

Dr. Roman Kunič, Fragmat TIM,
Dr. Črtomir Tavzes, Iltra d.o.o., Ljubljana,
Doc. dr. Andreja Kutnar, Iltra d.o.o., Ljubljana in Univerza na Primorskem,
Inštitut Andrej Marušič, Koper

Izolacije ovoja stavb in njihov ogljični odtis



Najbolj učinkovit ukrep zmanjševanja okoljskih vplivov stavb je pravilna izbira toplotnoizolacijskih materialov. V nasprotju s pogostim mnenjem se izkaže, da lahko imajo umetni materiali zaradi majhne gostote in izredno majhne toplotne prevodnosti primerljiv ogljični odtis z drugimi toplotnoizolacijskimi materiali glede na enak učinek toplotne izolativnosti.

Najpogosteje je prikazana razlika med posameznimi toplotnoizolacijskimi materiali v navajanju vpliva na okolje izključno po enoti mase samega proizvoda, redkeje po enoti mase na prostornino, pri tem pa je spregledano dejstvo, da so mase in vrednosti toplotne prevodnosti (λ) teh materialov izredno različne, kar močno vpliva na stopnjo potenciala globalnega segrevanja, ki ga povzroča izdelava in namestitev posamezne toplotne izolacije v ovoj zgradbe v življenjski dobi.

Gradbeništvo je v praktično vseh državah v bruto nacionalnem dohodku udeleženo z vsaj desetimi odstotki, hkrati pa je poraba materialov, surovin in energije ter količina odpadkov v celotni življenjski dobi objektov celo 40 odstotkov vseh svetovnih.

Za različne toplotnoizolacijske materiale, ki jih uporabljajo

mo v gradbeništvo, tako za široko uveljavljene kot tudi za nove, izredno učinkovite izolacijske materiale, smo izvedli objektivno primerjalno analizo ogljičnega odtisa v življenjskem ciklu ter dobljene vrednosti primerjali z njihovim dejanskim učinkom toplotne izolacije. Objektivnost te primerjave smo dosegli tako, da smo poleg vrednosti potenciala globalnega segrevanja na teži materiala upoštevali tudi specifično težo posameznih materialov, kot tudi razlike v njihovih toplotnih prevodnostih (λ).

Ogljični odtis gradbenih materialov in stavb

Debelina toplotne izolacije v ovoj stavb se ne povečuje le zaradi okoljske osveščenosti, temveč tudi zaradi visoke odvisnosti od uvoženih virov energije. Investicijski stroški so ob izbiri debelejših slojev toplotne

izolacije v primerjavi s tipično obstoječo gradnjo višji, vendar postanejo obratovalni stroški bistveno nižji, celo v tolikšni meri, da postane zelo izolirana stavba stroškovno učinkovitejša v celotnem življenjskem ciklu. Ker v večini primerov toplotnih izolacij ovoja stavb povečana toplotna zaščita pomeni le dodatni vložek v večjo debelino toplotne izolacije, so to zdaleč najpomembnejše in najučinkovitejše naložbe v varčevanje z energijo.

Za nepristransko vrednotenje vplivov gradbenih materialov in stavb na okolje je edino smiselno uporabiti čim bolj objektivna merila okoljskih obremenitev, kot je analiza življenjskega cikla (LCA) oziroma ogljični odtis (ang. Carbon Footprint), s katerim ovrednotimo emisije toplotnih plinov, povezane z izdelkom po količinsko najbolj pomembnem toplotnem pli-

nu - CO₂, ki služi kot osnovna enota. Ogljikov dioksid predstavlja osnovni antropogeni toplotni plin, ki ruši energetske uravnoteženost Zemlje, predvsem v pogledu radiacijskega ohlajevanja. Ogljični odtis je seštevek izpustov toplotnih plinov, ki jih neposredno ali posredno povzročijo organizacija, izdelek, storitev ali druga aktivnost, ki povzroča ali prispeva k izpustom toplotnih plinov v določenem časovnem obdobju. Opredeljen je v enoti ekvivalenta CO₂ (CO₂-e). V izračun ogljičnega odtisa so poleg CO₂ vključeni tudi drugi toplotni plini - metan (CH₄), dušikov oksid (N₂O) in klorofloroogljikovodiki (CFC). Ti so sicer veliko močnejši toplotni plini kot CO₂, vendar se jih splošno proizvede količinsko veliko manj, zato so njihove emisije preračunane na ekvivalentno količino CO₂ (CO₂-e).

Metode in orodja raziskave

Vzporedno z razvojem trajnostne gradnje moramo vrednotiti okoljsko prijaznost materialov, izdelkov in novih proizvodnih procesov v celotnem življenjskem ciklu stavb (z analizo LCA (Life Cycle Assessment) in LCCA (Life Cycle Cost Assessment)), uporabljati materiale, ki ne škodujejo zdravju in jih je možno reciklirati ter za vsak razviti izdelek določiti scenarij trajnostne rabe ob koncu njegovega prvega življenjskega cikla.

Pri pregledu poročil v promocijskih dokumentih ponudnikov izolacijskih materialov smo ugotovili, da je najpogosteje prikazana razlika med posameznimi toplotnoizolacijskimi materiali ravno v navajanju vpliva na okolje, po enoti teže samega proizvoda, kar pomeni, da te primerjave ne upoštevajo razlik v specifičnih težah, kot tudi ne različnih vrednosti toplotne prevodnosti (λ). Raziskave torej ne upoštevajo okoljskega vpliva glede na osnovni namen materiala: ustvarjanje čim večjega upora proti prehodu toplote.

V raziskavi, predstavljeni v tem članku, smo se osredotočili na vrednotenje okoljskih vplivov toplotne izolacije v zunanjem ovoju stavbe. Zaradi preglednosti in primerljivosti smo upoštevali izključno okoljski vpliv same toplotne izolacije in pri tem zamenjali vpliv na okolje vseh ostalih elementov, kot so nosilna stena, zaščitna konstrukcija, pritrnila, lepila, zaključni sloji ali ometi. Kot potrditev tej odločitvi velja omeniti, da imajo mnogi sistemi fasad, sten in streh zelo podobne načine pritrjevanja in sestave ne glede na vrsto toplotnoizolacijskega materiala. Zaradi odločitve, da vrednotimo okoljski vpliv izključno same toplotne izolacije, smo izsledke študije naredili bolj uporabne, saj rezultati veljajo za katerikoli konstrukcijski sklop v zunanjem ovoju stavbe (za zunanjo steno, ravne ali poševne stene, tla na terenu ...).

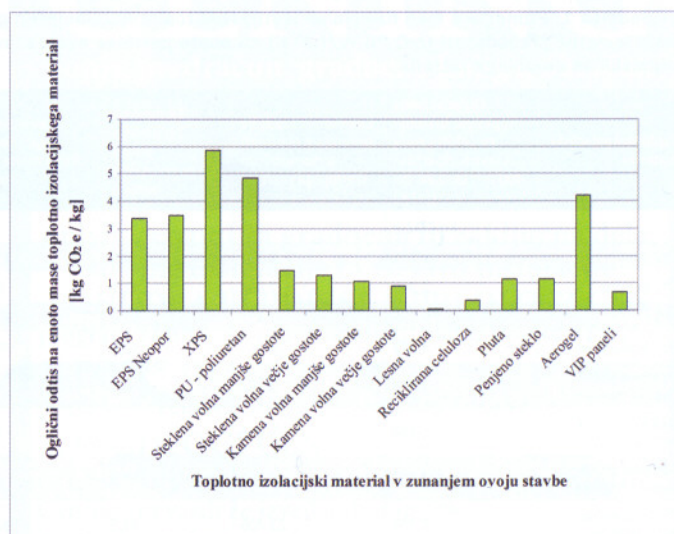
Primerjave okoljskih vplivov različnih izolacijskih materialov smo opravili s programsko opremo Simapro (SimaPro Analyst Indefinite, Ecoinvent v2, Product Ecology Consultants, PEC, Nizozemska), ki omogoča poenostavljeno natančno sledenje vsem materialnim tokovom skozi življenjski cikel ter dosledno klasifikacijo in kategorizacijo podatkov. Ogljični odtis smo določili z metodo IPCC 2001 GWP 100a V1.02 (Climate Change, 2001).

Rezultati analize in njihovo vrednotenje

Vpliva na okolje nima samo potencial globalnega segrevanja določenega toplotnoizolacijskega materiala, izražen v $\text{kg CO}_2\text{-e}$ na kilogram izolacijskega materiala ali njegova debelina, temveč je močno odvisen tudi od gostote različnih, v študiji upoštevanih izolacijskih materialov, ki variira od 15 kg/m^3 do 170 kg/m^3 in več (torej je razmerje večje kot 1 : 10), in od toplotne prevodnosti izolacijskega materiala (λ vrednost znaša od 6 mW/(m K) do 45 mW/(m K)), kjer zaznavamo razmerje večje kot 1 : 7. V primerjavi z drugimi gradbenimi materiali in konstrukcijskimi sklopi imajo toplotnoizolacijski materiali najmanjši vpliv na okolje, ker v življenjskem ciklu s svojim relativno visokim toplotnim uporom preprečujejo izgube zaradi prehoda toplote.

Na sliki so prikazani ogljični odtisi različnih toplotnoizolacijskih materialov glede na maso brez upoštevanja različnih gostot in razlik v toplotnih prevodnostih materialov (λ). Ker za določen učinek toplotne izolativnosti, torej za doseganje iste vrednosti toplotne prehodnosti (U), potrebujemo različno količino določenega materiala, primerjava na sliki ne more služiti kot merilo pri odločanju za toplotnoizolacijski material z najnižjim vplivom na okolje.

Dejanski vpliv na potencial globalnega segrevanja, izražen v ekvivalentu emisij CO_2 za različne toplotnoizolacijske materiale

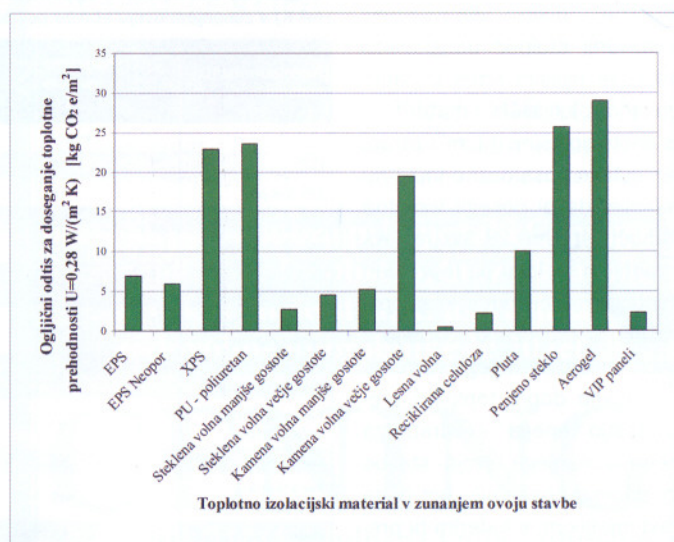


Ogljični odtis različnih toplotnoizolacijskih materialov izražen na kilogram mase izbranega materiala

je prikazan na sliki, kjer je upoštevana debelina toplotne izolacije, ki je potrebna za izpolnjevanje pogoja toplotne prehodnosti v skladu z veljavnim predpisom [PURES 2010], ki znaša lahko največ $0,28 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Na sliki je prikazan ogljični odtis na enoto površine ovoja [m^2], drugače kot na prvi sliki, kjer je prikazan ogljični odtis v odnosu na enoto mase izolacijskega materiala. S primerjavo oziroma upoštevanjem debeline toplotne izolacije ugotovimo, da z izolacijami lesnega izvora, v danem primeru lesna volna, povzročamo najmanjši vpliv na okolje. Tudi

reciklat celuloze, najpogosteje časopisni papir, ima nizek vpliv na okolje. Poleg tega les nastaja z biološkimi procesi, ki iz atmosfere vežejo CO_2 (fotosinteza).

Pri obeh izdelkih, lesni volni in časopisnem papirju, predstavljajo pretežni delež ogljičnega odtisa dodatki proti gnitju, trohnenju in gorenju. Mineralni volni, tako steklena kot tudi kamena, imata posebej v primerih nizkih gostot majhen vpliv na okolje. Podobno velja tudi za vakuumsko izolacijske panele, ki dosegajo dobre rezultate pri vrednotenju vplivov na okolje ravno zaradi svoje nizke toplotne prevodnosti (λ).



Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov debeline, ki je potrebna, da je dosežena toplotna prehodnost zunanjega ovoja $U=0,28 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$, prikazan na enoto površine ovoja stavbe [m^2]

Preglednica 1: Primerjava med fizikalnimi lastnostmi toplotnoizolacijskih gradbenih materialov, ogljičnim odtisom različnih toplotnih izolacij za doseganje toplotne prehodnosti $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ na enoto površine ovoja stavbe (m^2) in z okoljskimi vplivom, ki ga povzročimo s prevozom z osebnim avtomobilom srednjega razreda

Toplotnoizolacijski material	Ogljični odtis toplotne izolacije za celotni ovoj stavbe, površine 400 m^2 , $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	Ekvivalent razdalje prevoza z osebnim avtomobilom srednjega razreda	Ekvivalent ogljičnega odtisa armiranega betona	Ekvivalent ogljičnega odtisa malte za omet	Ekvivalent ogljičnega odtisa zidak iz žgane gline	Ekvivalent ogljičnega odtisa ravnega okenskega stekla	Ekvivalent ogljičnega odtisa PVC	Ekvivalent ogljičnega odtisa elementa iz jekla	Ekvivalent ogljičnega odtisa elementa iz aluminija
	kg CO ₂ -e	km	t	t	t	t	kg	kg	kg
EPS	2.781	8.351	15,5	11,5	10,3	4,0	652	1.822	324
EPS Neopor	2.349	7.054	13,1	9,7	8,7	3,4	551	1.539	274
XPS	9.135	27.432	51,0	37,9	33,7	13,1	2.141	5.986	1.066
PU - poliuretan	9.412	28.263	52,6	39,1	34,7	13,5	2.206	6.168	1.098
Steklena volna manjše gostote	1.093	3.282	6,1	4,5	4,0	1,6	256	716	128
Steklena volna večje gostote	1.794	5.388	10,0	7,4	6,6	2,6	421	1.176	209
Kamena volna manjše gostote	2.104	6.320	11,8	8,7	7,8	3,0	493	1.379	246
Kamena volna večje gostote	7.794	23.406	43,5	32,3	28,8	11,2	1.827	5.108	909
Lesna volna	191	573	1,1	0,8	0,7	0,3	45	125	22
Reciklirana celuloza	863	2.591	4,8	3,6	3,2	1,2	202	565	101
Pluta	4.015	12.057	22,4	16,7	14,8	5,8	941	2.631	468
Penjeno steklo	10.282	30.877	57,4	42,7	37,9	14,8	2.410	6.738	1.200
Aerogel	11.582	34.782	64,7	48,1	42,7	16,7	2.714	7.590	1.351
VIP paneli	903	2.711	5,0	3,7	3,3	1,3	212	592	105

Preglednica 1 prikazuje povprečne gostote, povprečne vrednosti toplotnih prevodnosti (λ) za različne toplotnoizolacijske materiale, ki smo jih zajeli v analizi. Prikazana je potrebna debelina posamezne vrste toplotne izolacije, kot tudi potrebna masa le-teh na enoto površine, da bi dosegli toplotno prehodnost $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Za osnovno nosilno konstrukcijo je upoštevan armiranobetonski zid, debeline 15 cm, enostransko ometan s cementno-apnenim ometom debeline dveh centimetrov. Predzadnji stolpec preglednice prikazuje ogljični odtis izbranih toplotnoizolacijskih materialov na enoto površine (t.j. m^2) zaradi namestitve posamezne toplotne izolacije, da bi dosegli toplotno prehodnost $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. V zadnjem stolpcu pa je izražen identičen ogljični odtis, ki ga povzročimo s prevoženim razdaljo z avtomobilom srednjega razreda. Z relativno dobro toplotno prehodnostjo enega kvadratnega metra zunanjega ovoja stavbe povzročimo enak vpliv, kot bi ga z avtomobilom, s katerim bi prevozili od 1,4 km do 87,0 km, odvisno od vrste toplotne izolacije in njenega okoljskega vpliva.

Umetni ali plastični materiali imajo v primerjavi z naravnimi materiali, kot je v našem primeru toplotna izolacija iz lesne volne, v pogledu splošne okoljske sprejemljivosti, uporabe virov in vpliva na okolje slabo oceno, kar z vrednostmi dokazuje tudi ogljični odtis. Ogljični odtis umetnih materialov znaša nad $3,38 \text{ kg CO}_2\text{-e}$ na kilogram mase materiala, kar je mnogo višje od ogljičnih odtisov naravnih toplotnoizolacijskih

materialov, ki v povprečju znašajo od $0,061$ do $1,150 \text{ kg CO}_2\text{-e}$ na kilogram mase materiala. So pa umetni ali plastični materiali izredno čvrsti, kompaktni, stabilni, se lažje vgradijo, imajo največkrat manjšo toplotno prehodnost (λ), kljub izredno nizki gostoti (v povprečju 12 do $35 \text{ kg}/\text{m}^3$). Navedene lastnosti jih postavljajo v prednost v primerjavi z ostalimi, celo naravnimi izolacijskimi materiali, čeprav imajo slednji bistveno

manjši vpliv na okolje in hkrati v povprečju tudi za spoznanje večjo toplotno prehodnost (λ). Kot posledica vsega naštetega se v nasprotju z uveljavljeno splošno oceno in slabim glasom nepoznavalcev in žal tudi številčnih strokovnjakov izkaže, da imajo umetni materiali zaradi majhne gostote in izredno majhne toplotne prevodnosti (λ) lahko celo primerljiv ogljični odtis glede na isti učinek toplotne izolativnosti (enako vrednost toplotne

Preglednica 2: Primerjava ogljičnega odtisa različnih toplotnoizolacijskih materialov toplotne prehodnosti $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ v zunanjem ovoju stavbe površine 400 m^2 z ogljičnim odtisom drugih gradbenih materialov in transportom

Toplotnoizolacijski material	Povprečna gostota $[\rho]$	Toplotna prevodnost $[\lambda]$	Potrebna debelina toplotne izolacije za $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	Potrebna masa na enoto površine za $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	Ogljični odtis toplotne izolacije za $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$	Ekvivalent razdalje prevoza z osebnim avtomobilom srednjega razreda
	kg/m ³	mW/(m K)	cm	kg/m ²	kg CO ₂ -e / m ²	km
EPS	16	38	12,9	2,1	7,0	20,9
EPS Neopor	16	31	10,5	1,7	5,9	17,6
XPS	32	36	12,2	3,9	22,8	68,6
PU - poliuretan	45	32	10,8	4,9	23,5	70,7
Steklena volna manjše gostote	15	38	12,5	1,9	2,7	8,2
Steklena volna večje gostote	30	34	11,5	3,5	4,5	13,5
Kamena volna manjše gostote	40	36	12,2	4,9	5,3	15,8
Kamena volna večje gostote	160	40	13,5	21,7	19,5	58,5
Lesna volna	55	42	14,2	7,8	0,5	1,4
Reciklirana celuloza	45	40	13,1	5,9	2,2	6,5
Pluta	60	43	14,5	8,7	10,0	30,1
Penjeno steklo	150	45	14,8	22,2	25,7	77,2
Aerogel	140	15	4,9	6,9	29,0	87,0
VIP paneli	170	6	2,0	3,3	2,3	6,8

prehodnosti U) z ostalimi izolacijskimi materiali.

Toplotnoizolacijski materiali, ki predstavljajo v primeru naših analiz največji vpliv na globalno ogrevanje, so predvsem ekstrudirani polistiren, poliuretanske pene, penjeno steklo in kamena volna visoke gostote. Vzrok temu sta predvsem relativno visoka gostota omenjenih materialov in v mnogih primerih žal še vedno okoljsko pogojno sprejemljivi postopki proizvodnje.


Vpliv na okolje, ki ga povzročimo z namestitvijo toplotne izolacije v zunanji ovoj stavbe da bi dosegli toplotno prehodnost v vrednosti $0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, kar za stene in tla predpisuje trenutno veljavni pravilnik [PURES 2010], znaša največ $29,0 \text{ kg CO}_2\text{-e}$ za vsak površinski meter $[\text{m}^2]$ ovoja stavbe. Za primerjavo naj poudarimo, da podoben vpliv na okolje naredimo, če prepotujemo z osebnim avtomobilom srednjega razreda razdaljo 87 km. Nazorna je tudi primerjava ogljičnega odtisa izolacije iz ekspandiranega polistirena za doseganje minimalnih zahtev za izolacijo individualne hiše z zunanjim ovojem 400 m^2 ob upoštevanju toplotne prehodnosti $U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, s čimer povzročimo skupni ogljični odtis v količini $2781 \text{ kg CO}_2\text{-e}$, kar je enako kakor potovanje v osebnem avtomobilu na razdalji 8351 km (preglednica 2).

Primerjava med vplivom na okolje, ki ga povzročimo z izolacijo celotnega zunanje ovoja individualne hiše, ki ima v primeru naše analize in tudi sicer povprečno velikost okoli 400 m^2 , s toplotno prehodnostjo $U=0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$, z vplivom na okolje drugih gradbenih materialov, vidimo, da za izdelavo toplotne izolacije za celotni zunanji ovoj stavbe, tudi v primeru toplotne izolacije z visokim ogljičnim odtisom kot n.pr. poliuretanska pena, ki povzroči okoljski vpliv $9412 \text{ kg CO}_2\text{-e}$, naredimo enak vpliv na okolje kot z $52,6$ tonami armiranega betona (mimogrede, taista povprečna individualna hiša ima omenjenega

materiala za okrog 5-krat več) ali s $34,7$ tonami zidakov iz žgane gline (povprečna individualna hiša ima približno 6-krat toliko opeke, ali z 2206 kg PVC izdelkov ali z 6168 kg jeklenih ali 1098 kg aluminijevih izdelkov. Enak vpliv naredimo tudi, če se z osebnim avtomobilom srednjega razreda prevozimo 28.263 km .

Sklep

Najbolj učinkovit ukrep zmanjševanja okoljskih vplivov stavb je pravilna izbira toplotnoizolacijskih materialov, ki omogoča varčevanje z energijo in drugimi naravnimi viri. Umetni ali plastični materiali imajo v primerjavi z naravnimi materiali, npr. toplotno izolacijo iz lesne volne, v pogledu splošne okoljske sprejemljivosti, uporabe virov in vpliva na okolje negativno oceno. Hkrati pa so ti materiali izredno čvrsti, kompaktni, stabilni, se lažje vgradijo, imajo največkrat manjšo toplotno prevodnost (λ) kljub izredno nizki gostoti. Zato se v nasprotju z uveljavljeno splošno oceno izkaže, da imajo umetni materiali zaradi majhne gostote in izredno majhne toplotne prevodnosti (λ) lahko primerljiv ogljični odtis z drugimi toplotnoizolacijskimi materiali glede na enak učinek toplotne izolativnosti (t.j. ob isti vrednosti toplotne prehodnosti U).

Zaključimo lahko, da so okoljski vplivi toplotnoizolacijskih materialov v primerjavi z drugimi gradbenimi materiali, ki so vgrajeni v povprečne stavbe, majhni. Poleg tega je potrebno poudariti, da zaradi prihrankov energije (drastično zmanjšanje toplotnih izgub), ki jih omogočijo toplotnoizolacijski materiali v vsakem letu po vgradnji, le-ti ključno prispevajo k zmanjševanju vplivov stavb na okolje. Zato toplotne izolacije uvrščamo v sam vrh najučinkovitejših naložb za varčevanje z energijo in posredno v zmanjševanje vpliva na okolje. 

CENING

20 LET

popis, predračun, gradbena knjiga, obračun

za ponudbe in projektantske predračune:

CENING BIZNIS

opisi s cenami za gradbena in zaključna dela, strojne inštalacije in elektro inštalacije

PONUDBA IZ POPISA S PREDLOGI CEN

program za hitro pripravo ponudb, tudi iz popisa v Excelu

1. POPIS DEL

popis iz Excela, Ceninga ali ponudbo pripravite sami

2. PREDLOGI CEN

za postavke popisa. Samodejni predlogi cen iz podatkov Ceninga in vaših že izvedenih ponudb

3. PONUDBA NAREJENA

natisnete ali shranite v Excel, Pdf, Word

opise s cenami lahko spreminjate, dodajate svoje in še več...

CENING KNJIGA

OPISI S CENAMI V TISKANI OBLIKI

knjige z opisi in cenami za gradbena in zaključna dela, strojne inštalacije in elektro inštalacije

- postavke z opisi, vrednost storitve na enoto
- ločeno prikazana tudi strošek dela in materiala
- za delo na terenu ali tam kjer ni računalnika, tako da se lahko hitro določi cena za dodatna dela

za obračunske situacije, gradbeno knjigo:

CENING PLANER

GRADBENA KNJIGA IN OBRAČUN

program za vodenje gradbene knjige, samodejne situacije

1. UPORABITE PONUDBO

ponudba iz Excela ali Ceninga. Program pripravi vse liste gradbene knjige s podatki postavk

2. VNESETE KOLIČINE

ali dimenzije ter odbitke za samodejni izračun mesečnih količin in obračunskih situacij

3. NATISNETE SAMODEJNI OBRAČUN

tisk listov gradbene knjige in samodejnega obračuna preprosto dodajanje dodatnih del, spreminjanje in še več...

brezplačna podpora pri uporabi Ceninga, garancija za zadovoljstvo, brez dodatnih stroškov so dejstva, ki ustvarjajo zadovoljne uporabnike že 20 let

CENING

popis, predračun, gradbena knjiga, obračun

20 let
Cening

Marinko
Inženiring
BIRO

Inženiring biro Marinko d.o.o.
Streliška 8, Ljubljana www.cening.si
041-330-473 info@cing.si