toplotne zaščite) na ovoju stavbe.

Do tega pride, ko je ovoj stavbe prekinjen ali predrt z materialom, ki ima veliko toplotno prevodnost (na primer armirani beton ali jeklo) in ki ni toplotno zaščiten ne z zunanje ne z notranje strani.

Značilen primer: nadaljevanje medetažne konstrukcije preko izolirane zunanje stene v neizolirano balkonsko ploščo.



Simulacija temperaturnega poteka v neizoliranem vogalu



Simulacija temperaturnega poteka v izoliranem vogalu (TI zunaj)



Praktično reševanje toplotnega mostu, izolacija kot izgubljeni opaž





Plesen na konstrukcijskem toplotnem mostu - neizolirana preklada

**Konvekcijski toplotni most** nastopi na mestih, kjer je zaradi prekinitev ali netesnosti notranje opne stavbnega ovoja omogočen vdor notranjega, navlaženega zraka v konstrukcijo in navzven. Značilen primer: netesen preklap parne ovire tople poševne strehe.

**Kombiniran toplotni most** je navadno kombinacija geometrijskega in konstrukcijskega toplotnega mostu. Značilen primer: slabo izolirana armiranobetonska protipotresna vogalna vez.

#### Najpomembnejši vplivi in posledice toplotnih mostov

- Povečan toplotni tok navzven, slabša toplotna bilanca stavbe, večja raba energije za obratovanje;
- ohladitev površine konstrukcije pod temperaturo rosišča, površinska kondenzacija vodne pare in razvoj plesni;
- madeži na zaključnih notranjih slojih zaradi povečanega odlaganja prahu;
- večja temperaturna asimetrija v prostoru in s tem slabše bivalno ugodje;
- gradbeno fizikalne in mehanske poškodbe materialov in konstrukcij, nepotrebni vzdrževalni stroški.

#### Toplotni mostovi in energijska sanacija stavbe

Z izvedbo dodatne toplotne zaščite, zamenjavo stavbnega pohištva in popravilom posameznih detajlov lahko rešimo tudi bistvene probleme z geometrijskimi, konstrukcijskimi in konvekcijskimi toplotnimi mostovi.

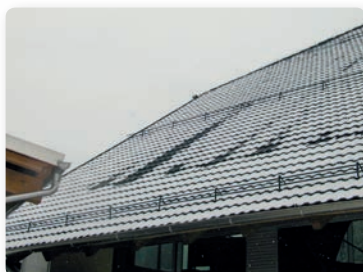
Če pri tem posamezne toplotne mostove spregledamo, se njihov relativni vpliv močno poveča (npr. dodatno znižanje površinske temperature).

Podobno velja za izvedbo toplotne zaščite z notranje strani: območje stika medetažnih plošč z zunanji stenami in sorodne detajle je nujno treba reševati posebej.

Tudi navlaženi deli ovoja so toplotni most, saj se materialom zviša toplotna prevodnost. Hkrati z drugimi ukrepi je treba preveriti in obnoviti zaščito stavbe pred vlago.

#### Značilna kritična mesta za nastanek toplotnih mostov

- območje temelja zunanje stene,
- stik medetažne konstrukcije in zunanje stene,
- drugi stiki zunanjih konstrukcij in križanja notranjih z zunanji konstrukcijami,
- obod stavbnega pohištva,
- preboji zunanjega stavbnega ovoja.



Lokalno taljenje snega lahko razkrije toplotne mostove



Toplotni most rešen s tipskim elementom, pogled od zgoraj po izdelavi balkonske plošče



## Sodobno zunanje stavbno pohištvo

### Med zunanje stavbno pohištvo štejemo:

- vertikalna zunanja okna in balkonska vrata,
- strešna okna,
- steklene konstrukcije gretih prostorov kot npr. zimski vrt,
- steklene strehe,
- svetlobnike in svetlobne kupole,
- vhodna vrata,
- garažna vrata.

Razen vhodnih in garažnih vrat so to zastekljeni stavbni proizvodi, ki lahko sami ali z dodatnimi elementi opravljajo številne naloge hkrati:

- dnevna osvetlitev prostorov,
- osončenje prostorov,
- naravno prezračevanje prostorov,
- vidni stik z zunanjim okoljem,
- toplotna zaščita stavbe,
- preprečevanje pregrevanja v toplem obdobju.

### Pomembno:

- Toplotna zaščita sicer ni osnovna funkcija stavbnega pohištva, je pa enako pomembna kot pri drugih konstrukcijah.
- Pri neprozornih delih stavbnega ovoja dosežemo dobro toplotno zaščito z dodajanjem izolacijskih slojev. Pri stavbnem pohištvu je stopnja toplotne zaščite odvisna od lastnosti izdelka samega.
- Toplotna prehodnost tehnično najsodobnejšega okna je še vedno opazno višja od toplotne prehodnosti dobro izolirane stene, a tega ne jemljemo kot negativno lastnost – pomembno je, da so svetlobne in druge lastnosti stavbnega pohištva primerne.

**Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah** (PURES 2, 2010) v 9. členu postavlja zahteve, ki jih je treba upoštevati tudi pri načrtovanju stavbnega pohištva:

»S toplotno zaščito površine toplotnega ovoja stavbe in ločilnih elementov delov stavbe z različnimi režimi notranjega toplotnega ugodja je treba:

- zmanjšati prehod energije skozi površino toplotnega ovoja stavbe,
- zmanjšati podhlajevanje ali pregrevanje stavbe,
- zagotoviti tako sestavo gradbenih konstrukcij, da ne prihaja do poškodb ali drugih škodljivih vplivov zaradi difuzijskega prehoda vodne pare, in
- nadzorovati (uravnavati) zrakotesnost stavbe.«

Obenem pa mora arhitekturna zasnova stavbe upoštevati obliko in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahteveno osvetljenost prostorov, obenem pa zagotoviti čim večje dobitke toplotne energije pozimi ter zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti (točka 2.2 Tehnične smernice TSG-01-004:2010).

To pomeni, da je treba stavbno pohištvo **izbrati** tako, da:

- bo toplotna prehodnost stavbnega pohištva dovolj nizka,
- ne bodo zmanjšane druge pomembne funkcije prozornih delov ovoja.

Stavbno pohištvo pa je treba tudi **vgraditi** tako, da

- bo preprečen nastanek konstrukcijskih oz. materialnih in konvekcijskih toplotnih mostov.

### Izračun toplotne prehodnosti oken, vrat in polken

podaja SIST EN ISO 10077-1.

Največje dovoljene vrednosti so:

Tip stavbnega pohištva	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)
Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz lesa ali umetnih mas	1,30
Vertikalna okna ali balkonska vrata in greti zimski vrtovi z okvirji iz kovin	1,60
Strešna okna, steklene strehe	1,40
Svetlobniki, svetlobne kupole (do skupno 5% površine strehe)	2,40
Vhodna vrata	1,60
Garažna vrata	2,00

### OKNA

#### (podobno velja za balkonska vrata)

Osnovni **sestavni deli** okna so:

- okvir in krilo,
- zasteklitev,
- tesnila,
- okovje.

**Transmisijske toplotne izgube** nadzorujemo z izbiro toplotnih lastnosti prozornih in neprozornih delov, **konvekcijske toplotne izgube** pa s tesnili, okovjem in seveda pravilno vgradnjo. Toplotne lastnosti celotnega okna so odvisne tudi od linearne toplotne prehodnosti na stiku zasteklitve in okenskega profila. Klasifikacijo oken in vrat glede na prepustnost zraka na pripirah podaja SIST EN 12207.

#### Materiali za okvir in krilo:

- les,
- PVC,
- kovina,
- kombinacije navedenih materialov,
- osnovni materiali z izolacijskimi polnili ali vložki.

#### Toplotne lastnosti so odvisne od:

- debeline lesenih profilov in delno od vrste lesa,
- števila prekatov PVC profilov,
- prekinitev toplotnega mostu pri kovinskih profilih,
- toplotnih lastnosti polnil in vložkov.

## Zasteklitev

Značilna sodobna energijsko učinkovita zasteklitev je sestavljena iz:

- dveh ali treh šip,
- medstekelnega distančnika in sušilnega sredstva,
- enega ali dveh nizkoemisijjskih nanosov,
- žlahtnega oz. inertnega plina v medstekelnem prostoru.

## Oblike prenosa toplote preko zasteklitve

- kondukcija oz. prevajanje po snovi (preko stekla in plina),
- konvekcija oz. gibanje plina med šipami,
- sevanje od tople notranje šipe proti hladnejši zunanji (največji delež toplotnih izgub).

Na kondukcijo praktično ne moremo vplivati, razen v robnem območju zasteklitve; klasične distančnike iz aluminija nadomestimo z **izolacijskimi distančniki** (»topli rob«) iz slabo toplotno prevodnih snovi ali s prekinjenim toplotnim mostom. Konvekcijski prenos toplote se zmanjša z uporabo **inertnega plina** (argon, kripton). Sevanje zaviramo z **nizkoemisijjskim nanosom**, ki deluje kot zrcalo za dolgovalovno sevanje, ki ga oddajajo tople površine v prostoru.

V ogrevanih prostorih stavbe se skladno z zgoraj omenjeno tehnično smernico sme uporabljati zasteklitev s **toplotno prehodnostjo  $U_{st}$  največ  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$** , čemur ustreza dvojna zasteklitev z nizkoemisijjskim nanosom in argonom.

## Rošenje sodobne zasteklitve

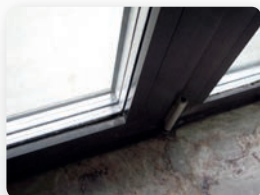
- na zunanji površini zunanje šipe: pogosto v nočnem času v jasnem hladnem vremenu ali ko okno odpremo navznoter, zlasti pri strešnih oknih; znak dobrih toplotnih lastnosti;
- na notranji površini notranje šipe: povsem pričakovano občasno v manjšem obsegu v območju spodnjega distančnika, zlasti zjutraj v manjših prostorih namenjenih spanju; dolgotrajna ali pogosta zarositev celotne šipe pa je znak previsoke obremenitve notranjega zraka z vlago oz. neustreznih bivalnih navad;
- med šipama: posledica poškodbe stekla ali popustitve obodnega tesnjenja; potrebna je zamenjava.

## Dobro je vedeti:

- Zahteve slovenskih predpisov za toplotne lastnosti oken so po strogosti v evropskem vrhu.
- Termopan je ponarodelo ime za dvojno zasteklitev, ki pa nam še nič ne pove o njenih dejanskih toplotnih lastnostih.
- Material okenskega okvira in krila nikakor ne vpliva na mikroklimo v prostoru; mnenje, da so npr. za plesen kriva »plastična okna«, je povsem zgrešeno.
- Posebej pri menjavi oken v starejših stavbah je treba zaradi večje zrakotesnosti ovoja več pozornosti posvetiti rednemu prezračevanju.

## VHODNA IN GARAŽNA VRATA

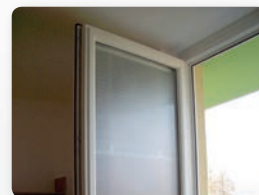
- možni različni materiali in njihove kombinacije;
- izvedba z izolacijskimi polnili;
- pravilna vgradnja enako pomembna kot pri oknih.



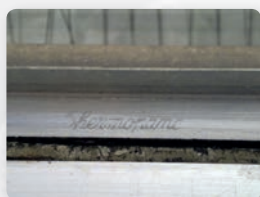
Kovinski profil z navadno trojno zasteklitvijo - nekoč vrhunec ponudbe na trgu



Varianta izvedba kombinacije les - izolacijski element - kovinska obloga



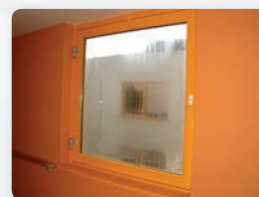
Zarošena zunanja šipa nakazuje dobre toplotne lastnosti zasteklitve



Termopan je komercialno ime, a še vedno sinonim za dvojno zasteklitev



Prerez sodobnega strešnega okna, [www.velux.si](http://www.velux.si)



Zarositev med šipama je znak napake v tesnjenju ali mehanske poškodbe



Različne sodobnih PVC okenskih profilov



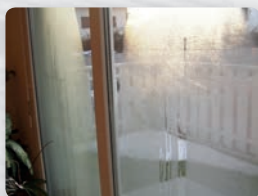
Kondenzat v robnem območju notranje šipe ni neobičajen tudi pri sodobni zasteklitvi



Prerez zunanjih vrat, pasivna izvedba, [www.doors.si](http://www.doors.si)



Sodoben lesen profil z izolacijskim elementom in kovinsko oblogo



Zarošena notranja šipa sodobne zasteklitve pričča o neprimerni notranji mikroklimi





## Vgradnja novega stavbnega pohištva



Konvekcijski toplotni most zaradi nekakovostne vgradnje okna in njegove posledice

### Osnovna pravila:

- Stavbno pohištvo je dobro samo toliko, kolikor dobro je vgrajeno.
- Vgradnjo stavbnega pohištva je treba načrtovati – od terminskega načrta do izbire postopkov in materialov.
- Bolj ko je stavba toplotno zaščitena, večji negativni relativni učinek imajo drobne nepravilnosti in slabi detajli.

### Način vgradnje

Način vgradnje stavbnega pohištva ni posebej predpisan. Predvsem iz zahtev glede zrakotesnosti stavb in toplotnih mostov, zapisanih v PURES 2 in tehnični smernici Učinkovita raba energije, ter iz performančnih zahtev Pravilnika o zaščiti stavb pred vlago pa lahko hitro izluščimo, kakšna mora biti **dobra praksa** oz. vgradnja stavbnega pohištva **skladno s sodobnimi načeli stroke**.

### Težave, ki jih želimo preprečiti s pravilno vgradnjo:

- vdor meteorne vode v stik med profilom in konstrukcijo,
- uhajanje toplote navzven skozi stik med profilom in konstrukcijo,
- vdor vodne pare oz. notranjega zraka v stik med profilom in konstrukcijo,
- prenos zunanega hrupa v notranjost.

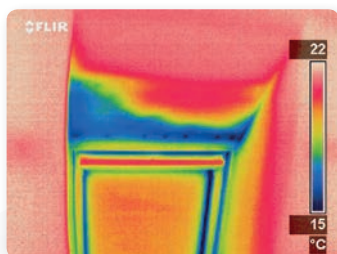
### Pravilna vgradnja je torej taka, ki prepreči:

- poškodbe zaradi vdora vlage in zaradi kondenzacije vodne pare,
- materialne oz. konstrukcijske toplotne mostove,
- konvekcijske toplotne mostove,
- zvočne toplotne mostove.

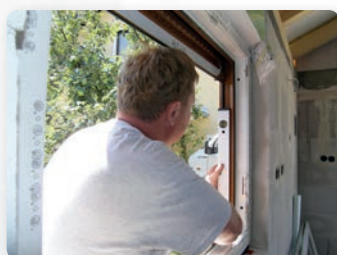
Stik med profilom stavbnega pohištva in konstrukcijo je treba zatesniti zunaj, vmes in znotraj. Sodobna vgradnja stavbnega pohištva se tako ravna **po načelu tesnjenja v treh ravneh**, ki zagotavlja gradbeno fizikalno neoporečnost in energijsko učinkovitost vgrajenega stavbnega pohištva.

### Načelo tesnjenja v treh ravneh

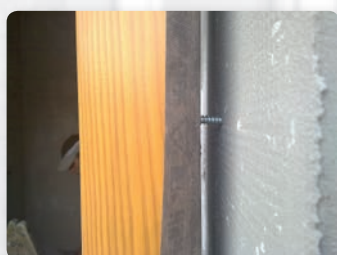
1. zunanji stik naj bo vodotesen in zelo paroprepusten;
  2. vmesni stik naj nudi toplotno in zvočno zaščito;
  3. notranji stik naj bo zrakotesen in čim bolj paroneprepusten.
- Opisano načelo je povzeto po smernici nemškega združenja RAL, ki jo uporablja nemško združenje proizvajalcev oken in fasad in ki je bila prenesena v nemški standard DIN 4108 (7) in avstrijski standard ÖNORM B5320. V praksi se zato uporablja tudi poimenovanje »**RAL montaža**«, čeprav je vsebina omenjene smernice precej kompleksnejša in obravnava tudi certificiranje proizvodov in postopkov. Posamezni proizvajalci uporabljajo tudi druge izraze za način vgradnje, ki ga izvajajo. Pomembnejše od poimenovanja vgradnje pa je končno stanje, ki ga s konkretnimi postopki dosežemo.



Pri vgradnji strešnih oken lahko hitro pride do poškodb izolacije



Okno mora biti natančno nivelirano



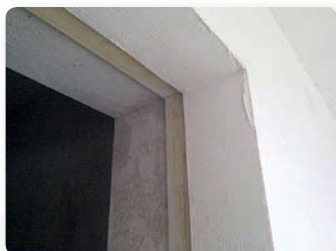
Obvezna je mehanska pritrditev oken



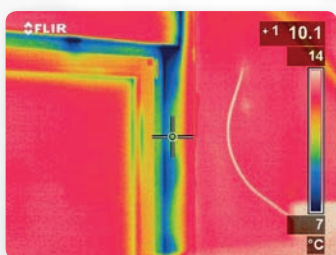
Pri uporabi predstisnjenih trakov je pravilna velikost fuge izjemno pomembna



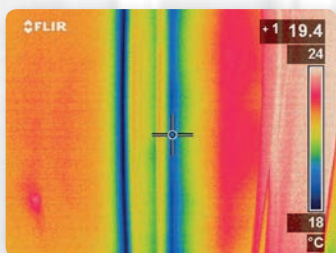
Priprava na vgradnjo - notranji in zunanji tesnilni trak v trikomponentnem sistemu



Vgradnja na slepe podboje je enostavna in zanesljiva



Termografski posnetek detajla rege pri klasični vgradnji



Termografski posnetek detajla rege pri vgradnji s tesnjenjem v treh ravneh



Montažna pena kot toplotni in zvočni izolator

### Način izvedbe

Tesnjenje v treh ravneh lahko dosežemo z uporabo različnih namenskih proizvodov. Odvisno od konkretnega primera se lahko odločimo za sisteme z eno, dvema, tremi ali več komponentami. To so lahko predstisnjeni trakovi, tesnilne mase, trakovi in letvice, poliuretanske pene, mehki izolacijski materiali in podobno. Predpogoj za uspešno delo pa je preverjanje dimenzij in skrbna priprava (čiščenje in izravnava) vseh površin svetlobne odprtine.

### Pomembno je, da:

- so izdelki oz. materiali **deklarirani** za tovrstno uporabo s strani proizvajalca,
- so med seboj **kompatibilni** oz. del preizkušenega sistema tesnjenja,
- so uporabniku na voljo **dokazila** o tehničnih lastnostih in natančna **navodila** za ravnanje z izdelki ter skice oz. **detajli** izvedbe,
- so izvajalci **usposobljeni** za uporabo tesnilnih materialov oz. za vgradnjo po načelu tesnjenja v treh ravneh,
- in ne nazadnje, da investitor omogoči izvajalcu – še posebej pri menjavi stavbnega pohištva - **dovolj časa**, da vse postopke izvede skrbno in v potrebnih časovnih intervalih.

### »Klasična« vgradnja

Določen izdelek je lahko namenjen za vgradnjo stavbnega pohištva, vendar njegove lastnosti ne ustrezajo nujno zahtevam, ki jih postavljamo za vgradnjo po načelu tesnjenja v treh ravneh. Tak izdelek uporabimo pri t.i. klasični vgradnji.

Izdatna toplotna zaščita stavbnega ovoja, sodobno stavbno pohištvo in želja po visoki energijski učinkovitosti stavbe ne gredo več skupaj s klasičnim načinom vgradnje, pri katerem predvsem ne posvečamo pozornosti izpolnjevanju vseh zgoraj naštetih bistvenih komponent vgradnje. Večja je verjetnost zvočnih in toplotnih mostov, razmerje paroprepustnosti zunanjega in notranjega stika je praviloma povsem poljubno, večja je nevarnost vdora meteorne vode in vodne pare v stik med profilom in konstrukcijo.

### Splošno pravilo vgradnje

Ne glede na izbrane načine in materiale za zatesnitev rege mora biti stavbno pohištvo v konstrukcijo **mehansko pritrjeno** – privijačeno oz. sidrano neposredno ali preko različnih namenskih elementov kot so npr. kovinski profili. Tesnilni materiali, ki so danes na trgu, namreč niso namenjeni prenašanju obtežb. Okno mora s spodnjim delom nalegati na trdno osnovo. Na posameznih mestih ga je treba **trajno podpreti** z elementi, ki ne vplivajo na možnost izvedbe tesnjenja. Glede na tip in dimenzijo okna se uporabi ustrezna kombinacija nosilnih in distančnih podložk. Sheme pritrdjevanja in podpiranja navadno določijo že proizvajalci okenskih profilov v lastnih tehničnih smernicah.



## Zagotavljanje zrakotesnosti stavbnega ovoja



Oprema za test zrakotesnosti (Blower door)

Sestavni del energijske učinkovitosti stavb je dobra zrakotesnost. To pomeni, da je nenadzorovano uhajanje toplote skozi konvekcijske toplotne mostove kot so različne rege in špranje kar najbolj zmanjšano. Postopke in materiale za zagotovitev ustrezne zrakotesnosti je treba načrtovati in ne prepustiti odločitvam na licu mesta med gradnjo.

Konvekcija vodne pare je za nekaj velikostnih redov intenzivnejši proces od difuzije vodne pare. Že majhna špranja v notranjem ovoju je lahko vir nekaj deset m<sup>3</sup> vodne pare, ki vstopa v konstrukcijo, kondenzira in povzroča nepopravljive poškodbe.

### Zrakotesnost v predpisih

Zrakotesnost je po PURES 2 predpisana oz. omejena navzgor. Čeprav samo **preizkušanje** zrakotesnosti ni navedeno kot **obvezen postopek**, iz zahtev pravilnika oz. pripadajoče tehnične smernice Učinkovita raba energije logično izhaja, da se bodo investitorji za tak preizkus vedno pogosteje odločali, da bi preverili **kakovost**, t.j. skladnost izvedbe z zahtevami zakonodaje. PURES 2 v svojem 9. členu tudi pravi, da je treba zrakotesnost nadzorovati oz. uravnnavati.

Zrakotesnost je s tehnično smernico predpisana za:

- stavbno pohištvo kot samostojen element in
- za stavbo kot celoto.

### Konkretne zahteve

- Zrakotesnost stavbe ali njenega dela brez mehanskega prezračevanja ne sme presegati treh izmenjav zraka na uro (3 h<sup>-1</sup>).
- Za stavbo z mehanskim prezračevanjem z več kot 0,7-kratno izmenjavo zraka je zrakotesnost navzgor omejena na 2 h<sup>-1</sup>.
- Praktična priporočila za nizkoenergijsko gradnjo omenjajo zrakotesnost med 1 in 1,5 h<sup>-1</sup>.
- Za pasivne hiše računane po metodologiji Passivhaus Instituta je vrednost omejena na 0,6 h<sup>-1</sup>.

Vse vrednosti se nanašajo na tlačno razliko 50 Pa. Meritve se izvedejo po standardu SIST EN 13829.

### Možne posledice slabe zrakotesnosti:

- večje toplotne izgube in s tem višja raba energije za ogrevanje stavbe;
- večja toplotna obremenitev v poletnem času in večje potrebe po hlajenju;
- znižanje površinskih temperatur na mestu konvekcijskega preboja, nevarnost površinske kondenzacije vodne pare in razvoja plesni;
- nevarnost kondenzacije vodne pare znotraj konstrukcije in s tem možnost gradbeno fizikalnih in mehanskih poškodb materialov in proizvodov;
- povečano gibanje zraka v prostoru, intenzivnejše odlaganje prahu, občutek prepaha;
- zmanjšana učinkovitost sistema mehanskega prezračevanja;
- nižja raven bivalnega ugodja v prostoru.

### Ukrepi za ustrezno zrakotesnost:

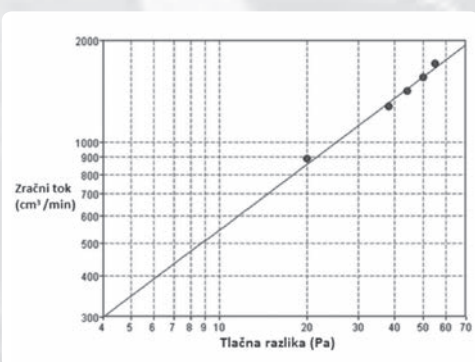
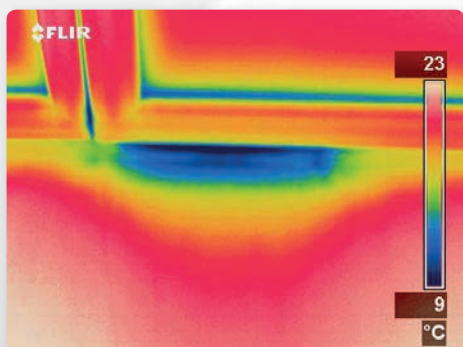


Diagram meritev zrakotesnosti



Odkrivanje netesnih mest z ročnim anemometrom



Netesna mesta prikaže tudi termografska kamera

- strokovno pravilna vgradnja stavbnega pohištva s tesnjenjem po celotnem obodu;
- zmanjšanje števila prebojev stavbnega ovoja (zračniki, električne instalacije ipd.);
- strokovno pravilno tesnjenje nujnih prebojev (namenske manšete in tesnilna sredstva);
- trajna zatesnitev vseh preklpov vetrne ovire oz. parne ovire/zapore ter njenih priključkov na sosednje konstrukcije (zlasti pri strešnih konstrukcijah in pri lahki gradnji);
- izbira izdelkov (zračniki, dimniki ipd.) s protipovratnimi loputami za preprečevanje vdora hladnega zraka v stavbo.

### Preverjanje zrakotesnosti

Zrakotesnost stavbe ali njenega dela določimo z meritvijo. Standardni postopek je izvedba t.i. **Blower door** testa skladno z zgoraj omenjenim standardom.

Za natančno določitev netesnih mest si pomagamo z ročnim **anemometrom**, lahko pa izvedemo tudi preskus s **sledilnim plinom** (t.i. tracer gas metoda).

Pri lahkih oz. **montažnih stavbah** je meritev zrakotesnosti nujna že **med gradnjo**, ko še lahko popravimo napake v izvedbi.

### Zrakotesnost merimo, da bi:

- preverili skladnost izvedbe z zahtevami predpisov in željami naročnika,
- poiskali napake oz. netesna mesta v ovoju in jih popravili,
- ugotovili dejansko stanje obstoječega objekta v obratovanju.

### Zrakotesnost in mikroklima

Če ima stavba dobro zrakotesnost, to ne pomeni, da bo v njej slaba mikroklima, t.j. da bo notranji zrak nečist in prevlažen. Še manj je res, da taka stavba »ne diha«.

Ustrezno kakovost zraka v prostorih zagotovimo s pravilnim in rednim prezračevanjem, bodisi naravnim ali mehanskim, ne pa z netesnim ovojem stavbe.

Energetske učinkovitosti in dobrega bivalnega ugodja v stavbah ne dosežemo z različnimi špranjami in nezatesnjenimi regami.



## Dimnik v stanovanjski stavbi

Ustreznost izbire, pravilnost vgradnje ter redno vzdrževanje kurilnih, dimovodnih in prezračevalnih naprav znatno vplivajo na **stroške ogrevanja** stavbe, **varnost in ugodje bivanja, obremenitev okolja** ter na končno **oceno energijskega izkaza** stavbe.

Dimnik je najbolj \*obremenjen del hiše, objekta, zato ga moramo zgraditi tako, da bo prenesel vse obremenitve, vendar pri gradnji ali prenovi večkrat pozabljamo na to. Ker je izpostavljen visokim temperaturam, vlagi, kislinam, vremenskim vplivom in čiščenju, moramo pri njegovi izdelavi skrbno izbrati gradbeni material in

poskrbeti za pravilno izvedbo. Upoštevati moramo, da je dimnik hišna naložba in vsaj njegov nosilni del naj bi dosegel obstojnost hiše.

Če dimnik ni kakovosten, so poškodbe take, da ga je treba popraviti ali vsaj postaviti novega. Obnova je običajno sprejemljivejša, zato se zanjo odločamo večkrat. Predvsem pa se ljudje premalo zavedajo, da je dimnik sestavni del ogrevalnega sistema v objektu in mora biti usklajen. Rekonstrukcija kurilne naprave, zamenjava s sodobnejšo ali sprememba goriva, to je predvsem prehod iz trdnih goriv na plinasto in tekoče, zahteva tudi ustrezno prilagoditev dimnika.



Kurilne naprave je potrebno redno čistiti in izven kurilne sezone tudi konzervirati

Vse več je tudi naravnih katastrof, žled, poplave, viharji, kateri imajo za posledico poškodovanje energetske infrastrukture.

V sodobni gradnji kjer z načinom gradnje dosegamo zelo nizko rabo energije, srečujemo tudi stanovanjske hiše, kjer potrebe po toploti pokrivamo samo s toplotno črpalko, se dogaja, da drugega vira ni.

Hiša brez dimnika je kakor človek brez glave. V sodobni gradnji, kjer z načinom gradnje dosegamo zelo nizko rabo energije, srečujemo tudi stanovanjske hiše, kjer potrebe po toploti pokrivamo samo s toplotno črpalko, se dogaja, da drugega vira ni. Ko pa se zgodi daljši izpad dovoda električne energije, kot se je to zgodilo s pojavom žleda v velikem delu Slovenije, pa so objekti brez ogrevanja.



Slika vir MKO: Če pride do dimniškega požara pravilno ukrepajmo zato moramo take situacije preprečevati

Velikokrat lastniki kurilnih in dimovodnih naprav zmotno razmišljamo, zakaj ne potrebujemo dimnikarja, na drugi strani pa vsak dan beremo o dimniških požarih, ki so posledica nečiščenja kurilnih in dimovodnih naprav.

Dimnikarji so organizirani v sekcijo dimnikarjev pri Obrtno podjetniški zbornici Slovenije – pri Komunalni zbornici Slovenije v okviru GZS.





kurilne naprave je potrebno redno čistiti in izven kurilne sezone tudi konzervirati



Ko pride do požara so posledice katastrofalne



Imamo več možnosti za izbiro materialov za dimovodne naprave, to so keramični, šamotni, kovinski iz nerjaveče pločevine, drugi kombinacije kovine, plastike.



Pravilno dimenzionirana dimovodna naprava zagotavlja pravilno in učinkovito delovanje kurilne naprave, ustrezno odvajanje dimnih plinov, optimalne nastavitve delovanja kurilne naprave, ustrezen dovod zgorevalnega zraka v kurišče, pravilno zgorevanje goriva itd.

Redno čiščenje in vzdrževanje kurilnih, dimovodnih ter prezračevalnih naprav pa ne pomeni le požarne varnosti, ampak tudi prihranek energije ter manjše izpuste škodljivih emisij v ozračje.

Očiščene kurilne naprave porabijo tudi do 10 % manj goriva. Pri sodobnih napravah na plin je ta prihranek nižji, pri neustreznih kurilnih napravah (s prenizkimi izkoristki in/ali previsokimi emisijami) na trdna goriva pa je lahko celo višji. Vsak milimeter oblog v kurilni napravi zniža njen izkoristek za 4–6 %!

V Sloveniji imamo izredno veliko težavo z nekajkrat preseženimi

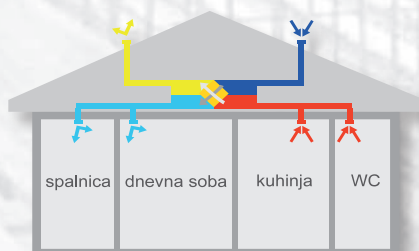
prašnimi delci, zato iščimo inovativne rešitve, spoštujemo zakonodajo. Naša naloga je pustiti to lepo deželo in okolje takšno, da bodo tudi generacije za nami lahko živele v primernem okolju, zato tudi s svojimi dejanji dokazujemo, da varujemo okolje na dolgi rok.



## Sodobni sistemi za mehansko prezračevanje stavb

Na ugodno počutje v bivalnem prostoru ali na sposobnost koncentracije za delo vpliva več dejavnikov, kot so temperatura in gibanje zraka, osvetljenost, hrup, ipd, med drugim tudi kakovost zraka. V zraku mora biti zadosten delež kisika, primerna zračna vlaga, nemoteča količina vonjav in zanemarljiva količina zdravju škodljivih snovi. Prezračevanje prostorov je proces, ki mora potekati stalno, pri čemer se intenzivnost izmenjave notranjega zraka z okoliškim prilagaja režimu bivanja oziroma uporabi prostora ter s tem obremenjenosti zraka. Zaradi kontinuiranega prezračevanja je pomembno, da je ta proces za uporabnika nemoteč ter da je energijsko učinkovit. Ob količinsko ekvivalentnem prezračevanju hiše je namreč energijska razlika (toplota za ogrevanje) med naravnim zračenjem in energijsko učinkovitem prezračevanjem med 15 in 20 kWh/m<sup>2</sup>a.

**Kakovost zraka v prostorih zagotavljamo** z ustreznim dovodom svežega zraka v čiste prostore ter z odvodom odpadnega zraka iz obremenjenih prostorov. Za doseganje ustrezne kakovosti zraka moramo v povprečju, pri stalnem prezračevanju, na stanovalca dovajati 30 m<sup>3</sup>/h svežega zraka, ter po drugi strani odvajati npr. 40 m<sup>3</sup>/h iz kuhinje ali kopalnice. Praksa kaže, da znaša ob primernem prezračevanju družinskih hiš povprečna urna izmenjava zraka z okolico med 0,30 in 0,40 h<sup>-1</sup>, kar pomeni da zrak v hiši v celoti zamenjamo s svežim v 2,5 do 3 urah. Urna izmenjava zraka je v konici obremenjenosti stavbe seveda višja, v času naše odsotnosti pa se primerno zmanjša.



Delovanje sistema prezračevanja z vračanjem toplote

**Sistem centralnega prezračevanja** hiše ali stanovanja sestavljajo naprava za prezračevanje s kanalskimi povezavami in ostalimi elementi. Osrednji del naprave je učinkovit rekuperator, ki z odpadnega zraka prenaša toploto na sveži zrak ter ga s tem predgreva skoraj do siceršnje temperature zraka v prostorih. Posebne izvedbe entalpijskih izmenjevalcev so poleg toplote sposobne vračati tudi del zračne vlage ter s tem rešujejo težave, ki so vezane na presuh zrak v konici ogrevalne sezone. Gibanje obeh ločenih tokov zraka omogočata dva energijsko



Pogled v napravo za centralno prezračevanje

učinkovita ventilatorja. Od naprave tipično pričakujemo vsaj 80% vračanje toplote ter porabo električne energije za pogon manj kot 0.40 Wh/m<sup>3</sup>h transportiranega zraka.

**Vgradnja sistema v stavbe ali stanovanja** je priporočljiva za novogradnje in za starejše stanovanjske objekte, ko se le ti energetske posodabljaajo. Sistem prezračevanja ni prostorsko zahteven, vendar pa mora biti ustrezno načrtovan tudi z vidika vodenja kanalskih povezav. Pri naknadni vgradnji sistema kanalske povezave pogosto potekajo pod ustrezno spuščeno stropu v hodnikih. Pri novogradnjah pa razvode lahko integriramo tudi v stropno AB ploščo.



Potek kanalskih povezav nad spuščnim stropom ter v armirano betonski plošči



Primer povezovanja distribucijskih kanalov za prostore z glavnim dovodnim in povratnim razdelilecem



Primer vgradnje naprave v kopalnici stanovanja ali v kotlovnici hiše



Primer dovoda zraka v prostor nad vrati ter povratek spodaj

**Predgrevanje svežega zraka pozimi**, pred vstopom v sistem, lahko izvajamo tudi s pomočjo toplote zemlje. Sveži zrak lahko vodimo v zemeljskem kanalu ter ga s tem direktno predgrevamo. Lahko pa se uporabi tudi indirektn sistem predgrevanja, kjer toploto zemlje na zrak prenaša vodni medij. Sistem koristi tudi v poletnem času, saj z njim vroč zrak lahko pohlajujemo.



Zajem svežega zraka, vkop zemeljskega kanala ter priklop na sistem z by-passom



Vkop tekočinskega kolektorja ter prestop toplote na sveži zrak v vodnem prenosniku toplote

**Prednosti prezračevanja** so poleg stalnega zagotavljanja kakovosti zraka in energijske učinkovitosti tudi možnost vračanja vlage ter manjša obremenjenost prostorov z zunanjim hrupom (okna so lahko zaprta), prahom in alergeni (zrak se lahko poljubno filtrira). Sistem je enostaven za upravljanje, možni so različni načini regulacije. Vzdrževanje se tipično omejuje na zamenjavo različnih filtrov, ki se kot potrošni material menjajo na nekaj mesecev ali sezonsko. Enostavnost vodenja kanalskih povezav omogoča tudi kasnejše čiščenje sistema, predvidoma na desetletje.



Prikaz možnosti priklopa naprave za čiščenje kanalskega sistema

**Učinkovito lokalno prezračevanje** pa je sprejemljiva rešitev za stanovanjske enote ali hiše, kjer centralnega sistema ni enostavno moč izvesti. Lokalne naprave za prezračevanje z vračanjem toplote se vgrajujejo na zunanjo steno, v izbrane stanovanjske prostore.



Primer izvedbe lokalne naprave in izgled vgrajenega elementa



## Sistemi ogrevanja in ogrevala

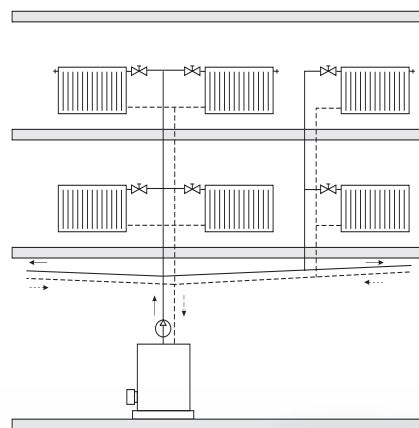
**Centralno ogrevanje prostorov** je zagotovo najbolj pogost način, ki se uporablja v stanovanjski gradnji. V primeru večstanovanjske gradnje pa so pogosti tudi **sistemi etažnega ogrevanja**, kjer zaključen ogrevalni sistem napaja eno stanovanjsko enoto ali etažo.

**Lokalni načini ogrevanja** so vezani na uporabo lokalne naprave, npr. peči ali klimatske naprave, ki lahko ogreva prostor v katerem se nahaja ter eventualno vpliva še na sosednje prostore.

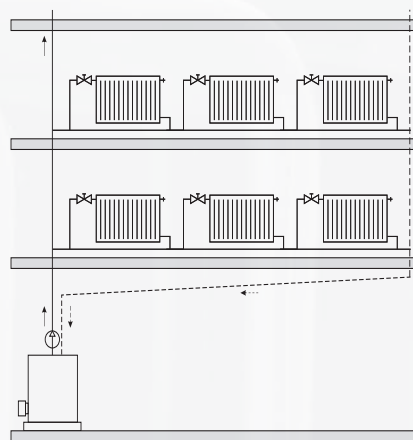
**Viri energije za ogrevanje** so lahko različni. V preteklosti je v individualni stanovanjski gradnji prednjačila uporaba tekočih fosilnih goriv, v mestnem okolju pa tudi zemeljski plin ali direktna oskrba stavb s toploto preko daljinskih sistemov. Glede na trende rabe fosilnih goriv ter njihove cene pa je pri novogradnjah in prenovi stavb v zadnjih letih v porastu uporaba obnovljivih virov energije – še posebej lesne biomase s sodobnimi kurilnimi napravami, toplote okolice s toplotnimi črpalkami in energije sonca s (predvsem) termičnimi solarnimi sistemi.

Ne glede na aktualni energent pa je ključnega pomena za stavbo njena energijska učinkovitost, ki je pogojena predvsem s toplotno zaščito, načinom prezračevanja in uporabo. Učinkovita stavba potrebuje v primerjavi s potratno manj energije za ogrevanje, ima sistem ogrevanja z elementi in napravami manjše kapacitete, drugačen je lahko tudi celoten koncept ogrevanja (primerjava stare družinske hiše in nove pasivne hiše). Nov ali saniran **sistem ogrevanja mora biti usklajen s potrebami hiše** in njenimi toplotnimi karakteristikami. Uporabljajo se lahko le **sodobni generatorji toplote**, ki so lahko npr. kurilne naprave v primeru uporabe goriv ali pa toplotne črpalke v primeru uporabe električne energije.

Sistemi ogrevanja kot **medij za prenos toplote** najbolj pogosto uporabljajo vodo, pri učinkovitih sodobnih stavbah pa ga lahko nadomesti tudi zrak. **Cevni razvod** je pri toplovodnih sistemih običajno dvoceveni, v mlajši večstanovanjski gradnji pa tudi enoceveni. Kroženje medija je v sistemih prisilno (v preteklosti tudi naravno), pri čemer je smiselno uporabljati le **sodobne obtočne črpalke**. Še posebej pri večjih sistemih je potrebno uporabljati tudi elemente za **hidravlično uravnoteženje**, s čimer se vsem ogrevalom v mreži dobavlja medij z ustreznim pretokom in temperaturo.

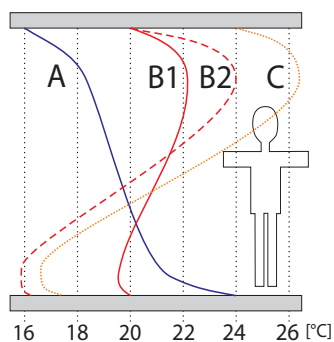


Dvoceveni sistem s spodnjim razvodom



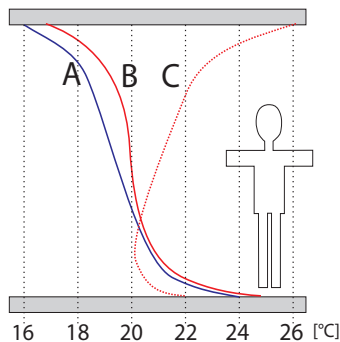
Etažne zanke enocevnega sistema

**Oddaja toplote v ogrevalih** poteka s pomočjo več naravnih mehanizmov. Pri sistemih z medijem višje temperature, npr. **klasično radiatorsko** ali ogrevanje s konvektorji, se oddaja toplote vrši pretežno s konvekcijo oziroma gibanjem ogretega zraka, ki obliva ogrevala. **Z zniževanjem temperature ogrevalnega medija** se poveča sevalna komponenta oddane toplote, tudi v primeru nizkotemperaturnega radiatorskega ogrevanja. Pri **sevalnih ploskovnih sistemih** ogrevanja (talno, stensko, tudi stropno) pa je to ključni princip oddaje toplote. Pri ogrevanju prostora je vzpostavljen **temperaturni profil**, ki je za uporabnike najbolj ugoden pri talnem ali stenskem sistemu.



#### Temperaturni profili sistemov ogrevanj:

- (A) idealno,
- (B1) radiatorsko – ogrevalo ob zunanjem zidu,
- (B2) radiatorsko – ogrevalo ob notranjem zidu,
- (C) toplozračno

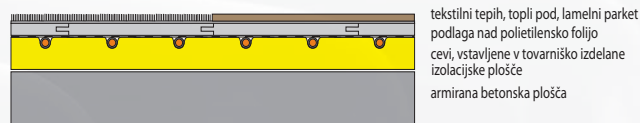
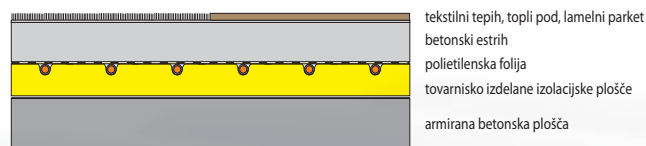


#### Temperaturni profili sistemov ploskovnih ogrevanj:

- (A) idealno,
- (B) talno,
- (C) stropno

**Varno obratovanje** celotnega sistema omogočajo različne naprave ali podsistemi, katere pogojuje poleg sistema tudi izbrani generator toplote.

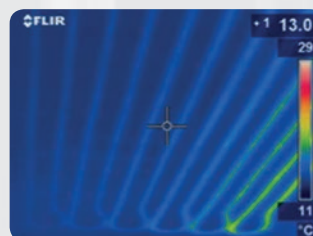
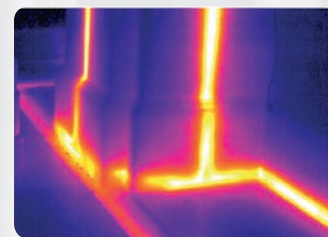
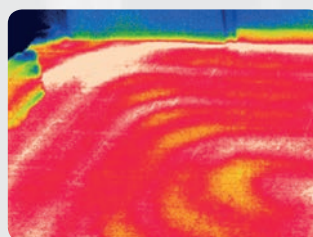
**Učinkovitost delovanja** ogrevalnega sistema pa je odvisna tudi od sistema regulacije, ki jo na nivoju sistema zagotavlja centralna, na nivoju prostorov pa lokalna regulacija.



Moker in suh način izvedbe talnega ogrevanja

#### Oddaja toplote na ogrevalih mora **ustrezati toplotnim potrebam prostora:**

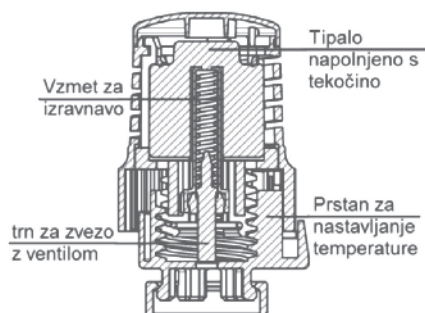
- Stavbe s slabo toplotno zaščito so v preteklosti ogrevali predvsem elementi z visoko toplotno oddajo, npr. radiatorji, nameščeni na mesta največjih toplotnih izgub v prostoru (tipično okna). Radiatorski sistemi so že vedno ustrezni za nadaljnjo uporabo v saniranih stavbah ali v novih objektih.
- Učinkovitejše stavbe so zaradi manjših potreb po dovedeni toplotni moči v prostore že lahko pričele uporabljati npr. talne sisteme ogrevanja, ki imajo manj intenzivno oddajo toplote ter zaradi sevalnega načina ogrevanja omogočajo enakovredno ugodje tudi pri nižji temperaturi zraka v prostoru (prihranek energije).
- Stenski sistemi ogrevanja omogočajo izvajanje funkcije ploskovnega ogrevanja ali po potrebi tudi hlajenja. Ti sistemi so bolj odzivni glede na talne sisteme, saj nimajo tolikšne toplotne vztrajnosti.
- V primeru izrazito nizke potrebe po toplotni moči se lahko funkcija ogrevanja integrira že v sistem centralnega prezračevanja ter s tem ogrevalni sistem »umakne« iz stavbe.



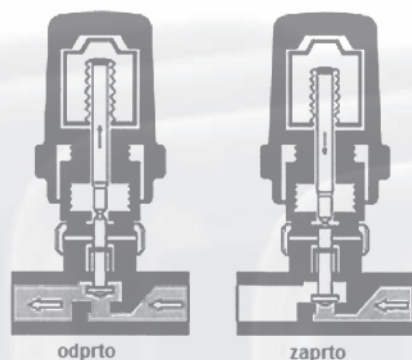
Termografski posnetek registra talnega ogrevanja, stenskega panela ter stenskega načina temperiranja stavbene mase



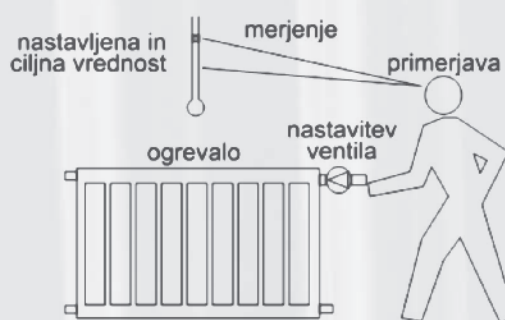
## Lokalna in centralna regulacija ogrevanja



Prerez termostatske glave



Delovanje ventila



Nastavev termostatske glave

### Lokalna regulacija temperature zagotavlja:

- Vzdrževanje primerne enakomerne temperature v bivalnih prostorih.
- Ločeno nastavljanje temperatur po prostorih.
- Izkoriščanje toplote notranjih virov (toplote gospodinjstkih aparatov, TV, razsvetljava, toplota ljudi).
- Izkoriščanje sončnega sevanja na južnih legah stanovanja.

### Naprave za lokalno regulacijo:

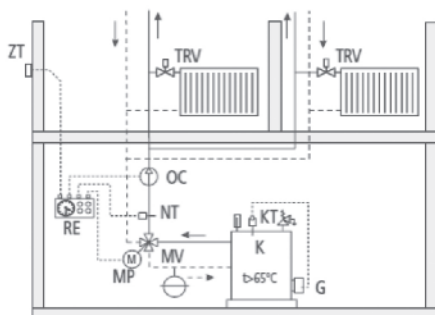
- Termostatski ventil.

### Delovanje:

V termostatski glavi je vgrajeno tipalo, ki se na temperaturne spremembe v prostoru odziva tako, da odpre oziroma zapre dotok vroče vode v radiator. Tipalo je polnjeno s plinom, tekočino ali voskom, ki se jim ob spremembi temperature spreminja prostornina. Prek mehanizma in vretena se sprememba prenese na ventil. Ta se ob povišanju temperature v prostoru zapre, ko temperatura pade, pa odpre. Višino temperature nastavimo s termostatsko glavo, ki primerja temperaturo, zaznano s tipalom, in nastavljen vrednost, glede na to pa se potem odpira ali zapira ventil. Na termostatski glavi so oznake položaja, temperature, ki jim ustrezajo, pa so navedene v navodilih proizvajalca.

### Nastavev termostatske glave:

Za nastavev termostatske glave potrebujemo termometer, ki ga namestimo na primerno mesto, v bližini katerega ni virov toplote. V skladu z navodili proizvajalca nastavimo vrednost, ki naj bi ustrezala željeni temperaturi. Če se ta ne ujema s tisto, ki jo kaže termometer, popravimo nastavev navzgor oziroma navzdol. Ko temperatura ustreza pričakovani, termostatske glave ne premikamo več, saj je ventil povsem odprt, dokler temperatura v prostoru ni v skladu z nastavljen vrednostjo. Izven ogrevalne sezone termostatsko glavo nastavimo na maksimalno vrednost, da ventil ostane odprt.



Regulacija glede na zunanjo temperaturo

### Centralna regulacija temperature ogrevalnega medija:

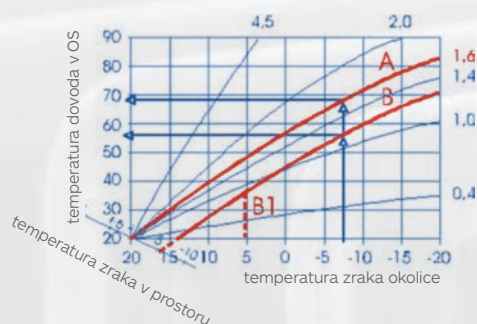
- Uravnava temperaturo ogrevalnega medija v odvisnosti od zunanje temperature. Sistem je običajen v družinskih hišah in večstanovanjskih stavbah.
- Regulira temperaturo medija in ogrevanje v odvisnosti od temperature referenčnega prostora. Sistem je običajen v stanovanjskih enotah z etažnim ogrevanjem.

### Elementi za centralno regulacijo:

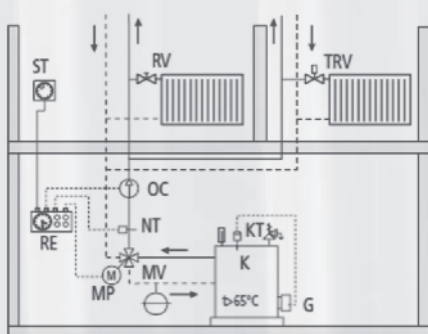
- Temperaturna tipala (zunanje, v prostoru, v cevovodih).
- Regulacijska krmilna enota, ki primerja željene vrednosti z dejanskimi in daje signale izvajalnim enotam.
- Izvajalne enote (mešalni ventili in pipe, regulatorji).

### Delovanje:

- Regulacija dovoda v odvisnosti od zunanje temperature, kjer tipalo zunanje temperature povezano z regulacijsko enoto primerja temperature ogrevne vode in vpliva na mešalni ventil.
- Regulacija temperature v dovodu v odvisnosti od temperature v prostoru, kjer tipalo nameščeno v referenčnem prostoru, določa temperaturo ogrevalnega medija po vgrajem diagramu krivulj v regulacijski enoti in vpliva na mešalni ventil.



Določanje temperature ogrevalnega medija



Regulacija glede na temperaturo referenčnega prostora.



## Delitev stroškov ogrevanja po dejanski porabi



### Zakonske podlage:

- Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona **(EZ-C) (Ur. l. RS, št. 70/2008)**
- Pravilnik o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več posameznimi deli **(Ur. l. RS, št. 7/2010)**
- Pravilnik o merilnih instrumentih **(Ur. l. RS 42/2006 in 97/2010)**

### Merilne naprave, ki omogočajo indikacijo dejanske porabe toplote posameznega dela stavbe:

**Elektronski delilnik stroškov** – ki odgovarjajo **SIST EN 834** in so lahko z ročnim odčitavanjem ali daljinskim – radijskim odčitavanjem. Nameščamo jih na ogrevala v višini 75 % višine ogrevala in na 50 % dolžine ogrevala. Poznamo delilnike pri katerih odčitano vrednost (reading value) korigiramo z faktorjem toplotne moči ogrevala  $K_Q$  in faktorjem načina pritrditve delilnika  $K_C$  v računalniku ob izračunu deležev in delilnike pri katerih odčitamo računsko vrednost (calculating value), dobavitelj delilnika pa faktorja  $K_Q$  in  $K_C$  neizbrisno vtisne v delilnik in to vrednost direktno uporabimo v delitvi stroškov.

Njihove značilnosti so še:

- uporaba v klasičnih dvocevnih sistemih ogrevanja
- možno mesečno ali sezonsko odčitavanje
- beležijo porabo z toplotno oddajo ogrevala
- močno zmanjšana možnost manipulacije
- življenska doba 10 + 1 leto

**Merilniki toplotne energije** – uporabljeni kot delilniki stroškov se vgrajujejo v ogrevalne sisteme z zaključenimi zankami za vsako stanovanje, primerni so tudi za sisteme s stenskim in talnim ogrevanjem. Druge značilnosti so še:

- beležijo vso toploto vnešeno v stanovanje
- velika natančnost odčitavanja
- ni vstopanja v stanovanje
- potrebna redna overitev vsakih 5 let, skladno s Pravilnikom
- baterijski življenska doba 10 + 1 leto
- visoka cena







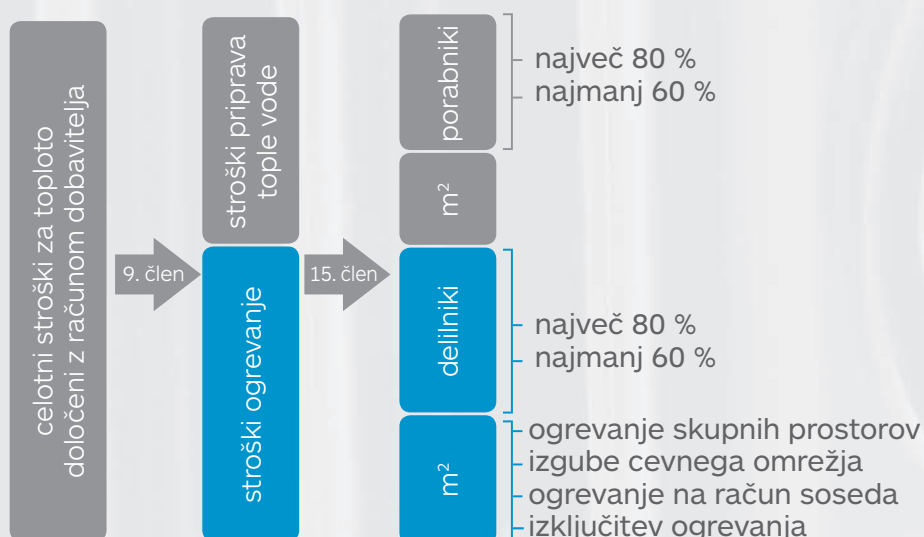
**Tehnične zahteve**, ki zagotavljajo pravilno delovanje ogrevalnega sistema in so predpogoj za vgradnjo delilnikov in pravično delitev stroškov:

- hidravlično uravnoveženje ogrevalnega sistema, ki zagotavlja vsakem posameznem delu stavbe projektirano količino toplote za ogrevanje,
- kakovostna centralna regulacija temperature ogrevalnega medija v odvisnosti od zunanje temperature,
- lokalna regulacija-termostatski ventili omogoča vpliv porabnika na porabo in izkorišča notranje vire toplote in energijo sonca.

**Način delitve stroškov**, skladno s Pravilnikom prikazuje graf.

**Določanje korekcije deležev** zaradi vpliva lege, predpisuje 14. člen Pravilnika in je obvezno. Določamo pa jih na naslednje načine:

- korekturni faktorji, ki imajo podlago v vrednostih pridobljenih v praksi na primerljivih stavbah z upoštevanjem pravil tehnike
- korekturni faktorji, ki se določijo na osnovi celotnih toplotnih izgub določenih v projektu centralnega ogrevanja.
- korekturni faktorji določeni z izračunom toplotnih izgub po **SIST EN 12831**





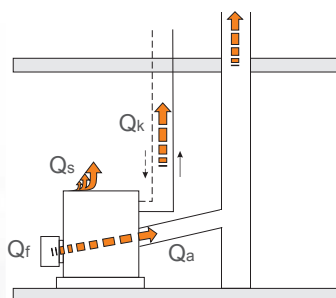
## Nizkotemperaturni in kondenzacijski kotli

Uporaba fosilnih goriv je močno zaznamovana z rastjo cen, ki so se v zadnjih petih letih skoraj podvojile, zato je pri tem ključnega pomena koriščenje sodobnih kurilnih naprav in povečevanje energijske učinkovitosti stavb.



Primer rasti cen fosilnih goriv v zadnjih letih

Energijsko učinkovitost delovanja kurilne naprave lahko vrednotimo s pomočjo končne energije goriva ( $Q_f$ ), ki vstopa v napravo, ter količino koristne energije ( $Q_k$ ), ki jo kot toploto distribuiramo proti porabnikom v stavbi. Razliko med obema predstavljajo toplotne izgube na strani dimnih plinov ( $Q_a$ ) in toplotne izgube kotla skozi njegove zunanje površine ( $Q_s$ ).



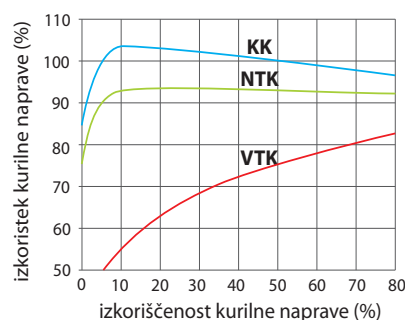
Energijski tokovi v kurilni napravi

Za stanovanjske stavbe moramo **izbrati kotle, ki so najbolj učinkoviti v področju delnih obremenitev.**

Kurilne naprave pokrivajo toplotne potrebe stavbe od področja minimalnih, pa vse do maksimalnih vrednosti. Kurilna naprava npr. deluje v trajanju manj kot 20 % ogrevalne sezone nad 50 % najvišje potrebne toplotne moči ter v tem času generira manj kot 35 % skupne letne proizvedene toplote.

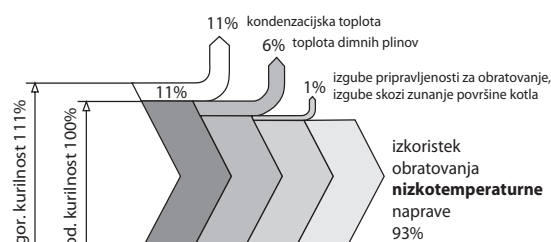
Večji del kurilnih naprav v hišah je še vedno opremljen s tehnološko zastarelimi **kotli visokotemperaturne izvedbe.** Takšni standardni toplovodni kotli so bili zasnovani za obratovanje pri maks. temperaturi dovoda 90° C in povratka 70° C, temperatura vode v kotlu pa ni smela pasti pod temperaturo rosišča dimnih plinov, npr. 55° C. Takšno zaščito opravlja štiri ali tropotni regulacijski ventil, ki ščiti stene kotla pred nizkotemperaturno korozijo in obenem varuje dimnovodni sistem. Slabša učinkovitost te kurilne naprave je tehnološko pogojena: s stalno višjo temperaturo kotlovske vode so povečane tudi toplotne izgube same kurilne naprave skozi manj toplotno zaščitene

stene, ter višje temperature dimnih plinov (npr. 180° C ali več), zaradi katerih ne moremo zmanjšati njim pripadajoči toplotnih izgub. Ti kotli pri nazivni obremenitvi lahko dosežajo izkoristke do 90 %, njihov letni izkoristek pa običajno ne presega 80 %. Varčevalni potencial je pri zamenjavah visokotemperaturnih naprav izredno zanimiv, zato se za sanacijo lastniki odločajo ne glede na starost naprave, najsi je stara več kot 15 let ali pa manj.



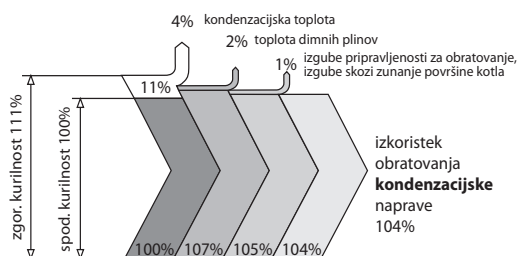
Učinkovitost naprav v odvisnosti od obremenitve

**Nizkotemperaturni kotli obratujejo z nižjo temperaturo** kot standardni kotli, območje delovanja je tipično med 40 in 75° C. Zaradi konstrukcijskih rešitev kurišča se temperatura poljubno prilagaja potrebam, brez nevarnosti za kondenzacijo dimnih plinov, kotel se prav tako poljubno vklaplja iz hladnega stanja. Količino dovedene toplote v sistem običajno drseče reguliramo s temperaturo ogrevalnega medija, brez uporabe mešalnega ventila. Temperatura medija pri ogrevanju prostorov narekuje temperatura zunanjega zraka. Zaradi nižje obratovalne temperature so zmanjšane toplotne izgube kotla v okolico. Toplota dimnih plinov se koristi do nižje temperature, brez pojava kondenzacije dimnih plinov, saj kotel in dimnovodni del konstrukcije nista predvidena zanjo. Letni izkoristki se lahko gibljejo v območju do 90 %, nazivni izkoristek pa tudi do 95 %.



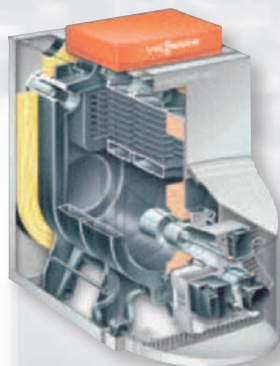
**Kondenzacijski kotli** zkoriščajo toploto, ki se sprosti s kondenzacijo vodne pare v dimnih plinih. To omogoča uporaba prilagojenih materialov za napravo in tehnološko prilagojen odvod dimnih plinov. Zaželeno je, da delujejo s temperaturo ogrevalnega medija, ki je v povratku kotla nižja od temperature rosišča vodne pare. Nazivni izkoristek plinskih kondenzacijskih naprav lahko presega 105 %, letni pa je odvisen od režima obratovanja.

V kondenzacijski tehniki so v prednosti plinske tehnologije. Temperatura rosišča znaša za zemeljski plin 56° C, za ekstra lahko kurilno olje pa 47° C, kar omogoča lažje koriščenje latentne toplote. To energijo predstavlja razlika med zgorevalno toploto ( $H_s$ ) in kurilnostjo ( $H_i$ ), ki znaša pri plinu med 8 % (utekočinjen) in 11 % (zemeljski), pri olju pa 6 %. Kondenzat plinskih naprav zaradi izostanka žvepla ni tako agresiven.

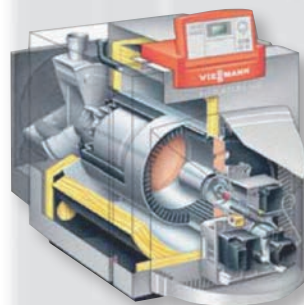


vrsta goriva	zgorevalna toplota $H_s$	kurilnost $H_i$	razmerje $H_s / H_i$
zemeljski plin	10,55 kWh/m <sup>3</sup>	9,5 kWh/m <sup>3</sup>	1,11
kurilno olje-ekstra lahko	10,68 kWh/kg	10,0 kWh/kg	1,06
UNP - butan	13,75 kWh/kg	12,7 kWh/kg	1,08
UNP - propan	13,95 kWh/kg	12,8 kWh/kg	1,09

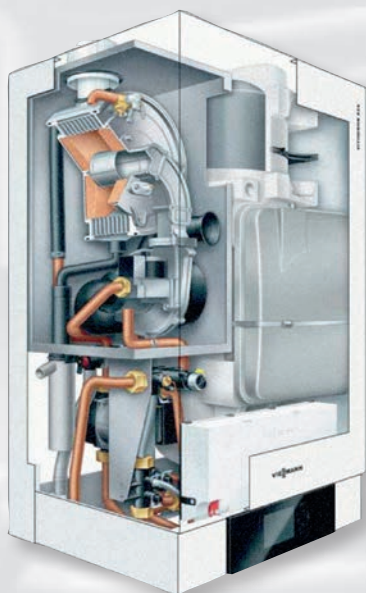
Razmerje kurilnost – zgorevalna toplota za različne vrste goriv



Nizkotemperaturni oljni litoželezen ogrevalni kotel



Talna oljna kondenzacijska kurilna naprava



Stenska plinska kondenzacijska enota s pripravo tople vode



Plinska kondenzacijska enota z bivalentnim hranilnikom sanitarne vode



## Sodobne kurilne naprave na lesno biomaso

### Prednosti uporabe lesne biomase:

Les je obnovljiv in domač vir energije. Njegova uporaba zmanjšuje energetska odvisnost države, saj denar namenjen nakupu fosilnih goriv ostaja doma. Razvoj kurilnih naprav je zelo napredoval in omogoča kurjenje z visokimi izkoristki. Je tudi CO<sub>2</sub> nevtralno gorivo, saj se le ta sprošča v enaki meri kot se sprošča pri gnitju lesa v naravi. Izpusti dimnih plinov so manj škodljivi okolju, skladiščenje in transport pa sta bolj varna v primerjavi s tekočimi in plinastimi gorivi.

### Oblike lesne biomase:

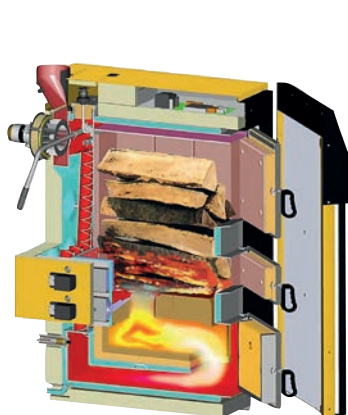
- **Polena** so razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolgi od 30 – 50 cm,
- **Cepanice:** so 1 m dolgi kosi lesa, ki jih pridobivamo iz okroglega lesa slabše kakovosti s premerom nad 10 cm.
- **Okroglice:** so 1 m dolgi kosi okroglega lesa, ki jih pridobivamo iz drobnejšega okroglega lesa slabše kakovosti, s premerom do 10 cm.
- **Sekanci** so kosi zdrobljenega lesa, velikosti do 10 cm
- **Peleti** so stiskanci, narejeni iz čistega lesa. Proizvajajo se industrijsko s stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja. So valjaste oblike premera 8 mm in dolžine do 50 mm.
- **Briketi** so večji stiskanci, ki so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žaganja, oblancev ter drugih neonesnaženih lesnih ostankov.

### Naprave:

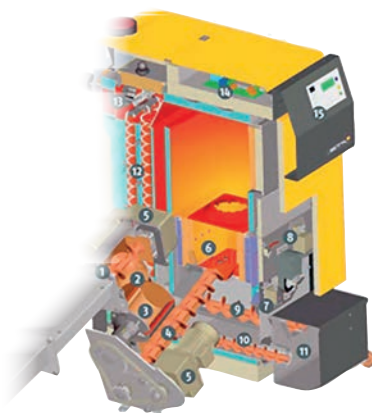
**Kotli na polena** so kurilne naprave v katerih kurimo polena različnih dolžin. Primerni so za tako ruralna kot mestna območja. Nalaganje goriva in odstranjevanje pepela je ročno. Dovajanje primerne in sekundarne zraka za zgorevanje je avtomatsko in jasno razmejeno. Posebne oblike kurišča podaljšujejo čase ponovnega nalaganja nad 20 ur dnevno, kar zagotavlja pri 50 % nazivni toplotni moči kotla samo enkrat dnevno nalaganje. Za dobro delovanje kotla je potrebno v sistem ogrevanja vgraditi izravnalni hranilnik toplote, ki skrbi, da kotel vedno deluje optimalno, višek shranjene toplote pa je mogoče izkoristiti za ogrevanje brez delovanja kotla. Velikost hranilnika mora biti najmanj 50 litrov/kW moči kotla. Oviro lahko predstavlja primeren skladiščni prostor za polena.

**Kotli na lesne sekance** so primerni bolj za kmetije in manjše sisteme daljinskega ogrevanja. Njihovo delovanje je avtomatsko in zagotavlja optimalno zgorevanje. Izpusti v zrak so v zakonsko predpisanih mejah, regulacija zgorevanja je zaradi vgrajene elektronike zelo natančna. Potrebujemo več prostora za pravilno skladiščenje lesnih sekancev. Dimenzioniranje in izbira kotla so odvisni od kakovosti sekancev, vrste lesa in vsebnosti vlage

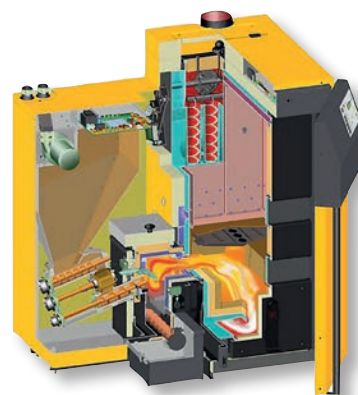
**Kotli na pelete** delujejo popolnoma avtomatsko in so zato primerni tudi za uporabo v mestih. Skladiščenje peletov zahteva manj prostora, nabava in transport goriva je enostaven. Kotli se lahko napajajo iz večjega skladišča s pnevmatskim ali mehanskim transportnim sistemom, ali pa se polnijo dnevna in tedenska skladišča z vrečami teže 30 kg. V nekaterih izvedbah je mogoče kuriti tako pelete kot polena.



Kotel na polena



Kotel na lesne sekance



Kotel na pelete in polena





## Sodobne peči za lokalno ogrevanje

Kurilne naprave za lokalno ogrevanje so običajno namenjene ogrevanju prostora v katerem so postavljene in predstavljajo samostojni način ogrevanja, kadar je za vklop centralnega ogrevanja še prezgodaj, oziroma dopolnilno ogrevanje, kadar določen prostor ni dovolj ogret od centralnega sistema. Pri uporabo lokalnih peči z zgorevanjem goriva moramo paziti, da v napravo pride dovolj zraka za zgorevanje in da poskrbimo za kakovosten odvod dimnih plinov. Posebne sodobne izvedbe omogočajo ogrevanje tudi nekaj sosednjih prostorov s pomočjo ogretega zraka ali vode.

**Lončena peč** je najstarejša oblika lokalne peči za ogrevanje. Izdelana je iz keramičnih pečnic ali pa je ometana in njena celotna konstrukcija predstavlja akumulacijsko maso, ki oddaja prijetno toploto v prostor še dolgo potem, ko je ogenj v njej že ugasnil.

Lahko je izdelana v celoti na mestu postavitve, modernejšie izvedbe pa imajo vgrajena tovarniško izdelano kurišče, ki so potem obdano z konstrukcijo, ki predstavlja akumulator toplote. Poznamo lahke, srednje težke in težke izvedbe. Toplotna moč lončenih peči se giblje med 0,7 do 1,2 kW/m<sup>2</sup> toplote odvisno od tipa izvedbe in uporabljenega materiala za zunanje površine. Dimnik mora imeti minimalni premer 16 cm in minimalno višino 4,50 m, računajoč od priključka peči v dimnik.

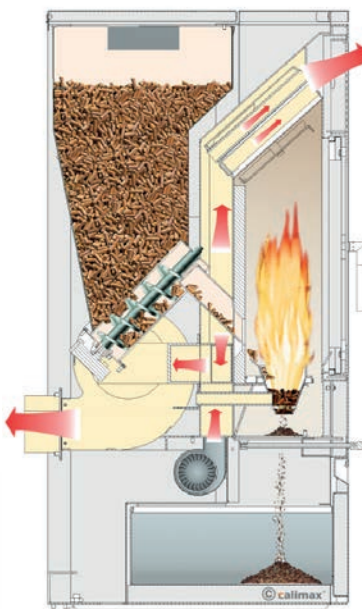
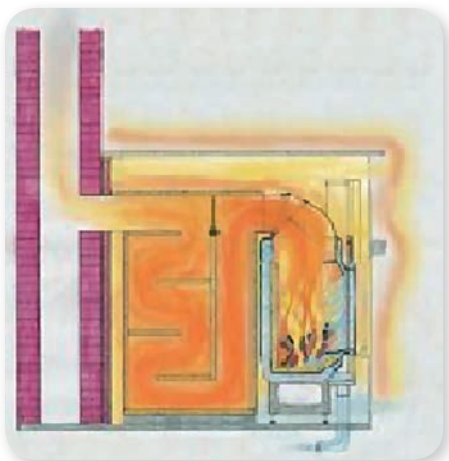
### Kamin

Sodobni kamini so različnih oblik, razpon moči znaša pri manjših kaminih od 7 do 11 kW oziroma 3500 do 4000 W/m<sup>2</sup> odprtine kamina. Prostor, v katerega nameravamo postaviti kamin, naj ne bo manjši kot 20 m<sup>2</sup>. Kamini so lahko zidani ali litoželezni odprti ali zaprti, kamnini z grajenimi tovarniško izdelanimi kurišči, katerimi je mogoče toplozračno ali toplovodno ogrevati še druge prostore. Njihova zunanost je lahko poljubno obdelana in imajo vgrajeno ustrezno regulacijo za uravnavanje zgorevalnega proces in varovanja proti pregrevanju. V posebnih izvedbah kaminov pa lahko kurimo pelete in te naprave delujejo popolnoma avtomatsko. Opremljeni so z dnevnim zalogovnikom za pelete, ki ga polnimo z vrečami ali pa so povezani preko transportnega sistema s skladiščem peletov v kleti.

### Samostojno stoječe peči

Primerne so za ogrevanje prostorov v vikendih, počitniških apartmajih, za ogrevanje v prehodnih obdobjih, pa tudi za dogrevanje v nizkoenergijskih oziroma pasivnih hišah. Pri slednjih je potrebno zagotoviti direkten dovod zgorevalnega zraka do same peči neposredno iz okolice in odvod dimnih plinov v dimnik. Prigraven imajo tudi dnevni zalogovnik za pelete in delujejo popolnoma avtomatsko.

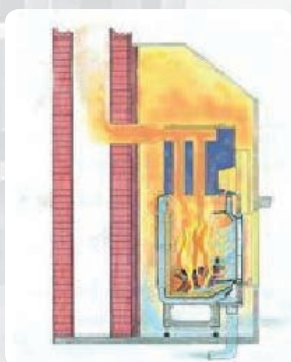
Izbiranje peči in kaminov		Lončena peč				Kamin			
		Masivne lončene peči	Toplozračne lončene peči	Kombinirane lončene peči	Lončene peči s centralno kurjavo	Lončena hypokaust peč	Kamini s kaminskim vložkom	Kamin z dodatno akumulacijo	Kamin z vodnim vložkom
Uporaba	Ogrevanje enega prostora	X	X	X	X	X			
	Ogrevanje več prostorov		X	X	X	X			
	Občasno in nadomestno ogrevanje	X	X	X	X	X	X	X	X
Vrsta goriva	Kurjenje z drvimi	X			X		X	X	X
	Drva in lesni briketi		X	X	X	X			
	Peleti						X	X	X
Način ogrevane	Dvovalentni sistemi				X				X
Način oddaje toplote	Sevalna toplota	X			X	X			
	Sevanje in toplozračno ogrevanje		X	X	X	X	X	X	X
Dodatne možnosti	Pečenje v kurišču	X							
	Gretje hrane	X	X	X	X			X	



Lončena peč



Kamin na pelete



Kamin z vodnim vložkom



Toplozračni kamin





## Pravilno kurjenje v kurilnih napravah na lesno biomaso

### 1. V Sloveniji imamo velik gozdni potencial

Odmrta, stara in zrela drevesa morajo iz gozda, če propadejo v gozdu je enako škoda za okolje, kot če jih pokurimo v kurilni napravi nastane enaka količina ogljikovega dioksida.

### 2. Ozaveščati uporabnike kako pravilno izrabljati les

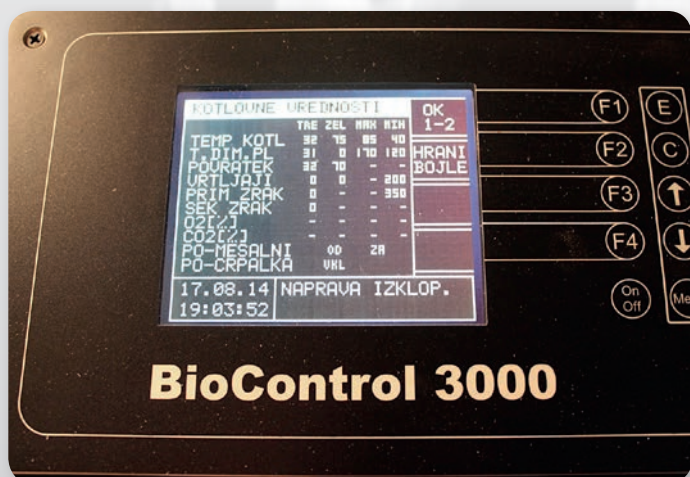
Prvi in pomemben korak pri doseganju ciljev zmanjšanja škodljivih emisij je, da kupec kupi kurilno napravo, ki kot tipski proizvod dosega predpisane in pričakovane vrednosti emisij in izkoristkov.

Sodobne kurilne naprave imajo lambda sonde in nadzirano zgorevanje.

Les je domači obnovljivi vir energije, ki ima pomembno vlogo pri ogrevanju stavb, pripravi tople sanitarne vode in kuhanju kljub temu, da je z vidika uporabnika zaradi lažjega kurjenja bolj zaželeno tekoče ali plinasto gorivo. Les dobiva vse bolj pomembno vlogo predvsem zaradi omejevanja izpustov toplogrednih plinov in prahu v ozračje. Zgorevanje je kemični proces oksidacije gorljivih elementov (C-ogljika, H-vodika in S-žvepla) s kisikom. Les ima predvsem dva gorljiva elementa C in vodik (H), žvepla (S) praviloma ne vsebuje, oziroma so te vsebnosti S z vidika pridobivanja toplote zanemarljive količine, zato ga niti ne obravnavamo.



Zavedati se moramo, da je vseh vrst energentov na Zemlji omejena količina. Zato moramo živeti tako, da bomo planet ohranili tudi prihodnjim rodovom primeren za bivanje, življenje, ohranjali biotsko raznovrstnost. Prav klimatske spremembe nas opozarjajo, da se dogaja in je prisoten pojav tople grede, zato moramo energente porabljati učinkovito.



Parametre zgorevanja je potrebno nadzirati



Kurjenje na uplinjevalni kurilni napravi na polena



### 3. Za kurjenje polen je najbolj primerno kurišče, ki zagotavlja vse faze zgorovanja drv kot je:

Prvi in pomemben korak pri doseganju ciljev zmanjšanja škodljivih emisij je, da kupec kupi kurilno napravo, ki kot tipski proizvod dosega predpisane in pričakovane vrednosti emisij in izkoristkov.

- sušenje, ki poteka do ca 150 °C,
- segrevanje in uplinjanje gorljivih snovi, ki poteka do cca 600 °C,
- zgorovanje do ca 1200 °C.



V 20 kW kurilno napravo se nalagajo polena dolžine do 55 cm

**Osnovni problem zgorovanja lesa** je, da je v njem več kot polovica gorljivih komponent hlapnih. To pomeni, da iz lesa v fazi sušenja najprej izhlapi vlaga, v fazi segrevanja lesa pa hlapne gorljive sestavine (npr. CO, CxHy) izhlapijo ne glede ali so zagotovljeni pogoji za popolno zgorovanje teh hlapnih sestavin, in tudi ne glede nato ali se toplota sproščena pri zgorovanju lahko porabi ali ne.

Če pa zakurimo spodaj pa nam del nezgorelih ogljikovodikov odide z dimnimi plini v okolico. V zadnjih dvajsetih letih je dosežen izreden napredek v razvoju kurilnih naprav in s tem zmanjšanja emisij dimnih plinov in zvišanja izkoristkov kurjenja.

Neprimerno zgorovanje je zaznati tudi po barvi oblog pepela v kurilni in dimnovodni napravi in tudi po morebitnih večjih količinah ostankov goriva v pepelu. Pepel svetle barve pomeni dobro zgorovanje, pepel temnejše barve pa pepel z ostanki goriva - ogljika.

V kolikor s prostim očesom opazimo temen dim na vrhu dimnika, to vsekakor pomeni zelo slabo zgorovanje predvsem z vidika prašnih delcev (nezgorelega ogljika). Slabo zgorovanje lesa je razvidno tudi na notranjih površinah kurilne naprave, dimniškega priključka in dimnika, ki so v kontaktu z dimnimi plini v obliki sajastih in katranskih oblog.

Če je prišlo do vžiga oblog (saj in smol) v dimniku - dimniškega požara, je to skrajno opozorilo, da gre za zelo slabo oziroma katastrofalno slabo zgorovanje, ki ga je potrebno odpraviti tako zaradi negativnih posledic na okolje, slabega energetskega učinka, zagotavljanja požarne varnosti in ne nazadnje zaradi zaščite zdravja ljudi, ogrožena pa je tudi življenjska doba kurilnih in dimnovodnih naprav.



Svetel plamen načeloma pomeni dobro izgorovanje lesa



Temen plamen načeloma pomeni slabo izgorovanje lesa



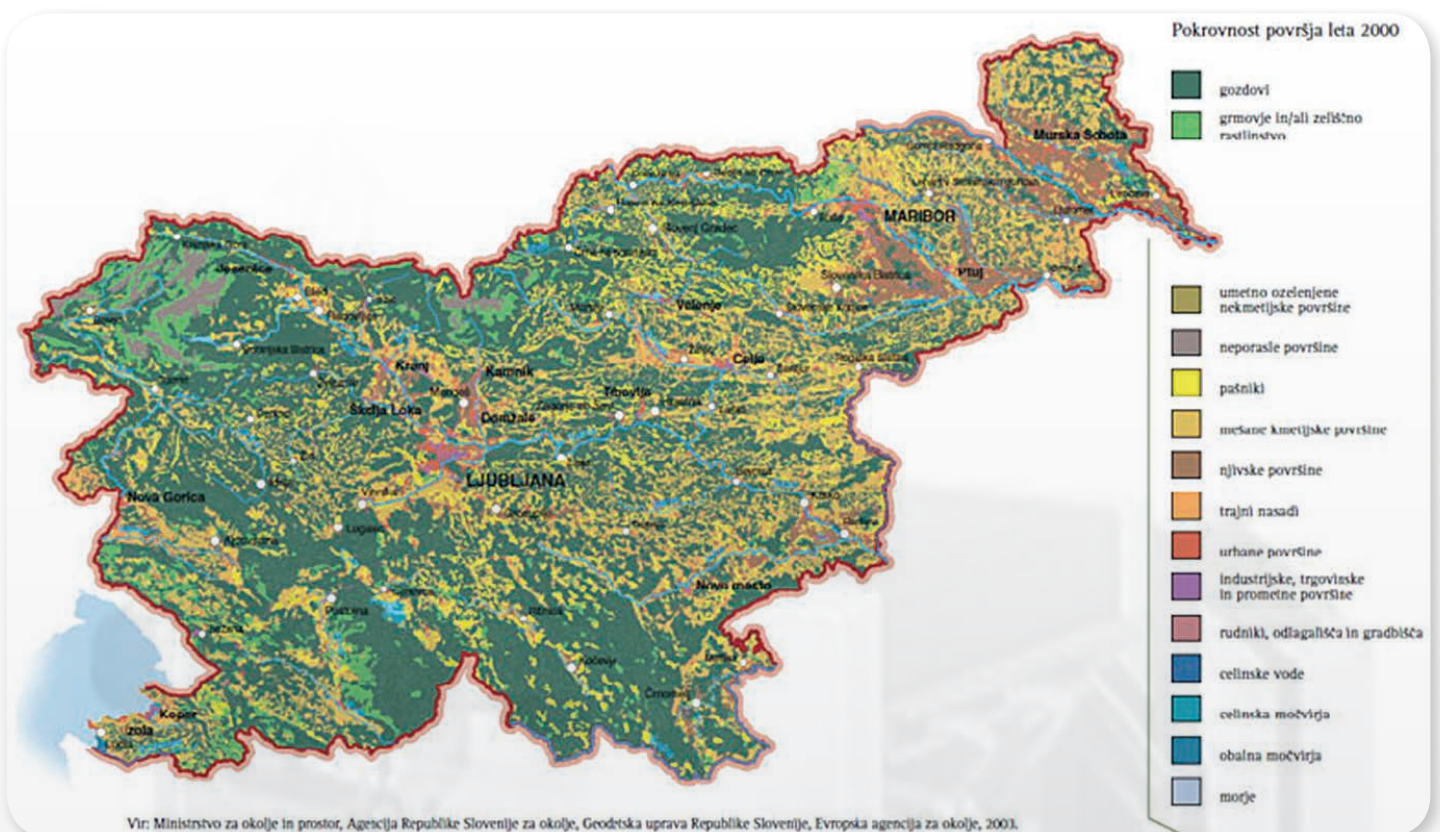
# Priprava lesa od gozda do kotla

## 1. Zakaj v gozd

Slovenija pa je več kot 60 % poraščena z gozdovi. Z besedo biomasa označujemo obnovljive vire energije, ki so predvsem rastlinskega izvora. Sem prištevamo les, lesne sekance, slamo in hitro rastoče energijske rastline, poljedelske odpadke, bioplin itd. Uporaba lesa in sploh biomase je okolju prijazna.

## 2. Kako v gozd

Številne nesreče v gozdu nas morajo opozoriti na dejstvo, da je potrebno dobiti izkušnje, znanje in to prenašati na druge, v medije.



Pokritost slovenije z gozdovi



Velik nered v številnih slovenskih gozdovih



Podiranje dreves naj bo varno, premišljeno, nadzorovano

### 3. Od gozda do kotla



Začne se v gozdu  
(izobraževanje s področja varnosti)



Tudi zaščitni čevlji je možno  
prerezati z motorno žago



Pripravljen les za odvoz kupcem



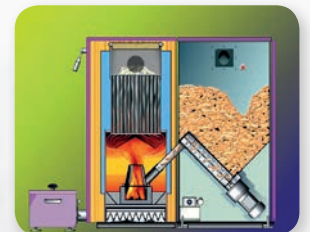
Prikaz pravilne sečnje



Prikaz opreme za v gozd



Če greš ob ne pravem času v gozd si lahko prijetno presenečen



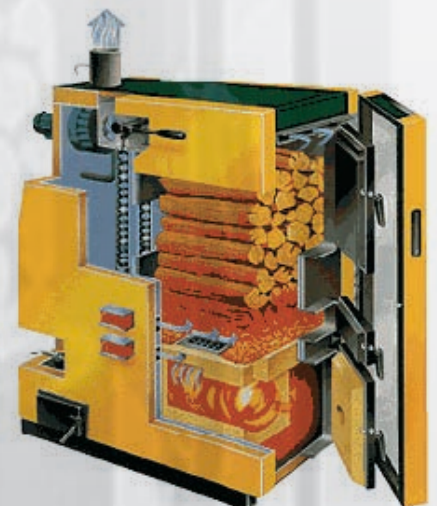
Če v hiši ni projektiranega prostora  
za hranilnike toplote se lahko izkoristi  
tudi kakšen podstrešni prostor

Izkoristki na sodobnih kotlih znašajo tudi 90 %



Različne oblike priprave lesne biomase v različne oblike energentov, v porastu vse oblike v pelete, sekance, polena. Sodobne kurilne naprave dosegajo visoke izkoristke.

Izkoristimo domači potencial, spodbujajmo lesno predelovalno industrijo, ostanke lesa pa energetsko izrabimo.





## Onesnaževanje zraka iz kurilnih naprav na trda goriva s prašnimi delci PM 10 in PM 2,5 v Sloveniji

Kakovost zraka in zdravje ljudi je skupen interes nas vseh. Slovenija je že zaradi geografske lege, slabše prevetrenosti bolj ogrožena kot nekatere druge evropske države.

Okrog 330.000 slovenskih gospodinjstev za ogrevanje uporablja les. Vzrok za povišane koncentracije delcev so poleg emisij iz prometa in industrije predvsem emisije iz individualnih kurišč (cca 40 % emisij prašnih delcev povzročajo male kurilne naprave na lesna goriva), svoje pa prispeva tudi meteorologija. V zimskem času prevladujejo v Sloveniji šibki vetrovi in stabilna atmosfera, kar ustvarja zelo neugodne razmere za razredčevanje emisij v zunanjem zraku. **Kakovostna lesna goriva, pravilno uporabljena v sodobnih napravah, zmanjšujejo emisije prašnih delcev in drugih zdravju škodljivih onesnaženj, pa tudi stroške ogrevanja, vzdrževanja ter servisiranja kurilne naprave in dimnika.**

Pravočasno pripravljen les, pravilno kurjen v učinkovitem ogrevalnem sistemu, zagotavlja topel dom, manj škoduje podnebnju in manj onesnažuje zrak s prahom in strupenimi snovmi, ki povzročajo boleznih dihal, srca, ožilja, živčevja in možganov in zgodnejšo smrt.

Za bolj kakovosten zrak je, poleg pravilno pripravljenega lesa in pravilnega kurjenja, pomembna tudi ozaveščenost državljanov, ki načrtujejo zamenjavo ogrevalnih naprav, saj je na trgu mogoče kupiti kurilne naprave, ki so cenejše od varnejših in učinkovitejših, vendar so neprimerne in za zdravje nevarne.

### Zgorevanje

Ker je les v trdnem stanju, je pri zgorevanju težje zagotoviti popolno zgorevanje, kot pri plinastih in tekočih gorivih. Da gorljivi elementi oksidirajo – zgorijo, pa je potreben tudi čas. Tudi pri zgorevanju lesa je treba poleg gorljive snovi zagotoviti tri osnovne pogoje kot je temperatura, čas in turbulenco

Poleg produktov popolnega in nepopolnega zgorevanja nastajajo tudi dodatni »stranski« škodljivi produkti zgorevanja, kot so dušikovi oksidi, pepel ipd., ki dodatno ogrožajo predvsem zdravje ljudi in obremenjujejo okolje.

Osnovni problem zgorevanja lesa je, da je v njem od 50 do 80 % gorljivih komponent hlapnih. To pomeni, da iz lesa v fazi sušenja najprej izhlapi vlaga, v fazi segrevanja lesa pa hlapne gorljive sestavine (npr. CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>)

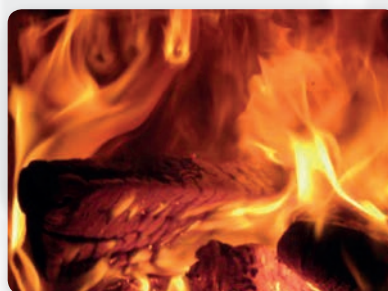
V kolikor je plamen temno rdeč, pomeni zelo slabo in nesprejemljivo zgorevanje tako z okoljskega, požarnovarnostnega, energetskega in zdravstvenega vidika.



Sokol Arso,  
avtor: Peter Frantar



Izpusti prahu (PM10) so odvisni predvsem od vrste kurilne naprave, vrste goriva in načina kurjenja  
(Vir: [www.format-x.com](http://www.format-x.com))



Temno rdeč plamen pomeni slabo izgorevanje  
[Vir: [ekogrupa.si](http://ekogrupa.si)]



zažlejen je svetel plamen  
[Vir: [energijadoma.si](http://energijadoma.si)]

V kolikor s prostim očesom opazimo temen dim na vrhu dimnika, to vsekakor pomeni zelo slabo zgorevanje predvsem z vidika prašnih delcev (nezgorelega ogljika).

Če je prišlo do vžiga oblog (saj in smol) v dimniku – dimniškega požara, je to skrajno opozorilo, da gre za zelo slabo oziroma katastrofalno slabo zgorevanje, ki ga je treba odpraviti

### Onesnaženost:

Kurilne naprave na lesno biomaso vplivajo na onesnaževanje zraka. Kurilne naprave, katere uporabljajo za zgorevanje lesno biomaso, povzročajo izpuste tudi zelo finih prašnih delcev velikosti pod 0,1 mikro meter. Zelo pomembno je vedeti, da pravilno pripravljen in kurjen les manj onesnažuje zrak s prahom in strupenimi snovmi, ki povzročajo trajno škodo na zdravje človeka in drugih živih bitij.

V strokovnih krogih govorimo o delcih PM 10 in PM 2,5, kateri še posebej v zimskem času presegajo dovoljene vrednosti. Velike emisije delcev v zraku je posledica zastarelih kurilnih naprav in nepravilnega posluževanja kurilnih naprav, tudi uporaba premalo suhih drv.

### Delovanje delcev:

#### Osnovni mehanizem:

oksidativni stres, ki povzroči lokalno in sistemsko vnetje. Sposobnost delcev za povzročitev oksidativnega stresa in vnetne reakcije je odvisna od velikosti delcev.

#### Velikost delcev & toksičnost delcev = obratno sorazmerje

(lažji prehod manjših delcev skozi pljučno bariero in lažje potovanje po telesu)

### Ogroženost:

Ogrožena je celotna populacija od otrok do starostnikov.

LJUDJE Z ŽE OBSTOJEČIMI BOLEZNIMI DIHAL IN SRCA (astma, kronični bronhitis, pljučni rak, emfizem, angina pektoris, popuščanje srca, motnje srčnega ritma, diabetiki)

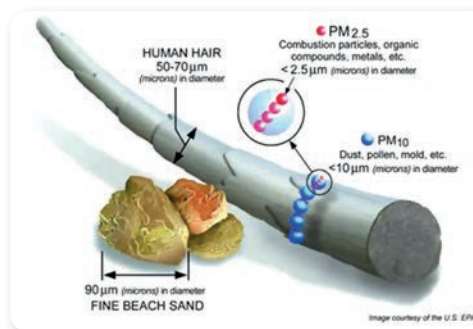
Mejne vrednosti emisij snovi v zrak za kurilne naprave, določajo tehnični standardi SIST EN 13240, 15250, 12815, 14785. Velik del Slovenije je zaradi geografskega položaja, slabe prevetrenosti bolj izpostavljen prevelikim emisijam v ozračje.

Zakaj so prašni delci nevarni: povzročajo bolezni dihal, živčevja, srca, ožilja. Ogrožena je celotna populacija od otrok do ljudi z že obstoječimi boleznimi dihal in srca: astma, kronični bronhitis, pljučni rak, emfizem, angina pektoris, popuščanje srca, motnje srčnega ritma, diabetiki. Prašni delci povzročijo nevrogeno vnetje. Posledica je obsežna vnetna reakcija. V primeru že obstoječe bolezni dihal (astma, bronhitis) se ta poslabša, pride do vnetne reakcije, bakterijsko vnetje, ki osnovno bolezen poslabša.

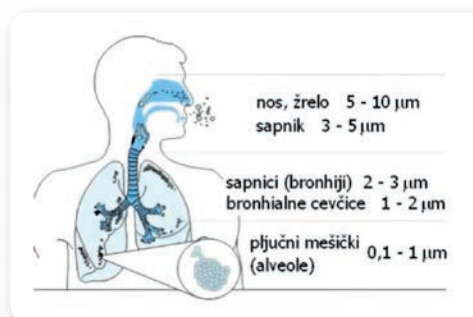
### Ukrepi:

Žal se je izkazalo, da je onesnažen zrak še vedno eden glavnih okoljskih dejavnikov tveganja za zdravje in je najpomembnejši okoljski javno zdravstveni problem v razvitem svetu. Zato so pomembni ukrepi. Glede onesnaženosti z delci obstoji v Evropski

Vir slik: Arhiv zrmk, kazalci okolja ARSO.



grafična interpretacija delcev PM 2.5 in PM10 v primerjavi s človeškim lasom



Delovanje delcev

uniji zakonska zahteva po spremljanju onesnaženosti zunanjega zraka s frakcijami PM 10, PM 2,5 in postopnem zniževanju vrednosti. (SLO Uredba o kakovosti zunanjega zraka, 2011; EU Direktiva 2008/50/ES o kakovosti zunanjega zraka in čistejšem zraku za Evropo, 2008). Potreba po intenzivnih raziskavah v zvezi z najmanjšimi delci.

### Ukrepi za zmanjšanje onesnaženosti

V Sloveniji je zavedanje moči posameznika na nizki stopnji, kajti prepričani smo, da je nemogoče vplivati na tako velike stvari kot je onesnaženje. Ni res, da je glavni in edini krivec onesnaženja industrija. V preteklosti bi lahko v industriji našli glavnega krivca za onesnaženje. Danes je glavni vir onesnaženja promet.

Še vedno je industrija velik vir emisij, ki pa se jih s pomočjo čistilnih sistemov nadzoruje in s pomočjo meritev kontinuirano spremlja. Nad prometom pa države nimajo takšnega nadzora in ga bodo težko vzpostavile. Avtomobil je dobrina, ki si ga vsakdo lahko privošči in težko je vršiti nadzor nad stvarmi, ki so last in ponos posameznika. Država lahko predpiše pravila, preventivno opozarja na posledice prekomernega onesnaževanja, izvaja nadzor nad emisijami izpustov novih avtomobilov, vzpostavi sistem javnega prevoza dostopen večini prebivalcev, ampak ne mora vplivati na kulturo vožnje posameznika in na odločitve o spremembah v vsakdanu, ki tako ali drugače vplivajo na zmanjšanje onesnaženosti okolja. Odločitev je v rokah posameznika in ni sile, ki bi lahko nekoga prisilila v spremembe za katere se ne odloči zavestno, brez prisile. [Vir: okolje.info]

Vsi prispevajmo k zmanjševanju onesnaženosti zraka in njegovih posledic!



## Sodobne kurilne naprave na lesno biomaso

### Prednosti uporabe lesne biomase:

Les je obnovljiv in domač vir energije. Njegova uporaba zmanjšuje energetska odvisnost države, saj denar namenjen nakupu fosilnih goriv ostaja doma. Razvoj kurilnih naprav je zelo napredoval in omogoča kurjenje z visokimi izkoristki. Je tudi CO<sub>2</sub> nevtralno gorivo, saj se le ta sprošča v enaki meri kot se sprošča pri gnitju lesa v naravi. Izpusti dimnih plinov so manj škodljivi okolju, skladiščenje in transport pa sta bolj varna v primerjavi s tekočimi in plinastimi gorivi.

### Oblike lesne biomase:

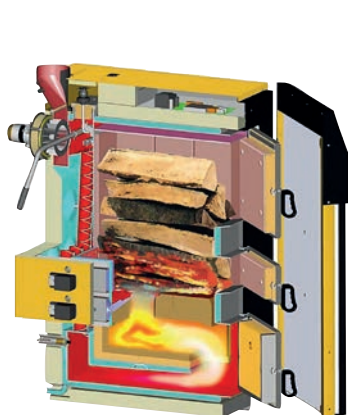
- **Polena** so razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolgi od 30 – 50 cm,
- **Cepanice:** so 1 m dolgi kosi lesa, ki jih pridobivamo iz okroglega lesa slabše kakovosti s premerom nad 10 cm.
- **Okroglice:** so 1 m dolgi kosi okroglega lesa, ki jih pridobivamo iz drobnejšega okroglega lesa slabše kakovosti, s premerom do 10 cm.
- **Sekanci** so kosi zdrobljenega lesa, velikosti do 10 cm
- **Peleti** so stiskanci, narejeni iz čistega lesa. Proizvajajo se industrijsko s stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja. So valjaste oblike premera 8 mm in dolžine do 50 mm.
- **Briketi** so večji stiskanci, ki so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žaganja, oblancev ter drugih neonesnaženih lesnih ostankov.

### Naprave:

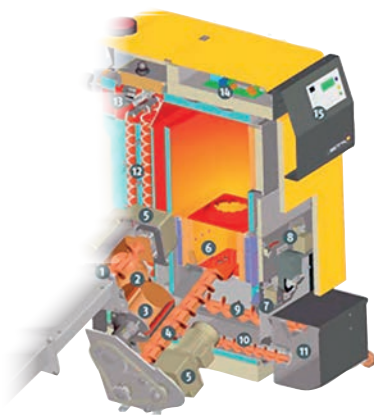
**Kotli na polena** so kurilne naprave v katerih kurimo polena različnih dolžin. Primerni so za tako ruralna kot mestna območja. Nalaganje goriva in odstranjevanje pepela je ročno. Dovajanje primerne in sekundarne zraka za zgorevanje je avtomatsko in jasno razmejeno. Posebne oblike kurišča podaljšujejo čase ponovnega nalaganja nad 20 ur dnevno, kar zagotavlja pri 50 % nazivni toplotni moči kotla samo enkrat dnevno nalaganje. Za dobro delovanje kotla je potrebno v sistem ogrevanja vgraditi izravnalni hranilnik toplote, ki skrbi, da kotel vedno deluje optimalno, višek shranjene toplote pa je mogoče izkoristiti za ogrevanje brez delovanja kotla. Velikost hranilnika mora biti najmanj 50 litrov/kW moči kotla. Oviro lahko predstavlja primeren skladiščni prostor za polena.

**Kotli na lesne sekance** so primerni bolj za kmetije in manjše sisteme daljinskega ogrevanja. Njihovo delovanje je avtomatsko in zagotavlja optimalno zgorevanje. Izpusti v zrak so v zakonsko predpisanih mejah, regulacija zgorevanja je zaradi vgrajene elektronike zelo natančna. Potrebujemo več prostora za pravilno skladiščenje lesnih sekancev. Dimenzioniranje in izbira kotla so odvisni od kakovosti sekancev, vrste lesa in vsebnosti vlage

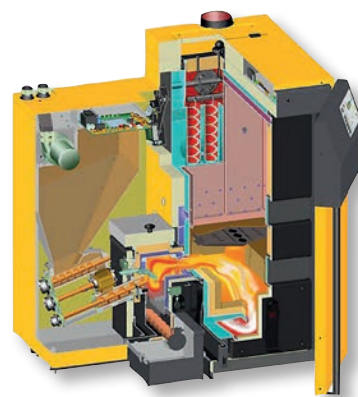
**Kotli na pelete** delujejo popolnoma avtomatsko in so zato primerni tudi za uporabo v mestih. Skladiščenje peletov zahteva manj prostora, nabava in transport goriva je enostaven. Kotli se lahko napajajo iz večjega skladišča s pnevmatskim ali mehanskim transportnim sistemom, ali pa se polnijo dnevna in tedenska skladišča z vrečami teže 30 kg. V nekaterih izvedbah je mogoče kuriti tako pelete kot polena.



Kotel na polena



Kotel na lesne sekance



Kotel na pelete in polena





## Termični solarni sistemi

Energijo sonca izkoriščamo v direktnih sistemih s pomočjo sprejemnikov sončne energije (SSE). Tako pridobljena toplota služi ogrevanju tople sanitarne vode in pri dobro toplotno izoliranih hišah je lahko podpora ogrevanju.



Absorberji

### Vrste sprejemnikov sončne energije:

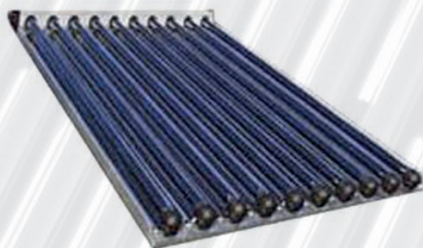
**Absorberji** so najenostavnejši SSE izdelani največkrat iz plastike in so primerni za ogrevanje bazenske vode. Ker niso zaščiteni pred izgubami v okolico je njihov toplotni učinek majhen. Dosegajo temperature ob zastoju do 70° C, zato je varovanje takih sistemov enostavno.



Ploščati sprejemniki  
sončne energije

**Ploščati sprejemniki sončne energije** so sestavljeni iz kovinskega absorberja, položenega na toplotno izolacijo v okviru in prekritega s steklom z majhno vsebnostjo železa in veliko prepustnostjo za sončno sevanje. Absorberji so izdelani iz bakrene pločevine z nalotanimi bakrenimi cevmi in na strani sonca prevlečeni s selektivnim solarnim lakom. Novejše izvedbe so izdelane iz bakrene ali Alu pločevine v obliki plošč ali lamel. Na strani sonca so prevlečeni s plastjo Titanovega oksida ali drugih selektivnih premazov. Običajna površina znaša 2 m<sup>2</sup>. Temperatura zastoja pri teh SSE dosega od 160 do 220° C, zato je varovanje takih sistemov zahtevnejše.

**Vakuumski oziroma cevni sprejemniki** sončne energije so sestavljeni iz absorberja, ki ga predstavlja v vakuumirano borsilikatno stekleno cev, zaprta kovinska cev, prevlečena z selektivnim premazom. Sestavljamo jih v registre, njihova zastojna temperatura pa je visoka in lahko dosega 360° C, zato je potrebno te sisteme tudi kakovostno varovati pred pregrevanjem.

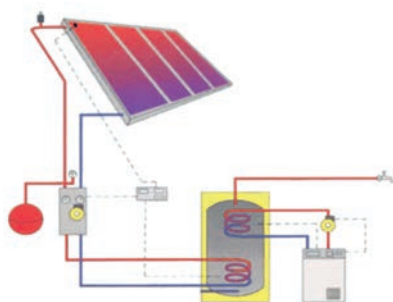


Vakuumski oziroma  
cevni sprejemniki

### Solarni sistem je sestavljen iz:

- sprejemnikov sončne energije,
- solarne postaje, ki vključuje obtočno črpalko, zaporne ventile, varnostni ventil, izločevalec zraka, protigravitacijsko zaporo,
- hranilnik sanitarne tople vode s prenosniki toplote,
- regulacijo sestavljeno iz tipal v polju SSE, tipal v hranilniku in elektronske enote, ki vključuje in izključuje obtočno črpalko na osnovi temperaturne razlike,
- cevne povezave

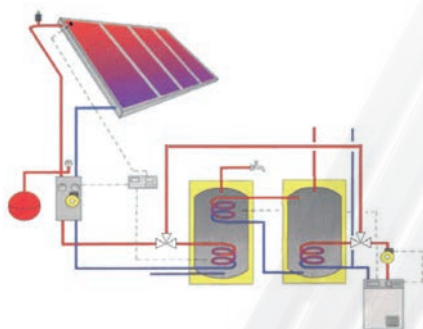




### Kaj vpliva na dimenzioniranje solarnega sistema?

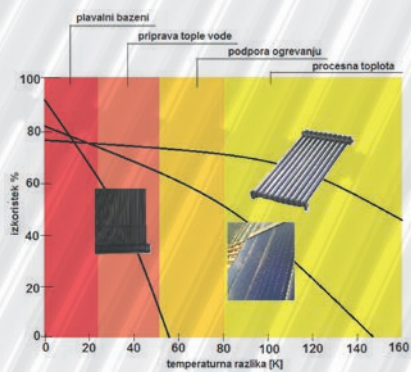
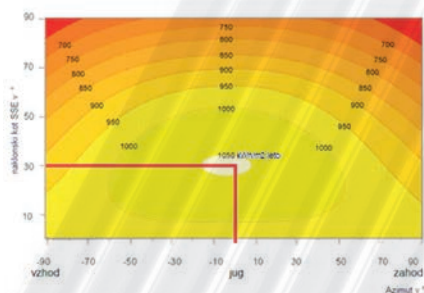
Za sisteme namenjene pripravi tople sanitarne vode je pomembna količina tople sanitarne vode, lokacija SSE in željen delež, ki naj ga pokriva solarna naprava. Za pokrivanje potreb po toploti za pripravo tople vode temperature 45° C in količino 50 litrov/osebo,dan lahko računamo z naslednjimi vrednostmi:

- **50 % letno pokrivanje:** 1,5 m<sup>2</sup> ploščatih SSE po osebi ali 1 m<sup>2</sup> vakuumskih SSE po osebi
- **velikost hranilnika tople vode:** 50 – 70 litrov po osebi.



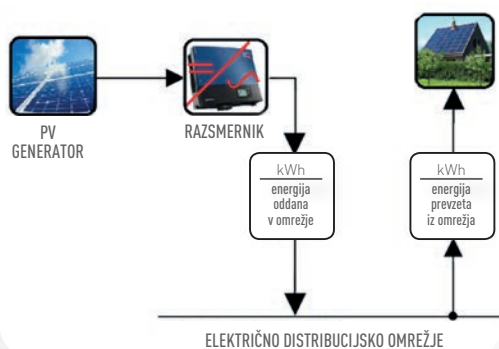
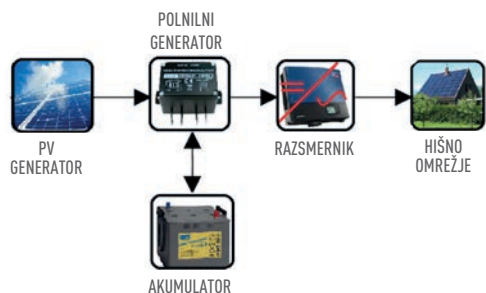
### Orientacijske vrednosti za oceno površine SSE sistemov za podporo ogrevanja so:

- **za ploščate SSE:** stanovanjska površina [m<sup>2</sup>] x 0,07
- **za vakuumske SSE:** stanovanjska površina [m<sup>2</sup>] x 0,05
- **velikost hranilnika:** 50 do 70 litrov /m<sup>2</sup>, SSE





## Fotovoltaika



Fotovoltaika (PV) je področje, ki se ukvarja z raziskovanjem in tehnologijami za pretvarjanje energije sončnega obsevanja neposredno v električno energijo s pomočjo solarnih celic. PV sistemi so relativno drag način pridobivanja električne energije, vendar ima v primerjavi s konvencionalnimi načini prednosti:

- proizvodnja električne energije blizu mesta potrošnje,
- ni dragih transportnih napeljav,
- ni emisije škodljivih snovi ali hrupa,
- stroški vzdrževanja so nizki,
- sisteme je enostavno širiti in dograjevati.

### Oblike PV sistemov:

#### → Samostojni PV sistem,

- primerni za oskrbo prometne signalizacije, občestne telefonske govornice, električne naprave, planinske kočje, porabnike, ki nimajo napeljanega javnega električnega omrežja.

#### → Omrežni PV sistemi,

- za podporo javnemu elektroenergetskemu omrežju.

### Sestavni deli PV naprave:

- PV generator, ki ga predstavljajo PV moduli, v katerih združujemo, monokristalinske polikristalinske ali amorfne sončne celice, module pa povezujemo v sistem serijsko ali paralelno,
- konstrukcija za pritrnitev,
- razsmernik, kamor priključimo PV generator, da spremeni enosmerno napetost v mrežno izmenično,
- akumulator, (v samostojnih PV sistemih) in
- polnilni regulator, ki zaščiti akumulator pred visoko napetostjo, temperaturo, prenapolnjenjem, napačno polariteto,
- električni kabli.

### Načrtovanje in namestitvev PV naprave:

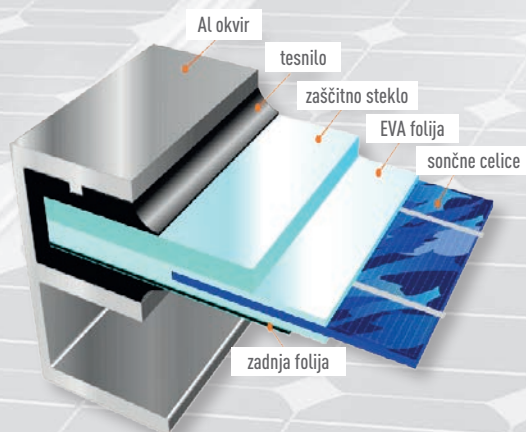
Z načinom povezovanja zagotovimo čim boljše medsebojno ujemanje PV-modulov v PV-generatorju

zaporedna vezava - tokovno ujemanje,  
vzporedna vezava - napetostno ujemanje

Potrebna površina za 1 kWp moči je v veliki meri odvisna od tipa sončnih celic (monokristalinski, polikristalinski, amorfni silicij):

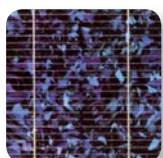
poševna streha od 7 do 16 m<sup>2</sup>  
horizontalna površina, ni senčenja med moduli 20 do 27 m<sup>2</sup>  
vertikalna površina (fasada) od 8 do 12 m<sup>2</sup>

PV-moduli morajo biti z zadnje strani dobro zračeni! Sončne celice imajo negativen temperaturni koeficient, kar pomeni, da imajo pri višji temperaturi manjšo moč.

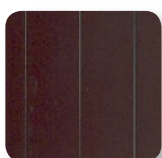




Sončna celica iz monokristalnega silicija



Sončna celica iz polikristalnega silicija



Sončna celica iz amorfne silicija

### Lahko jih namestimo:

- na poševno streho,
- integrirano v streho,
- na ravno streho,
- kot prosto postavitev (talno),
- na fasado.

### Življenska doba:

- PV moduli ca 30 – 40 let,
- razsmerniki ca 20 – 25 let,
- konstrukcija >30 let,
- solarni kabli >30 let.

### Proizvodnja električne energije je odvisna od:

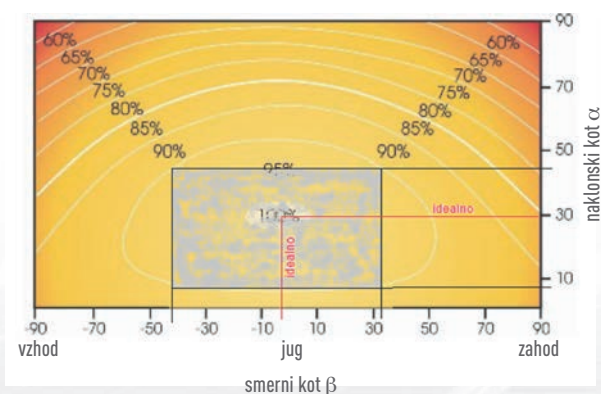
- števila porabnikov priključenih v sistem,
- povprečnih dnevni potreb po električni energiji,
- površine kjer so vgrajeni PV moduli,
- naklona PV modulov,
- orientacije.

### Povprečno sončno obsevanje

na površinsko enoto v Sloveniji je 1242 kWh/m<sup>2</sup>. Letni energijski donos v Sloveniji je od 950 do 1150 kWh/kWp.

### Povprečna letna poraba slovenskega gospodinjstva

je cca. 3200 kWh električne energije. Potrebna nazivna moč sončne elektrarne, ki pokriva porabo povprečnega slovenskega gospodinjstva, je 3,3 kW, za kar je potrebnih od 20 m<sup>2</sup> do 30 m<sup>2</sup> modulov z učinkovitostjo od 15 % do 10 %.



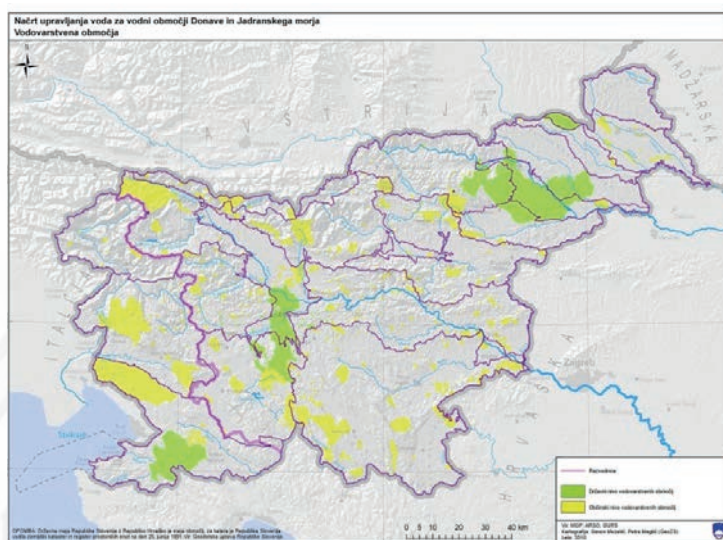


# Čiščenje odpadnih voda na čistilnih napravah

## 1. Povzročitelji odpadne vode:

Stanovanjski objekti, poslovni objekti, javni objekti kateri so namenjeni bivanju in delovanju ljudi, povzročajo nastajanje odpadne vode, katero imenujemo komunalna odpadna voda.

Z rabo deževnice lahko sicer nadomestimo kar polovico potreb po vodi v gospodinjstvu. Tako s sistemom za rabo deževnice lahko nadomestimo pitno vodo za:



Kanalizacijski izpust v okolje, kateri ni nadziran



Površinsko onesnaženje z odpadnimi vodami iz gospodinjstev

## 2. Vplivi na okolje

V strategiji izpuščanja odpadne vode v okolje je potrebno obravnavati vse vplive na:

- zrak,
- tla,
- vode kompleksen pristop pri ravnanju z vodami - od zaje-manja vode do odvajanja odplak, od ravnanja z odpadki do odgovornosti za naprave, ki delujejo na vodah
- narava in njene vrednote

Da bi zagotovili celoletno delovanje teh sistemov, morajo biti rezervoarji vgrajeni v globino, kjer ne zmrzuje. Tudi črpalko je potrebno namestiti v območje, kjer ne zmrzuje – recimo v klet.

## 3. Potrebne investicije

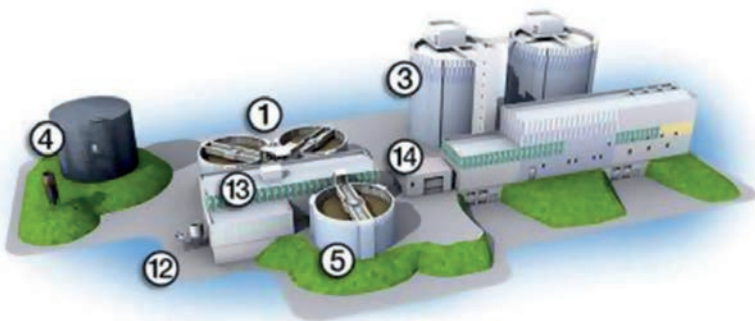
Glavna naloga skupnosti in posameznikov za zaščito okolja, je potrebna izgradnja kanalizacijskih sistemov zaključenih s čistilnimi napravami. Ob tem pa je spoznano, da je ekonomsko najbolj učinkovito, da se večja področja obravnava kot celoto in se pri tem kar v največji meri uporabi že obstoječa komunalna infrastruktura in nova načrtuje tako, da bo na dolgi rok zaščiten podtalna pitna voda, katero moramo v ustreznem stanju pustiti tudi rodovom za nami.



Mala komunalna rastlinska čistilna naprava za čiščenje odpadnih voda za nek objekt s kapaciteto čiščenja 30 PE – primer z dvema gredama



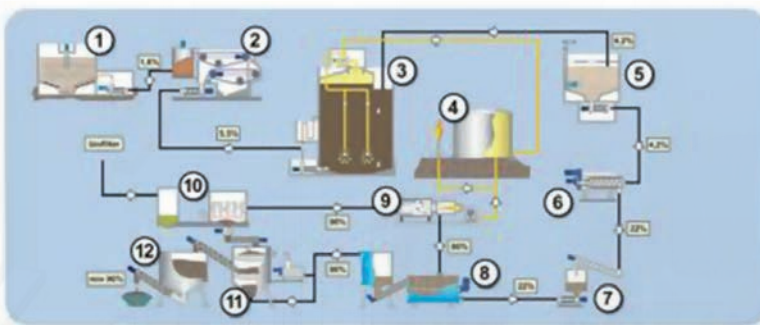
Kanalizacijski izpust v okolje, kateri ni nadziran



Velike biološke čistilne naprave



Namen čistilne naprave hišne je čiščenje odpadnih voda, zato je potrebno imeti stalni nadzor nad delovanjem male čistilne naprave.



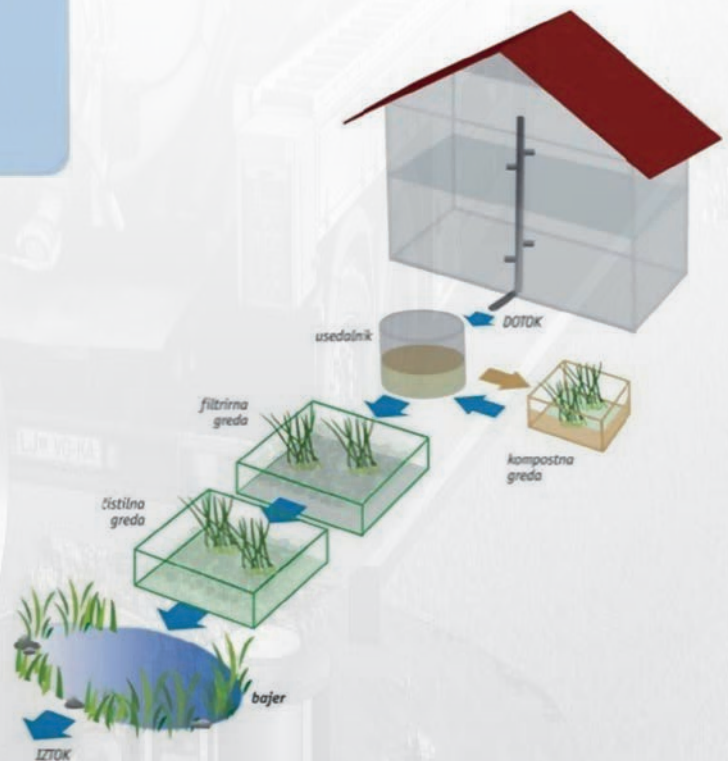
- |                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| 1 Primarni zgoščevalnik   | 9 Sušilni boben                     |
| 2 Tračni zgoščevalnik     | 10 Filter                           |
| 3 Gnilišče                | 11 Silo                             |
| 4 Plinohram z baklo       | 12 Silos končnega produkta          |
| 5 Sekundarni zgoščevalnik | 13 Objekt za strojno obdelavo blata |
| 6 Centrifuga              | 14 Objekt za sprejem greznih gošč   |
| 7 Mokri silos             |                                     |
| 8 Mešalnik blata          |                                     |

#### 4. Obveznosti države in lokalnih skupnosti:

Če je gradnja objekta na poselitvi, katera presega 20 prebivalcev na hektar, je dolžnost izvesti komunalno infrastrukturo za odvajanje in čiščenje odpadne vode v okviru javne službe, za kar poskrbi lokalna skupnost. Pri tem seveda za prebivalstvo ni nobene težave, saj za razvoj skrbi nekdo drug.

#### 5. Obveznosti posameznikov na redki poselitvi

Na redko poseljenih področjih morajo lastniki stavb poskrbeti sami za investicijo v malo biološko čistilno napravo ali malo rastlinsko čistilno napravo. Zakonski rok je leto 2017, kar pomeni, da je po tem letu potrebno imeti zagotovljeno čiščenje odpadnih voda na čistilnih napravah tudi na redko poseljenih področjih.



Slovenska zakonodaja, ki ureja področje čiščenja odpadnih voda, je prilagojena evropskemu pravnemu redu.

#### 6. Pozitivni učinki investicije v male čistilne naprave

Za občane se z investicijo v malo čistilno napravo zmanjša tudi okoljska dajatev za kar 10 x.



## Uporaba deževnice v gospodinjstvu

### 1. Uporaba deževnice v gospodinjstvu

Pri uporabi deževnice v gospodinjstvu moramo biti pozorni na kvaliteto vode, ki se zbira v našem zbiralniku. Voda namreč v nobenem primeru ni pitna, zato se ne sme uporabljati v cevovodih pitne vode. Strogo se mora ločiti cevovode za pitno vodo in cevovode za deževnico, skratka, v stavbi se mora izvesti dvojni vodovodni sistem. Najpogostejše napake so ravno v tem, da se ne predvidita dva ločena cevovoda, zato tudi v primeru kasnejše vgradnje zbiralnika deževnice le-te ne moremo uporabljati brez temeljitega posega v vodovodne instalacije, kar pa je precej zahtevno.

Z rabo deževnice lahko sicer nadomestimo kar polovico potreb po vodi v gospodinjstvu. Tako s sistemom za rabo deževnice lahko nadomestimo pitno vodo za:

- splakovanje na straniščih
- pranje perila
- pranje avtomobila
- zalivanje vrta

### 2. Priprava deževnice

Številne bakteriološke raziskave kažejo, da je raba deževnice primerna tudi za pranje perila. Priporoča se vgradnjo ogljikovega filtra za črpalko.

Pri pranju perila z deževnico so opazne številne prednosti: ker je deževnica mehka voda, se porabi manj pralnega praška, prav tako ni potreben mehčalec in dodatna sredstva proti vodnemu kamnu. Na splošno se z deževnico dosega boljši rezultat pri pranju. Če želimo deževnico uporabljati tudi za pralne stroje, je potrebna nekoliko večja investicija kot zgolj za zalivanje vrta. Takšni sistemi sicer lahko prihranijo kar 50 % pitne vode in se vsekakor izplačajo, vračilna doba je 3–5 let. V Sloveniji se cene pitne vode (vodarina, vodno povračilo) gibljejo med 0,8 in 1,5 €/m<sup>3</sup>, k temu je mnogo kje treba prišteti še ceno za čiščenje odpadnih voda (kanalščino), ki se običajno obračunava tudi po vodovodnem števcu.

Moderni sistemi za hišno rabo deževnice so poleg povezovalnih cevi sestavljeni iz naslednjih komponent:

- sekundarna vodovodna napeljava do stranišča, pralnega stroja, vrtno pipe
- podzemni rezervoar
- umirjen dotok
- filter
- sifon z zaščito proti malim živalim
- plavajoči odvzem s sesalnim filtrom
- namenska črpalka za rabo deževnice (hidrofor, kjer ni navadnega vodovodnega omrežje)
- otroška zaščita

Da bi zagotovili celoletno delovanje teh sistemov, morajo biti rezervoarji vgrajeni v globino, kjer ne zmrzuje. Tudi črpalko je potrebno namestiti v območje, kjer ne zmrzuje – recimo v klet.

### 3. Rezervoarji in obdelava deževnice

Za zbiranje in shranjevanje deževnice so idealni podzemni rezervoarji, saj jih zemlja ščiti pred toploto ter svetlobo. Temperatura vode v zbiralniku je vse leto okoli 6–8°C. Zaradi teme v rezervoarju se ne morejo razviti alge. V tako hladni vodi prav tako ne morejo preživeti mikroorganizmi ali bakterije. Le ti se prav tako ne morejo razmnoževati, saj jim primanjkuje toplote ter hrane. V kolikor ni mogoče namestiti podzemnih rezervoarjev, se priporoča namestiti kletnih rezervoarjev – ki ne smejo biti svetlobo propustni (da se prepreči razvoj alg, bakterij). Kletni rezervoarji morajo biti zaščiteni pred svetlobo in se morajo nahajati v čim hladnejšem prostoru.

Kemična obdelava deževnice ni potrebna in se je ne priporoča.

Potrebna velikost cisterne je odvisna od več dejavnikov. Najbolj važen je namen: ali želimo sistem uporabljati za splakovanje stranišč, pranje perila, ali pa samo za zalivanje vrta. Prav tako je potrebna velikost odvisna od števila oseb v gospodinjstvu. Samo za hišno rabo se priporoča med 5.000 litri (5 m<sup>3</sup>) in 10.000 litri (10 m<sup>3</sup>).

Pri popolnoma polnem rezervoarju (ko gre voda čez preliv) – pri pravem dimenzioniranju rezervoarja 3–5 krat letno – se preko sifona izločijo plavajoče snovi (npr. cvetni prah).

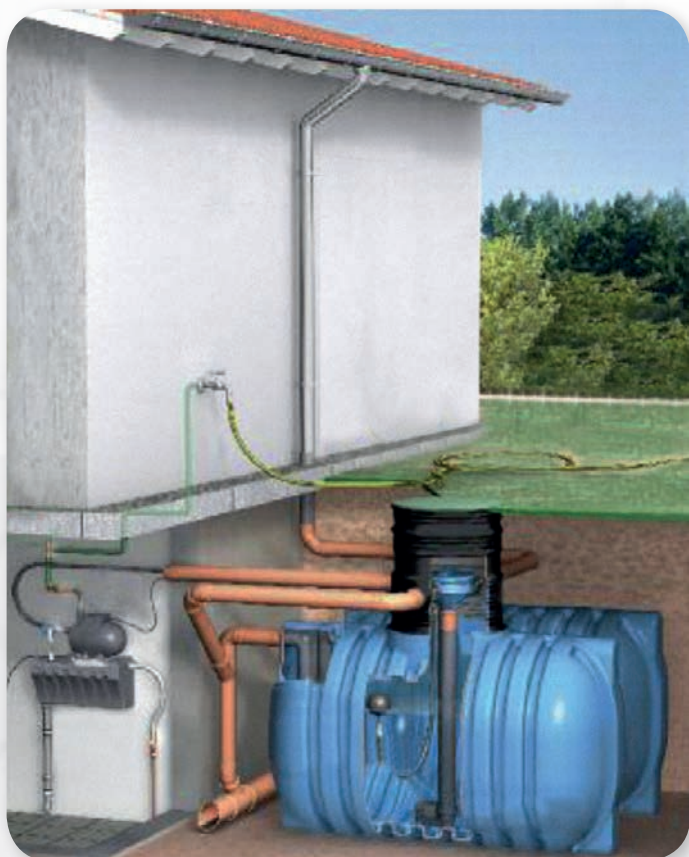
V vsak sistem za rabo deževnice je potrebno vgraditi vsaj predfilter. Ta očisti vodo, preden le-ta doseže rezervoar. Filter odstrani razne nečistoče: listje, pesek, mah. Prefilter predstavlja 1. stopnjo čiščenja deževnice in je zelo važen za kvaliteto vode in funkcioniranje celotnega sistema (recimo, da rezervoarja ne doseže listje, ki bi v njem razpadalo – kar je bakteriološko sporno). Iz tega vzroka se priporoča uporabo le specializiranih filtrov za rabo deževnice, ki izpolnjujejo naslednje kriterije: dobra zmogljivost filtriranja, visok izplen vode, enostavno čiščenje, minimalno vzdrževanje.

Razlikujemo več vrst filtrov: žlebni filter, podzemni filter in v rezervoarju integrirani filter, kjer je izbira odvisna od namena rabe deževnice in gradbenih posebnosti. Običajno je najboljša izbira v rezervoarju integriran pretočen filter. Za vrtno rabo je najpogosteje dovolj enostaven filter s sitom.

V kolikor želimo uporabljati deževnico za splakovanje stranišča in pranje perila, se priporoča namestitev plavajočega odvzema. Le-ta zajema vodo 10 cm pod gladino vode, kjer je le ta najčistejša (spodaj so lahko usedline, na gladini lahko kaj plava). Za pranje perila se dodatno priporoča namestitev finega filtra za črpalko, ali ogljikovega filtra. Le-ta zadrži tudi delce velikosti do 0,1 mm. Njegova vgradnja je opcijska.

#### 4. Vrste zalogovnikov

Priporoča se izbor zalogovnikov priznanih proizvajalcev z ustreznimi izjavami o skladnosti oz. izjavami in deklaracijami o lastnostih, ki temeljijo na ustreznih certifikatih o skladnosti ter EN standardih. Paziti je treba tudi na material, iz katerega so proizvedeni rezervoarji. Priporoča se HDPE (High Density Polyethylene) – visoko gost polietilen, kar mu daje še večjo moč in omogoča tudi izdelavo povoznega plastičnega rezervoarja. Paziti moramo, da kupimo rezervoar iz originalnega materiala in ne recikliranega - da bi se lahko PE recikliral, se namreč navadno doda 25 % raznih primesi, za katere ni zagotovil, da so primerne za pitno vodo, posledično za pranje perila. Rezervoar iz neoriginalnega materiala se najlažje prepozna po raznobarnih delcih, ki so vidni v strukturi plastike. Od sestave materiala je odvisna tudi življenjska doba rezervoarja.



Vir slik: mag. Aleš Glavnik

#### 5. Delovanje sistema zbiranja deževnice

Moderni sistem za zbiranje deževnice deluje samodejno, se avtomatsko polni in prazni, ima zaščito v primeru izpraznitve in je varen za uporabo. Voda doteka skozi posebne filtre, kjer se upočasni, pri tem se umazanija odplakne v kanalizacijo, čista voda pa steče navzdol proti umirjenemu dotoku, ki poskrbi, da se v zbiralniku ne dvigujejo morebitne usedline. Črpalni moduli z integriranimi črpalkami in ustreznim krmiljenjem omogočajo avtomatsko uporabo, v primeru praznega rezervoarja pa avtomatski preklop na vodovodno omrežje.





**ENSVET**  
ENERGETSKO SVETOVANJE



**ENSVET**  
ENERGETSKO SVETOVANJE