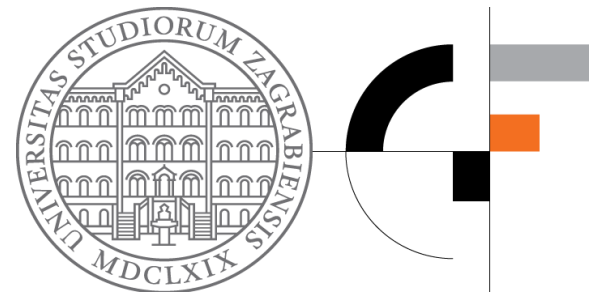


Prijedlog zgrada nulte emisije kroz obnovu direktive EPBD,
Energy gap, Toplinski mostovi, Izvedba zgrada,
Zrakopropusnost vanjske ovojnice,
Mjerenju U-vrijednosti elemenata ovojnice zgrade,
Primjeri iz prakse

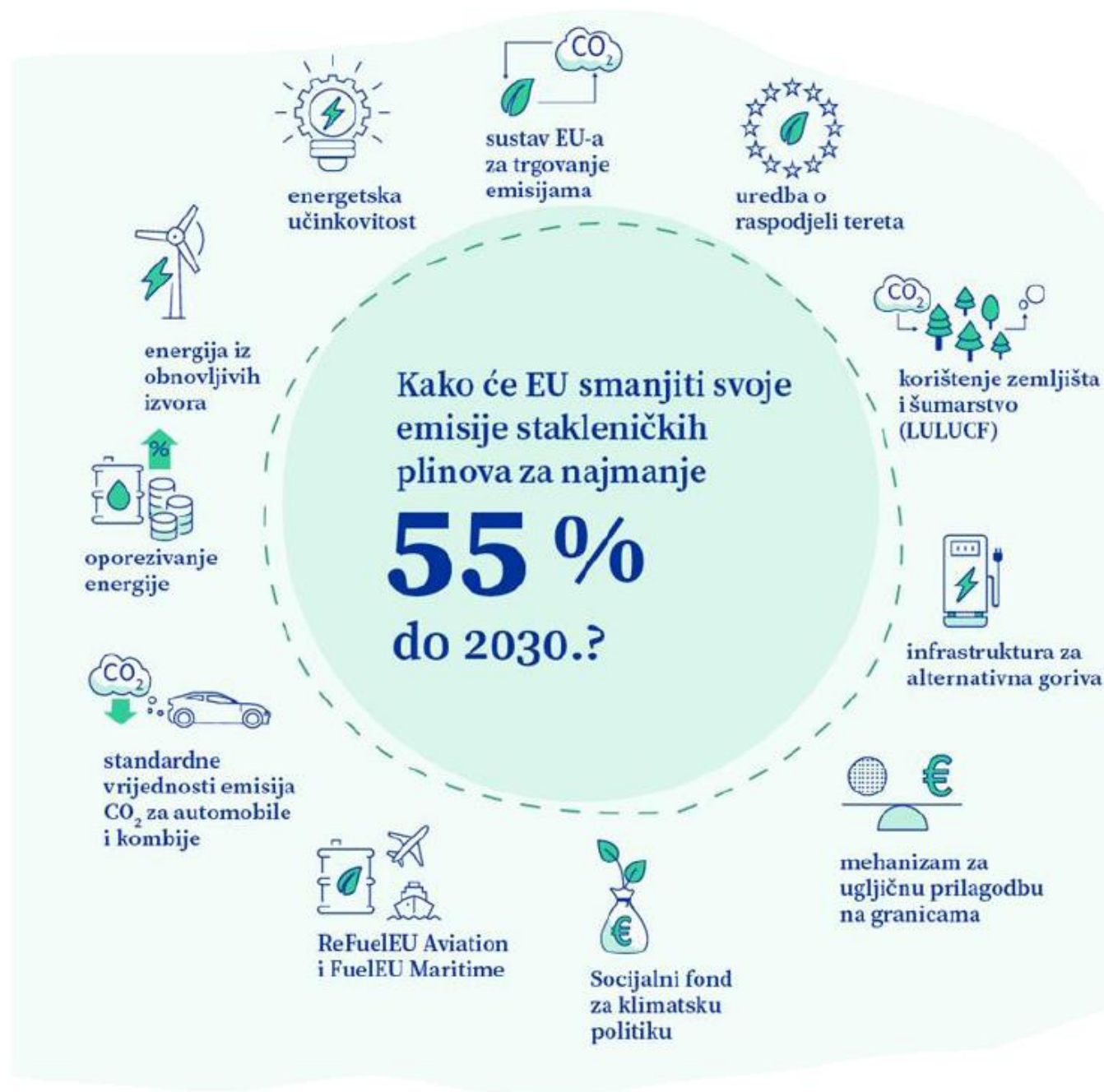
Izv.prof.dr.sc. Bojan Milovanović



Prijedlog zgrada nulte emisije
kroz obnovu direktive EPBD

Paket Spremni za 55%

- skup je zakonodavnih prijedloga i izmjena važećeg zakonodavstva EU-a s pomoću kojega će EU smanjiti svoje neto emisije stakleničkih plinova i postići klimatsku neutralnost.



EPBD RECAST – OŽUJAK 2023

Cities, Embodied Carbon, European Union, Local Impact

European Parliament passes EPBD recast with historic embodied carbon text

Today, the European Parliament passed its Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) recast. Seeing the EU take this decisive action on the built environment and embodied carbon is very encouraging.

The update aims to increase the rate and depth of building renovations and set a vision for achieving a zero-emission building stock by 2050.

According to the adopted text, all **new buildings should be zero-emission from 2028**, while **new buildings occupied, operated or owned by public authorities from 2026**.

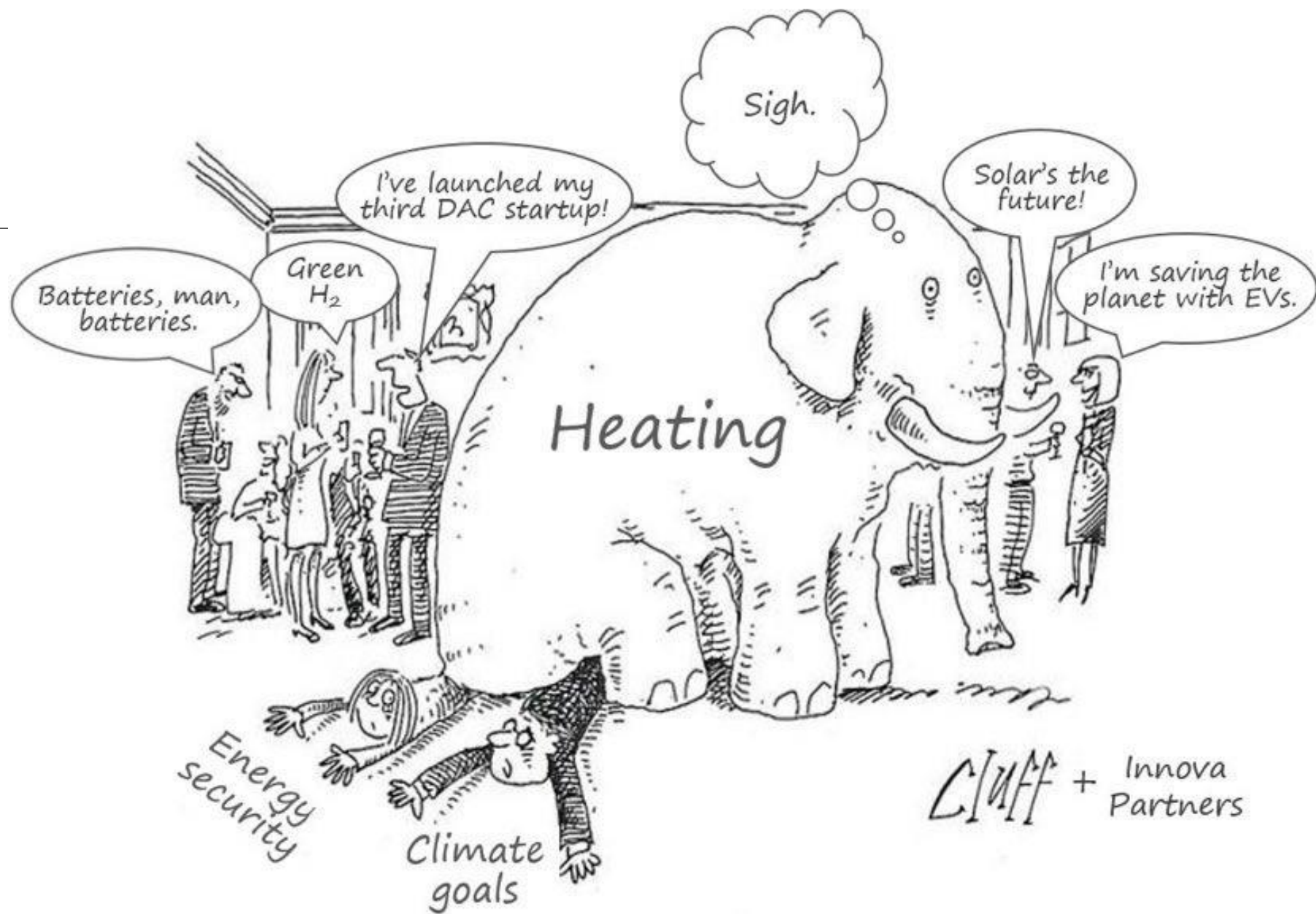
All new buildings should also be equipped with solar technologies by 2028, where technically suitable and economically feasible, while **residential buildings undergoing major renovation have until 2032 to comply**.

ZEB – ZERO EMISSION BUILDINGS (ZGRADE S NULTIM EMISIJAMA)

- „zgrada s nultim emisijama”

- znači zgrada s vrlo visokim energetskeim svojstvima, koja ne zahtijeva energiju ili zahtijeva vrlo malu količinu energije, **ne proizvodi emisije ugljika iz fosilnih goriva u krugu zgrade i ne proizvodi ili proizvodi vrlo malu količinu operativnih emisija stakleničkih plinova**, u skladu sa zahtjevima iz članka 9.b



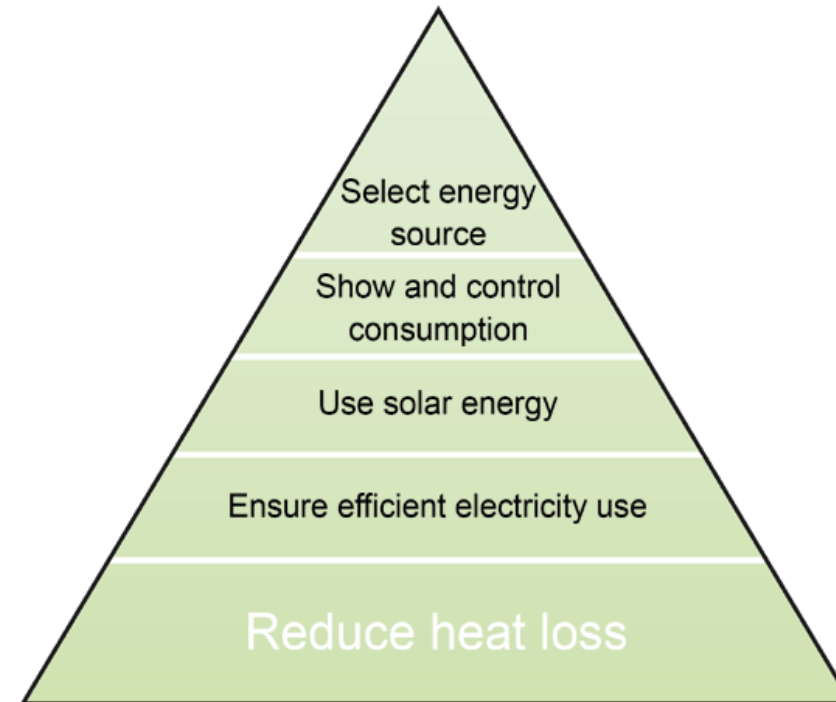
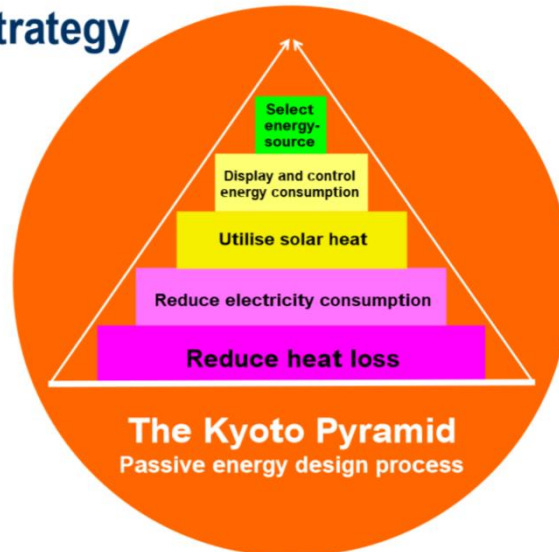


"HAVE YOU NOTICED IT, TOO?"

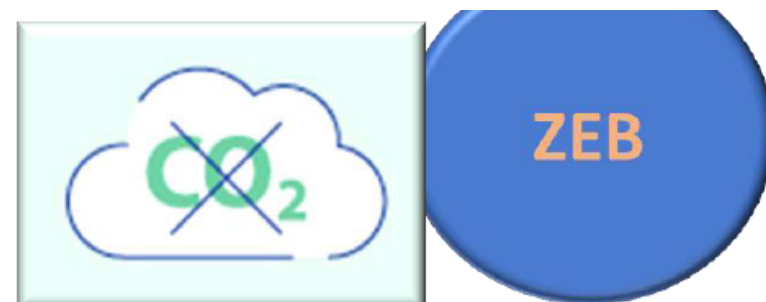
KLJUČNI ELEMENTI OBNOVE ZGRADA

- Tehničke mogućnosti za energetske obnovu prioritetno se oslanjaju na smanjenje energetske potrebe kroz obnovu vanjske ovojnice zgrade, uključuje i tehničke sustave u zgradama te sustave OIE

Design strategy



Zahtjevi za ZEB:



- u novoj ili obnovljenoj zgradi s nultim emisijama :
 - **potrošnja energije**
 - **operativne emisije stakleničkih plinova**
 - DČ - **prilagoditi** oba praga za obnovljene zgrade

} usklađeno s max pragom u NPOZ/NBRP
- **ukupno godišnje korištenje Eprim** u novoj ili obnovljenoj ZEB zgradi pokriva :
(ako je to tehnički i gospodarski izvedivo)
 - energija iz **Ol proizvedena u krugu zgrade** ili u blizini / $\cong$ čl. 7. izmjena RED
 - energija iz Ol koju osigurava **zajednica obnovljive energije** / $\cong$ čl. 22. izmjena RED
 - energija iz **učinkovitog sustava daljinskoga grijanja i hlađenja** / $\cong$ čl. 24.1. izmjena EED
 - energija iz **izvora bez emisija ugljika**
- **zgrada s nultim emisijama ne uzrokuje nikakve emisije ugljika iz fosilnih goriva u krugu zgrade !**

| Iz Općeg pristupa preinake EPBD

20 % $Q''_{h,nd}$ ili E_{prim} ????



GWP – Potencijal globalnog zatopljenja

NOVE ZGRADE

Global Warming Potential

LC
GWP

„potencijal globalnog zagrijavanja tijekom životnog ciklusa”

pokazatelj koji kvantificira doprinos određene zgrade globalnom zagrijavanju tijekom njezina cijelog životnog ciklusa (kgCO₂e/m²)

- potencijal globalnog zagrijavanja tijekom životnog ciklusa **izračunava u skladu s Prilogom III.** revidirane EPBD i **objavljuje putem EPC:**
 - **od 1. siječnja 2027.** za sve **nove** zgrade s korisnom podnom površinom **≥ 2 000m²**
 - **od 1. siječnja 2030.** za **sve nove** zgrade



sve nove će trebati imati EPC od 2030

MEPS – min standardi energetske svojstava

Min energy performance standards

POSTOJEĆE ZGRADE



Države članice utvrđuju

minimalne standarde energetske svojstava MEPS

- „minimalni standardi energetske svojstava” znači **pravila** prema kojima se **zahtijeva da postojeće zgrade ispune određeni zahtjev u pogledu energetske svojstava** u okviru opsežnog plana obnove za fond zgrada ili u određenoj pokretačkoj točki povezanoj s tržištem (prodaja, najam, donacija ili promjena namjene u katastru ili zemljišnim knjigama), u određenom razdoblju ili do određenog datuma, čime se **pokreće obnova postojećih zgrada**;

MEPS – min standardi energetske svojstava

Min energy performance standards

POSTOJEĆE ZGRADE nestambene

- **MEPS - postojeće NSZ** - ne prelaze utvrđeni **maksimalni PRAG** energetske svojstava
- izraženo **brojčanim** pokazateljem korištenja **Eprim (kWh/m²a)**
- Postavljanje max pragova - na temelju korištenja energije u nacionalnom fondu zgrada 1. 1. 2020.
 - **Prag od 15 %** - 15 % nacionalnog fonda zgrada **iznad tog praga**
 - **Prag od 25 %** - 25 % nacionalnog fonda zgrada **iznad tog praga**
- **sve nestambene zgrade** trebaju biti **ispod**:
 - **praga od 15% do 1. siječnja 2030.**
 - **praga od 25% do 1. siječnja 2034.**
- **pojedinačne zgrade se usklađuju s pragovima** - provjera putem energetske certifikata ili drugim dostupnim sredstvima

Solarna energija u zgradama

Solar energy in buildings

A large yellow circle with a slight 3D effect, containing the text 'SOLARNA ENERGIJA' in bold black capital letters.

**SOLARNA
ENERGIJA**

- **sve nove zgrade projektiraju** na način kojim se **optimizira njihov potencijal za proizvodnju solarne energije** na temelju sunčeva zračenja **u krugu zgrade** → omogućuje kasniju **troškovno učinkovitu ugradnju solarnih tehnologija**
- uvođenje odgovarajućih uređaja za solarnu energiju:
 - **do 31. prosinca 2026.** na svim **NOVIM javnim i nestambenim zgradama** s korisnom podnom površinom **većom od 250 m²**;
 - **do 31. prosinca 2027.** na svim **POSTOJEĆIM javnim i nestambenim zgradama** koje se **podvrgavaju značajnoj ili dubinskoj obnovi** s korisnom podnom površinom **većom od 400 m²**
 - **do 31. prosinca 2029.** na **SVIM NOVIM STAMBENIM** zgradama.
- DČ utvrđuju i objavljuju kriterije na nacionalnoj razini za praktičnu provedbu tih obveza /uzimaju u obzir konstrukcijsku cjelovitost, bioraznolikost i stabilnost elektroenerg. mreže i dr./

OIE SU ŠLAG NA TORTU, NE TORTA!



- The 'Plus-Energie-Bürohochhaus' (plus-energy-office high-rise building) is the world's first office tower that can claim to feed more energy into the power grid than is required to operate AND use the building.

Pripremljenost zgrada za pametna tehnologije, energetski certifikati...

▪ Pripremljenost zgrada za pametne tehnologije SRI

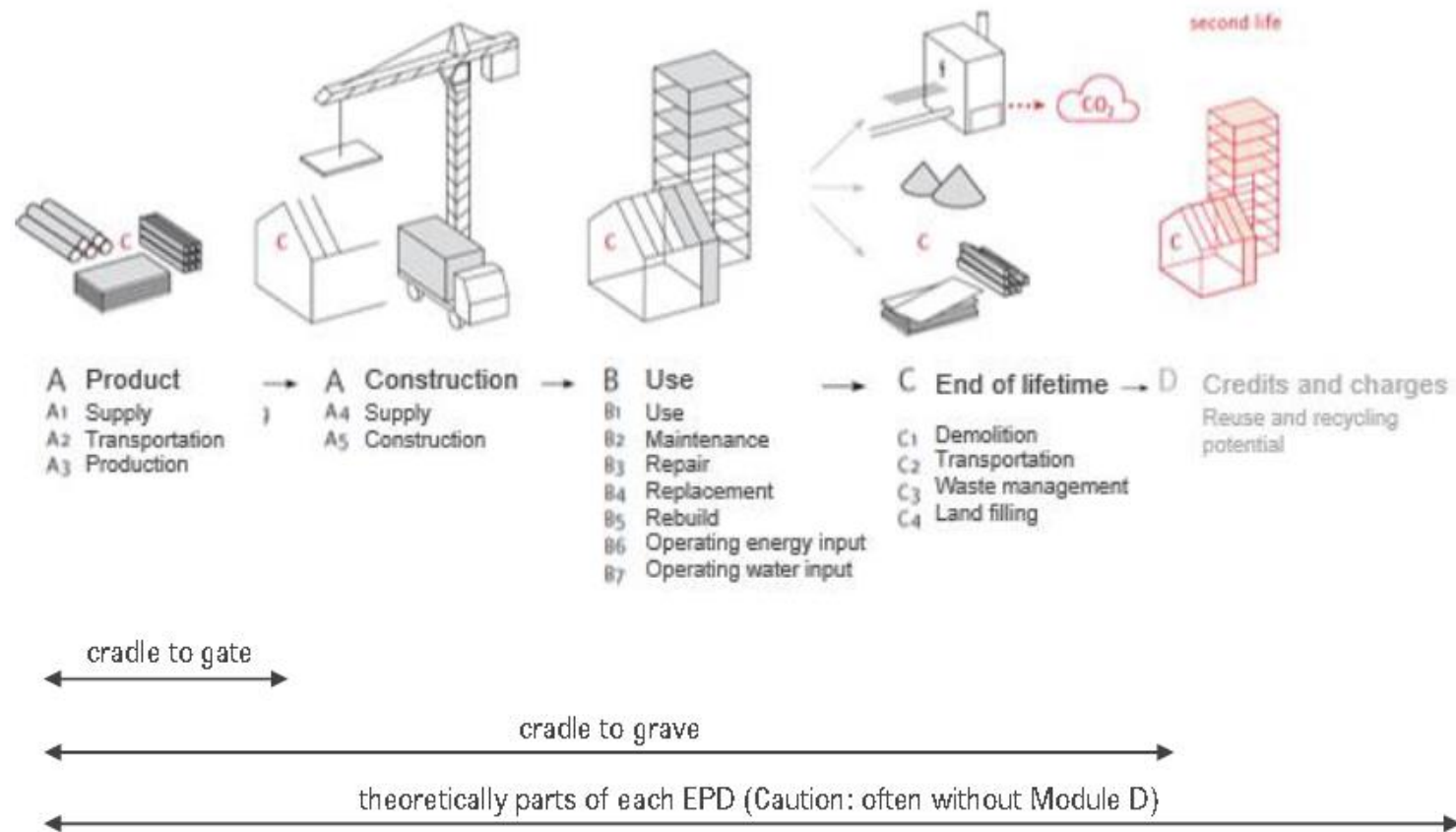
- ocjenjivanje Pripremljenosti zgrade za pametne tehnologije temelji se na procjeni sposobnosti da se funkcioniranje zgrade prilagodi potrebama stanara i mreže, te da se poboljša energetska učinkovitost i sveukupna energetska svojstva zgrade

▪ Energetski certifikati

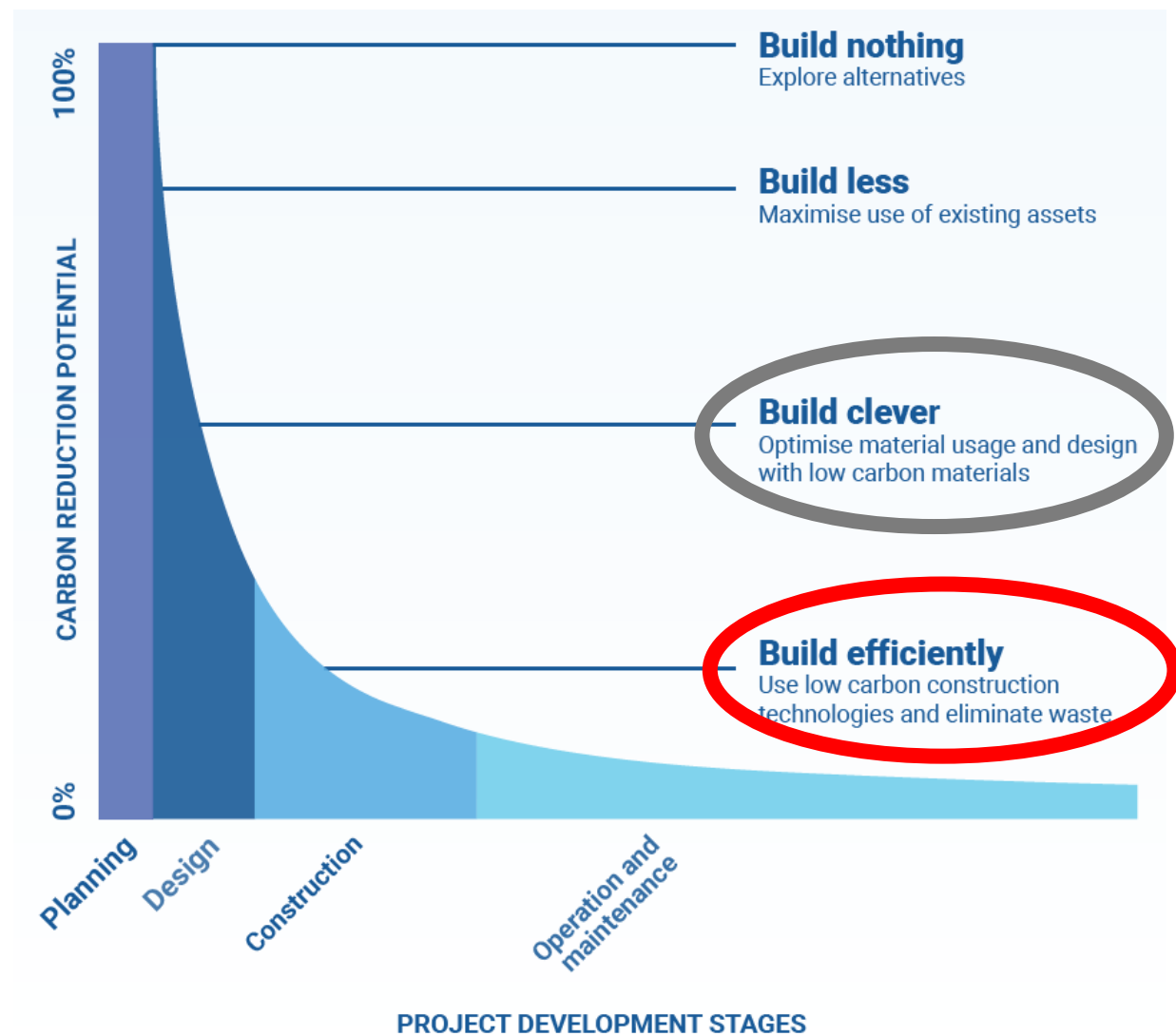
- nova kategorija „A0”, koja bi odgovarala ZEB
- rasponu od A0 (zgradama s nultim emisijama) do G (s najlošijim energetskeim svojstvima)
- DČ će moći dodati novu kategoriju „A+” koja odgovara zgradama koje, osim što su ZEB, daju doprinos energetskej mreži iz obnovljivih izvora energije u krugu zgrade
- Iskazivanje potencijala globalnog zagrijavanja zgrade tijekom njezina cijelog životnog ciklusa (LC GWP)



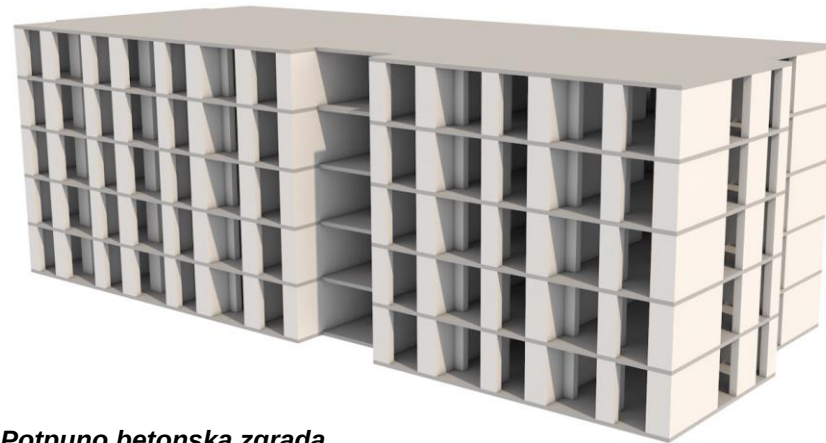
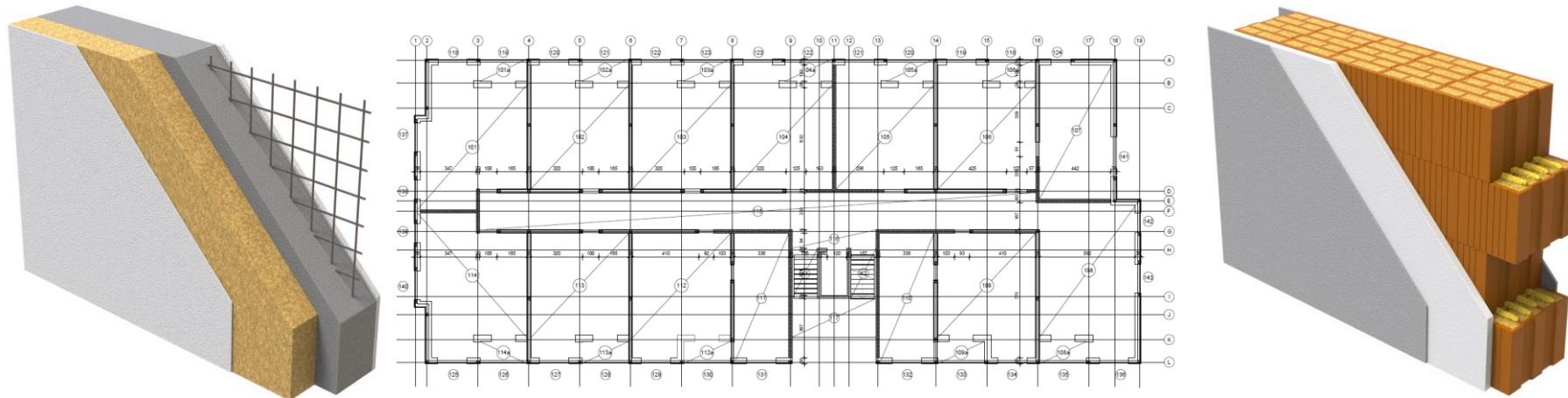
Svaka uporaba materijala rezultira potrošnjom energije i utjecajem na okoliš



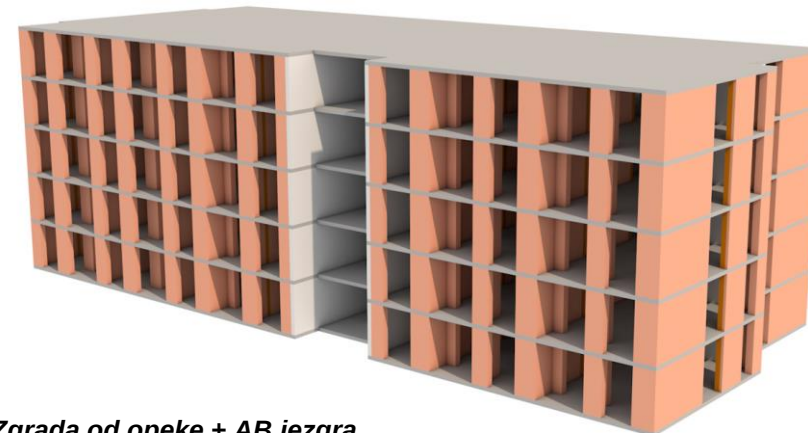
Potencijal smanjenja ugrađenog CO₂



Ugrađeni CO₂ na primjeru višestambene zgrade u Zagrebu



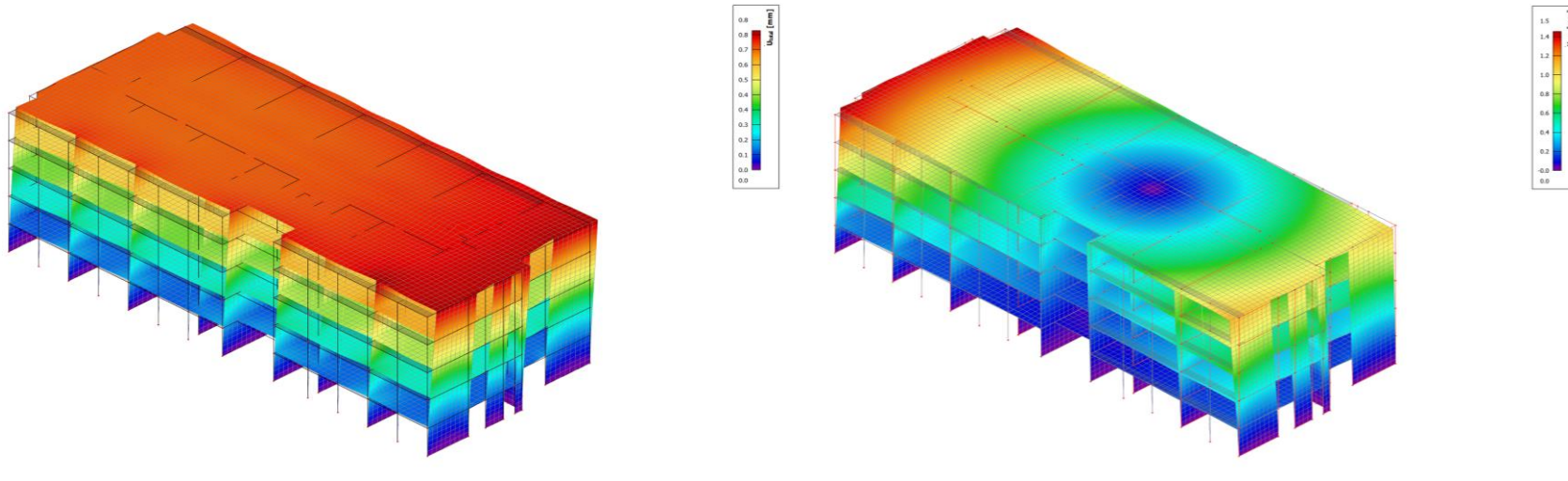
Potpuno betonska zgrada



Zgrada od opeke + AB jezgra

Mehanička otpornost i stabilnost

- P+4
- Obje varijante zgrade zadovoljavaju sve zahtjeve mehaničke otpornosti i stabilnosti (seizmički proračun)
- Projekt u skladu s EC8, EC2 & EC6



NZEB

- NZEB kriteriji zadovoljeni za obje varijante

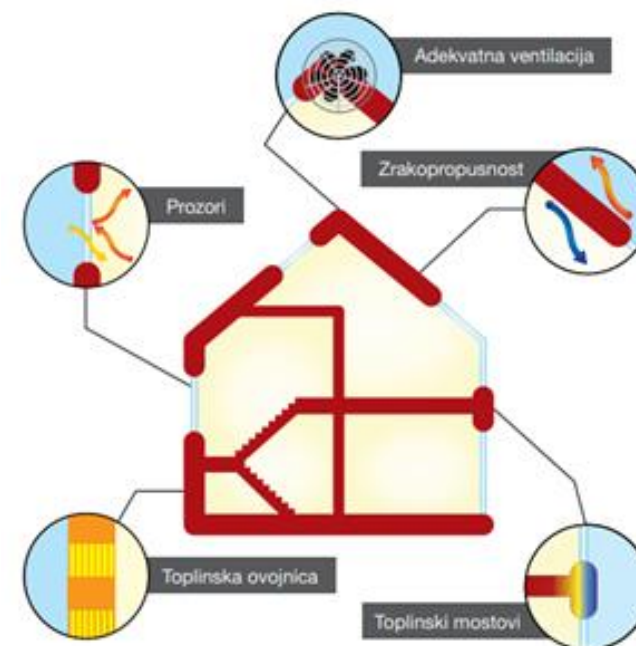
Građevni element	U-vrijednost [W/m²K]
Vanjski AB zid / zid od OPEKE Porotherm 38 IZO Profi	0.18
Ravni krov	0.16
Pod na tlu	0.19
Prozori (sa 3×IZO staklom i dva low-e premaza)	0.80

- Mehanička ventilacija s povratom topline
- Grijanje i hlađenje objekta → dizalica topline
 - Prosječni COP = 3
- 130 m² (efektivna površina PV modula)

$$A_k = 3401,10 \text{ m}^2$$

$$Q''_{H,nd} = 21,26 \text{ kWh/m}^2\text{y}$$

$$E''_{prim} = 36.38 \text{ kWh/m}^2\text{y}$$

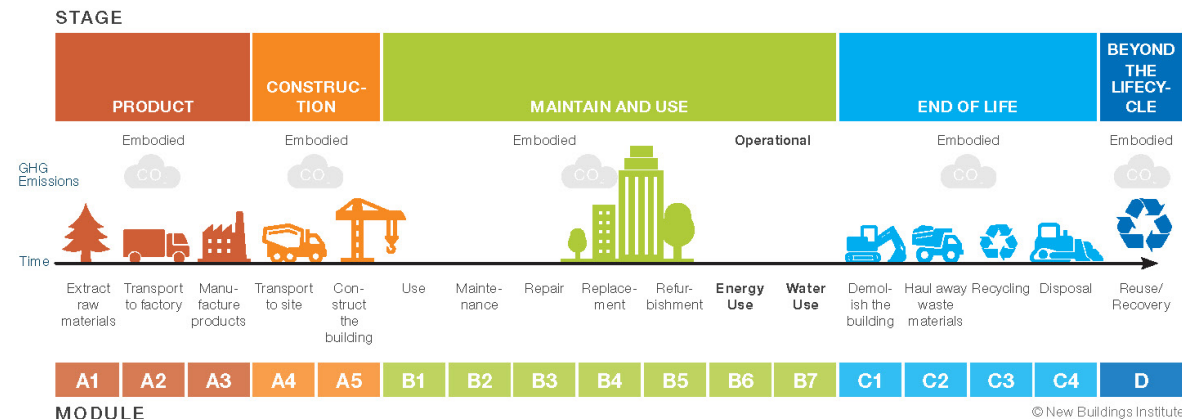


Ugrađeni CO₂ na primjeru višestambene zgrade u Zagrebu

- **Procjena životnog ciklusa (LCA) - faze A-D**
 - 60 godina
- Kamionski prijevoz materijala 110 km do gradilišta
- EPD-ovi od proizvođača materijala ili EcoInvent
- Uključeno modeliranje emisija privremenih radova kao i otpada u procesu izgradnje
- Scenariji kraja životnog vijeka (recikliranje / ponovna uporaba / odlaganje)

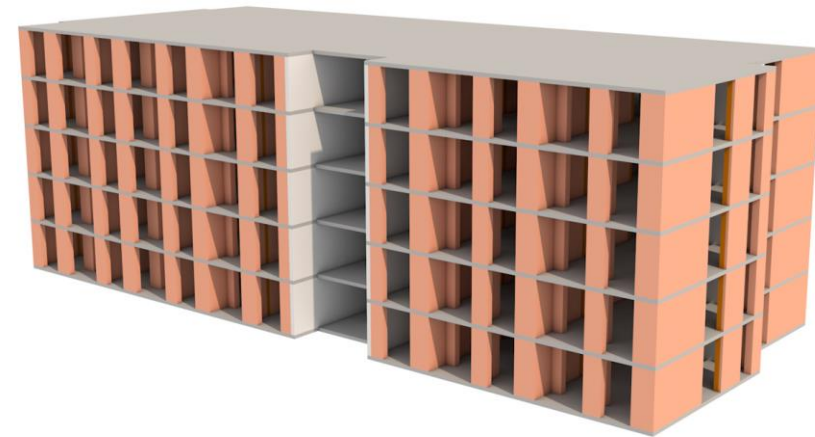
FIGURE 1: LIFECYCLE STAGES

Data source: BS EN 15978:2011



Modelirani elementi i sustavi:

- Pod na tlu / Temeljna ploča
 - Vanjski zidovi
 - Ravni krov
 - Unutarnji nosivi zidovi
 - Unutarnji pregradni zidovi
 - Međukatne konstrukcije
 - Prozori i vrata
 - Tehnički sustavi
-
- Uključeno modeliranje emisija iskopa, skela, oplata kao i otpada u procesu gradnje

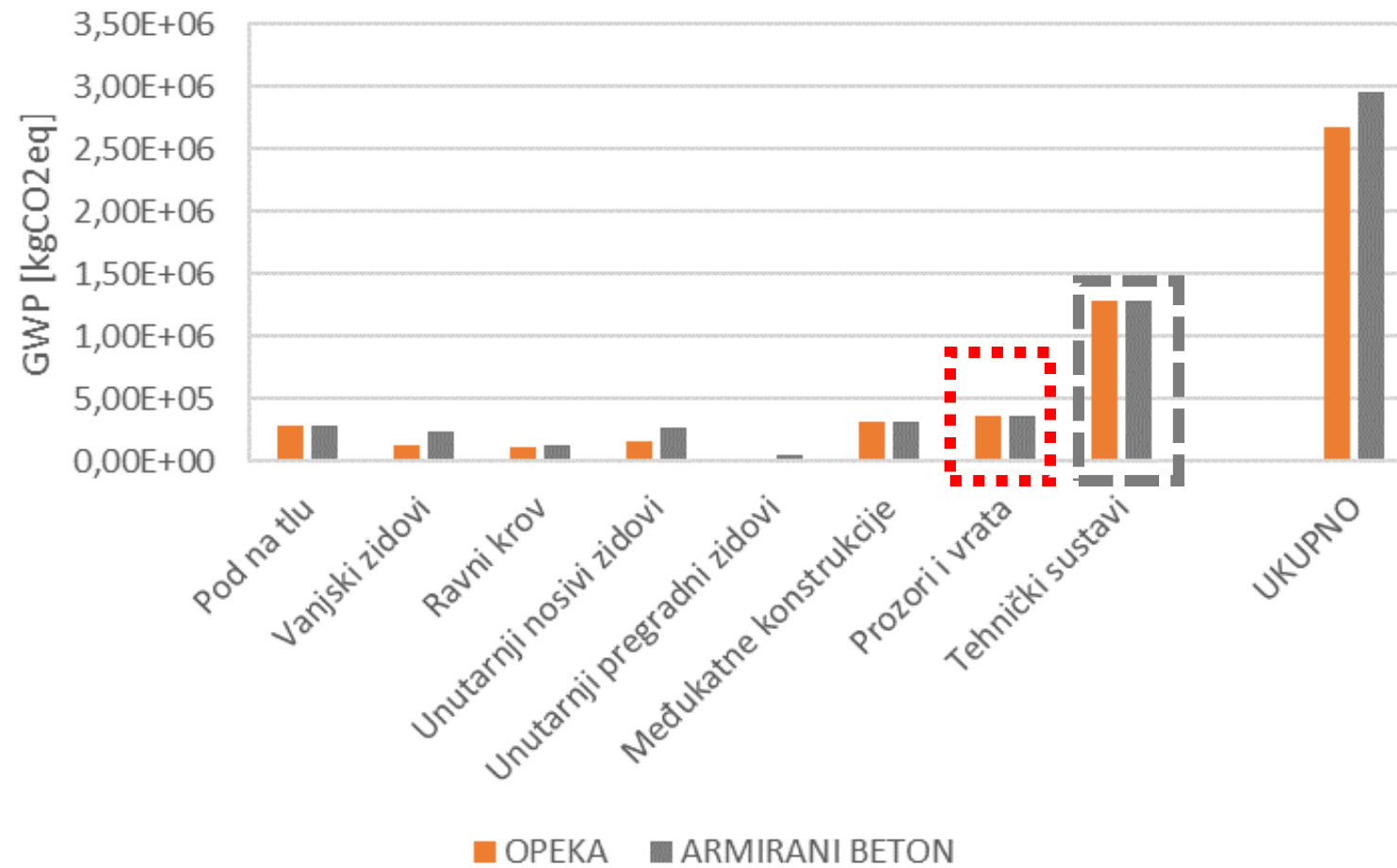


Pregled procijenjenog životnog vijeka i frekvencije zamjene pojedinih elemenata zgrade

Element zgrade	Procijenjeni životni vijek elementa zgrade, CL_i [god]	Broj zamjena u 60 god.	Ukupno komada instaliranih u 60 god.
Fotonaponski sustav	25	2	3
Dizalica topline	20	2	3
MVHR	20	2	3
PVC prozori	40	1	2
Rolete	40	1	2
Turbovijci	40	1	2
PUR pjena	40	1	2
RAL trake	40	1	2
Ljepilo za RAL trake	40	1	2
Okviri i krila vrata stanova	10	5	6
Okviri i krila unutarnja vrata	30	1	2
Bitumenska hidroizolacija	35	1	2
Toplinska izolacija (XPS)	50	1	2
XPS za TI atike	50	1	2
Geotekstil		1	2

Rezultati - GWP

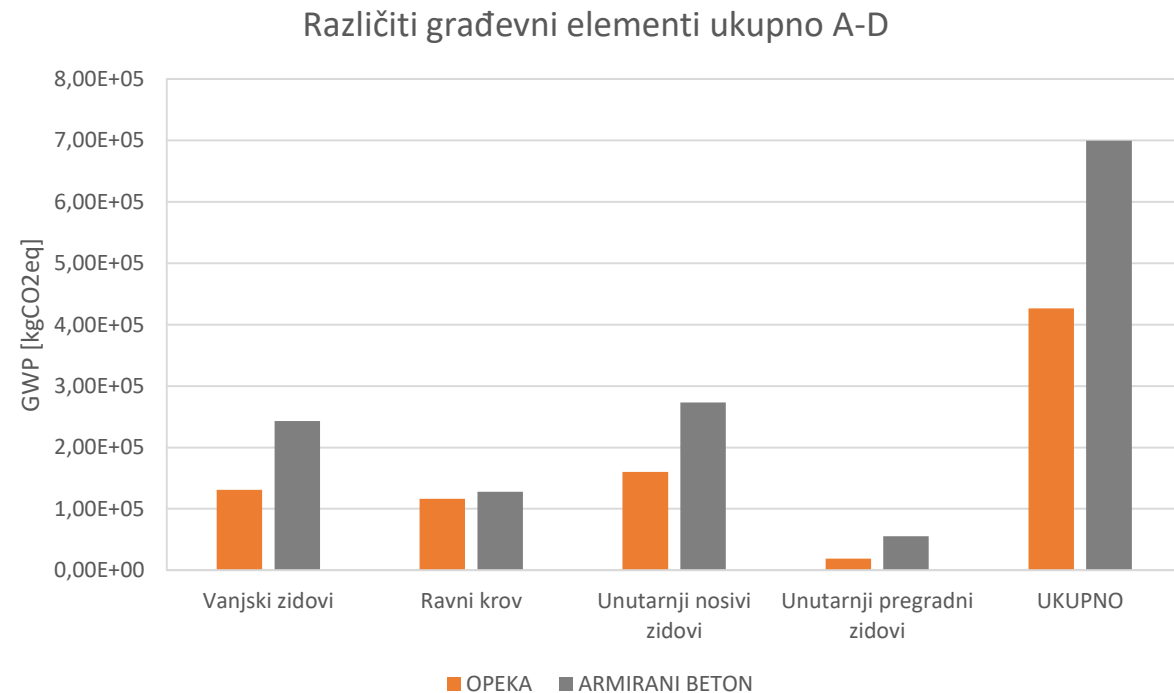
Građevni elementi ukupno A-D



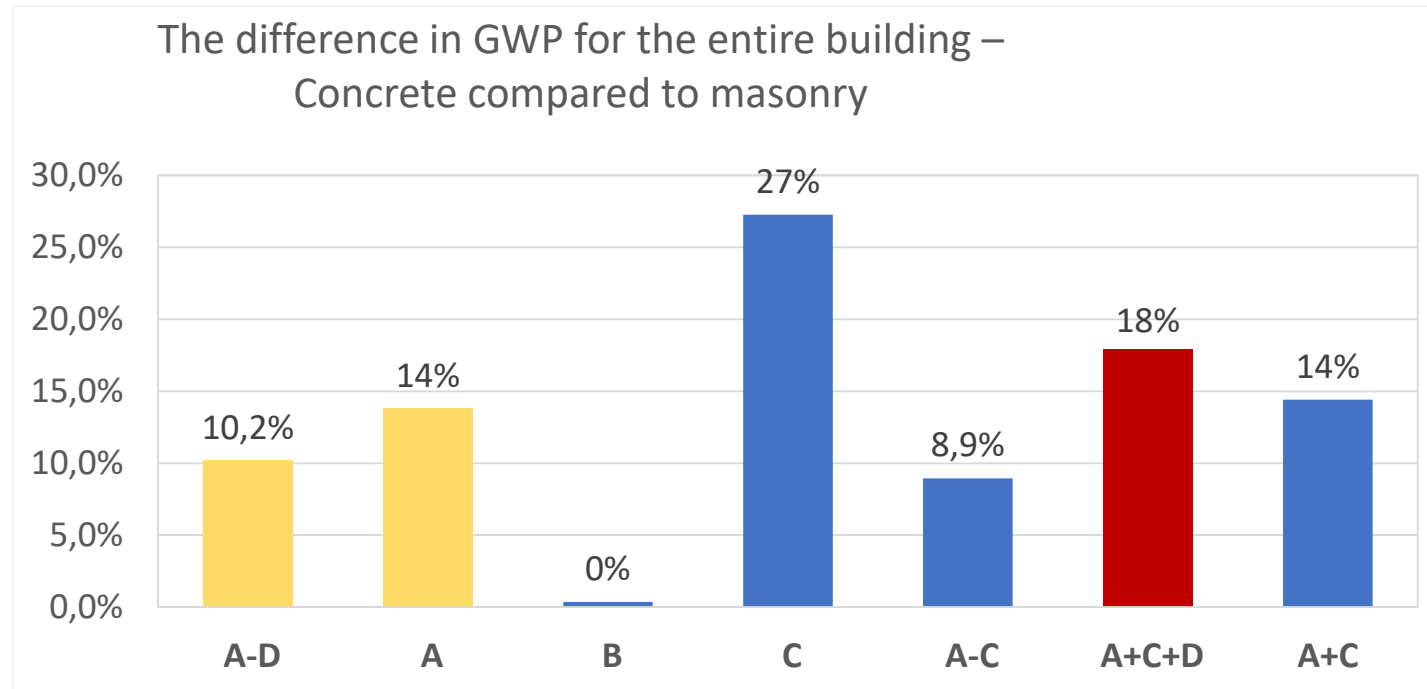
Rezultati - GWP

- Prioritet su elementi koji imaju najveći utjecaj na smanjenje CO2 emisija (konstrukcijski sustavi i materijali)

GWP za module A, B, C & D za
obje zgrade
- za građevne elemente koji se
međusobno razlikuju



Rezultati - GWP



- Rezultati:
- Samo faza proizvodnje (A)
 - 243 tone manje CO₂ u zgradi od opeke (14 %)
- Proizvodnja + rušenje + recikliranje (A+C+D)
 - 268 tona manje CO₂ u zgradi od opeke (18 %)

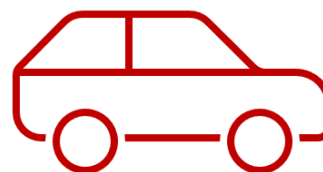


268 tona
manje CO_{2,eq} u zgradi od
omeđenog ziđa

Ukupan CO_{2,eq.}
iz potrošnje energije
u analiziranoj zgradi



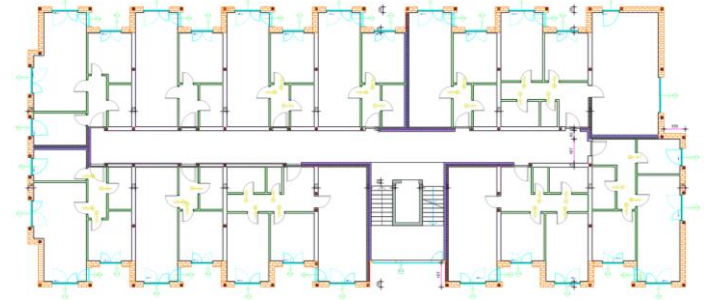
Godišnja potrošnja
energije za
175 domaćinstava



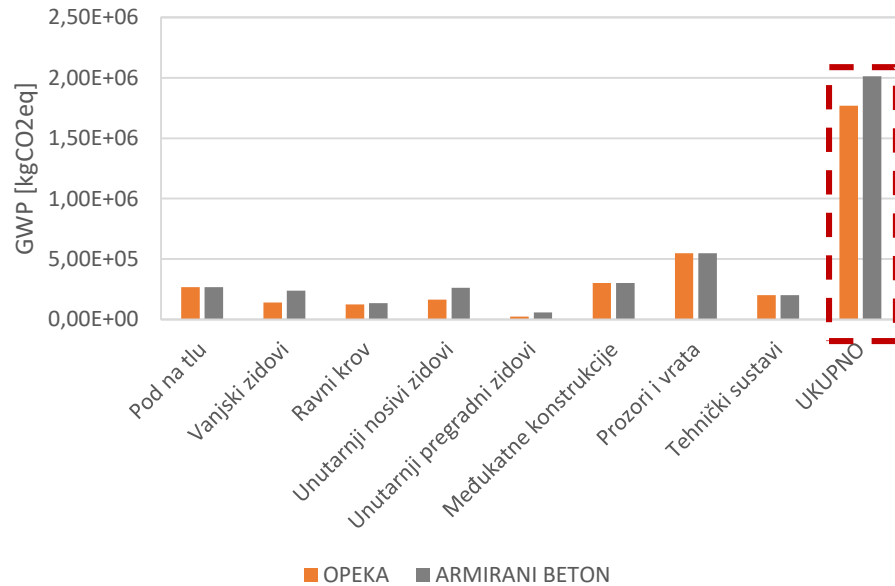
180 auta;
godina dana;
10.000 km/auto

Analiza koliko je energije i CO2 u fazi proizvodnje u odnosu na ukupnu potrošnju.

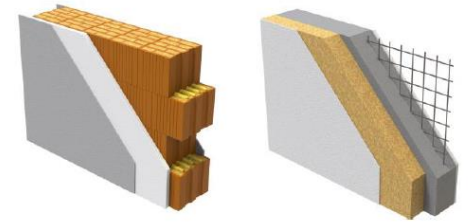
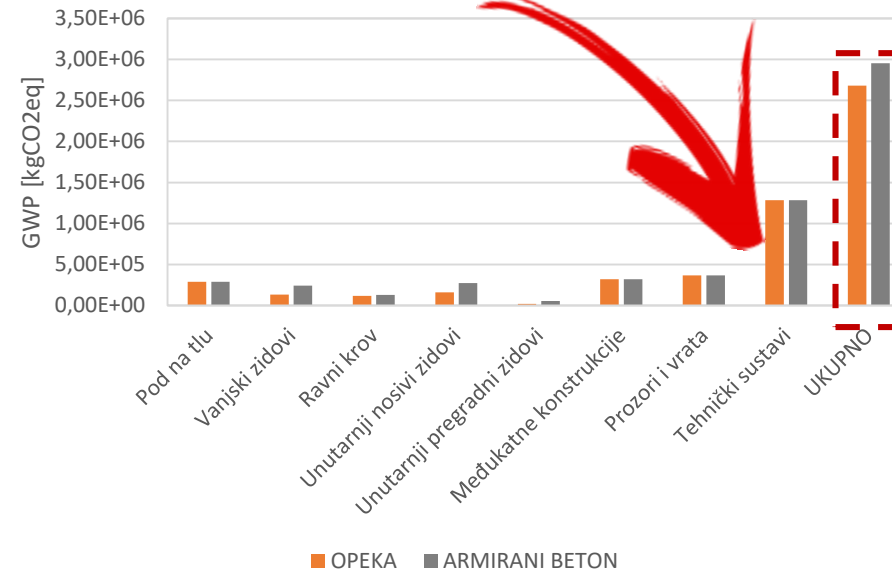
Proizvodnja, transport i ugradnja građevnih proizvoda nosi cca 2/3 ukupnog GWP-a promatranih zgrada



Građevni elementi ukupno A



Građevni elementi ukupno A-D



KRITERIJI? - EPBD RECAST – OŽUJAK 2023.

Cities, Embodied Carbon, European Union, Local Impact

European Parliament passes EPBD recast with historic embodied carbon text

Today, the European Parliament passed its Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) recast. Seeing the EU take this decisive action on the built environment and embodied carbon is very encouraging.

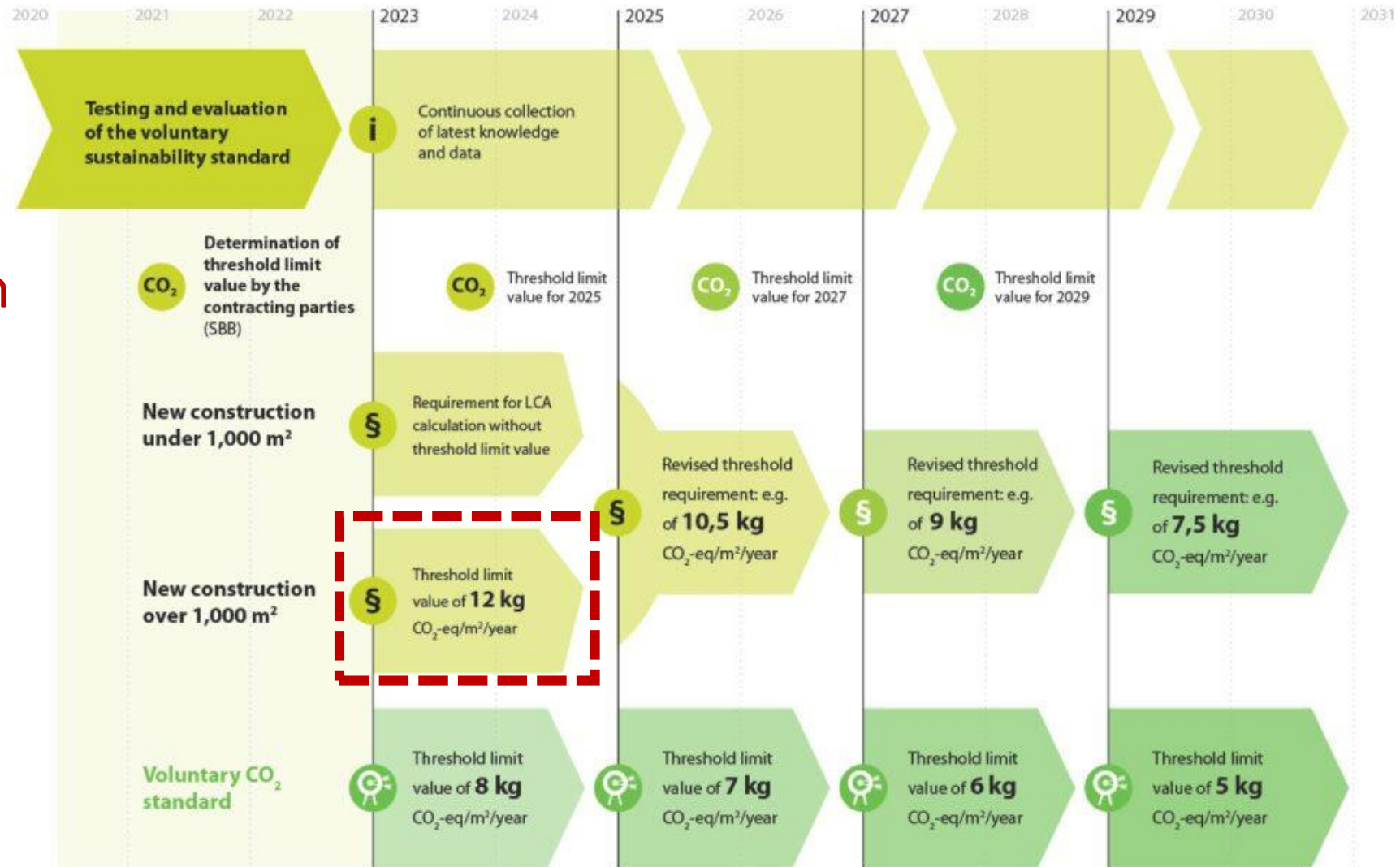
The update aims to increase the rate and depth of building renovations and set a vision for achieving a zero-emission building stock by 2050.

According to the adopted text, all **new buildings should be zero-emission from 2028**, while **new buildings occupied, operated or owned by public authorities from 2026**.

All new buildings should also be equipped with solar technologies by 2028, where technically suitable and economically feasible, while **residential buildings undergoing major renovation have until 2032 to comply**.

Kriteriji?

- **Danska** – prva zemlja u Europi s definiranim kriterijima za CO_{2,eq} emisije od 2023.



Usporedba s danskim kriterijem

- $A_k = 3401,10 \text{ m}^2$
- $Q''_{H,nd} = 21,26 \text{ kWh/m}^2\text{y}$
- $E''_{prim} = 36.38 \text{ kWh/m}^2\text{y}$
- 130 m² (efektivna površina PV modula)
- Dizaliva topline COP = 3; MVHR
- korištenje zgrade - 60 godina

**Smanjiti ugrađene
emisije u građevne
proizvode**

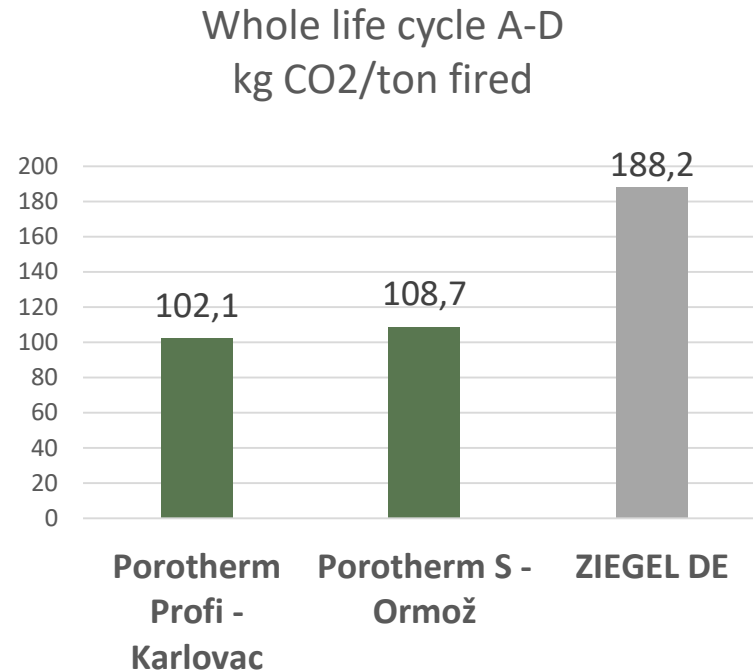
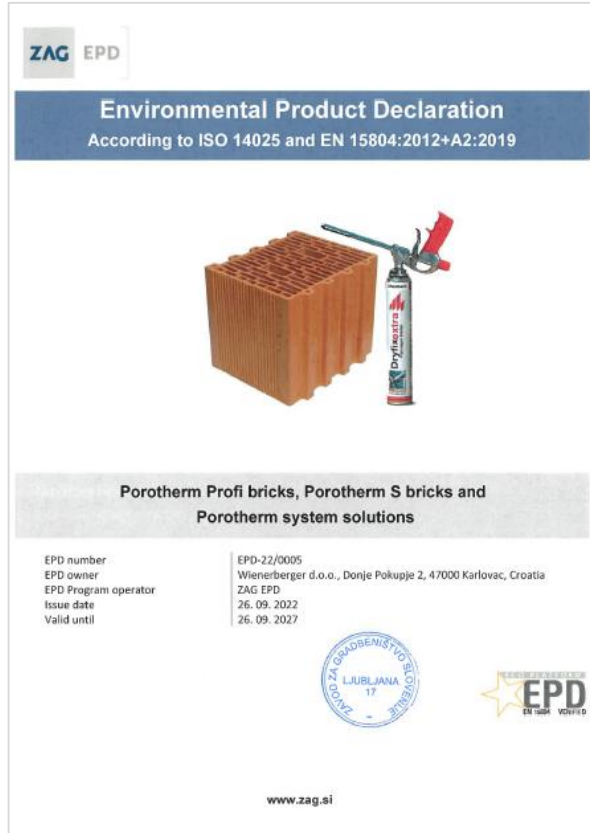
ili

**Smanjiti E''_{prim} na < 30
 $\text{kWh/m}^2\text{y}$**

	Potencijal globalnog zatopljenja (GWP) za module A-D [kg CO _{2,eq}]	Specifična godišnja emisija CO _{2,eq} /m ² y]
AB:	$2,95 \times 10^6$	14,46
Om. Zide:	$2,68 \times 10^6$	13,13

Zaključak - Važnost ulaznih podataka

Plant level of EPD
(all products from individual plant)



Cca 45 % - manje



Razlika između projektiranih i
ostvarenih ušteda energije
(Energy gap)

Kako trenutni programi obnove **utječu na energetske i financijske uštede stanovnika?**



S obzirom da smo ovdje stručnjaci, moramo naučiti iz rezultata mjerenja i pokušati ih poboljšati u budućnosti.

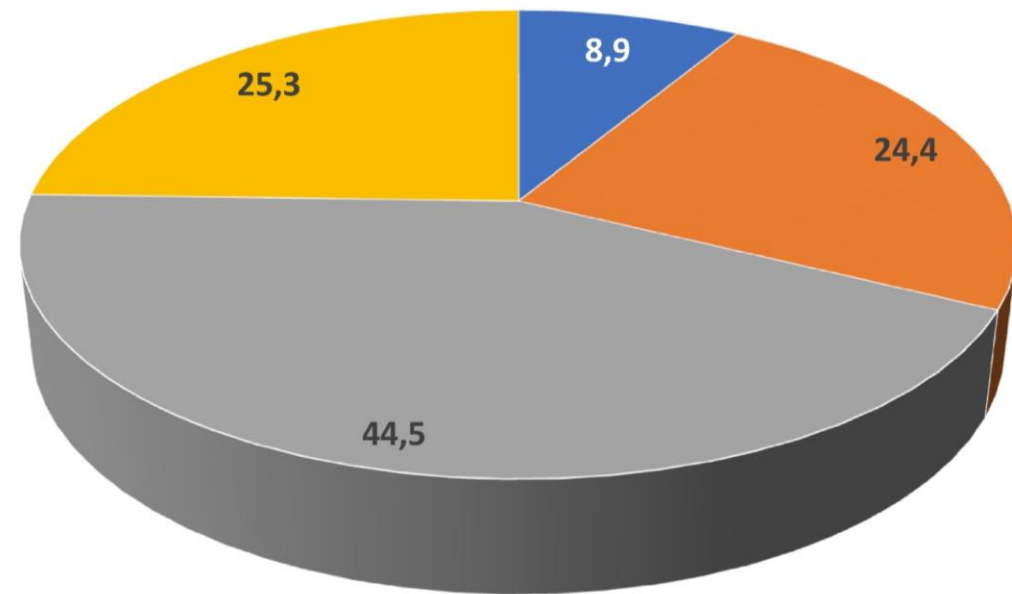
Postoje li uštede? – Subjektivni dojam

Najvažniji zaključak koji se može izvući iz rezultata:

- **veliki broj kućanstava nije zadovoljan učinkom provedenih mjera energetske učinkovitosti**

Ovdje je jasno da se radi o subjektivnom dojmu ispitanika,
Mjerodavni će biti tek rezultati mjerenja potrošnje energije.

Je li se cijena koju plaćate za energente smanjila nakon uvođenja ovih mjera u vašu zgradu/ulaz?



■ Da, trošak je značajno smanjen

■ Da, trošak je smanjen, ali vrlo skromno

■ Ne, trošak se nije smanjio

■ Ne zna / nije odgovorio/la

MJERENJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE

Zagreb



E 7 → 493.322 kWh/a
→ 122 kWh/m²a

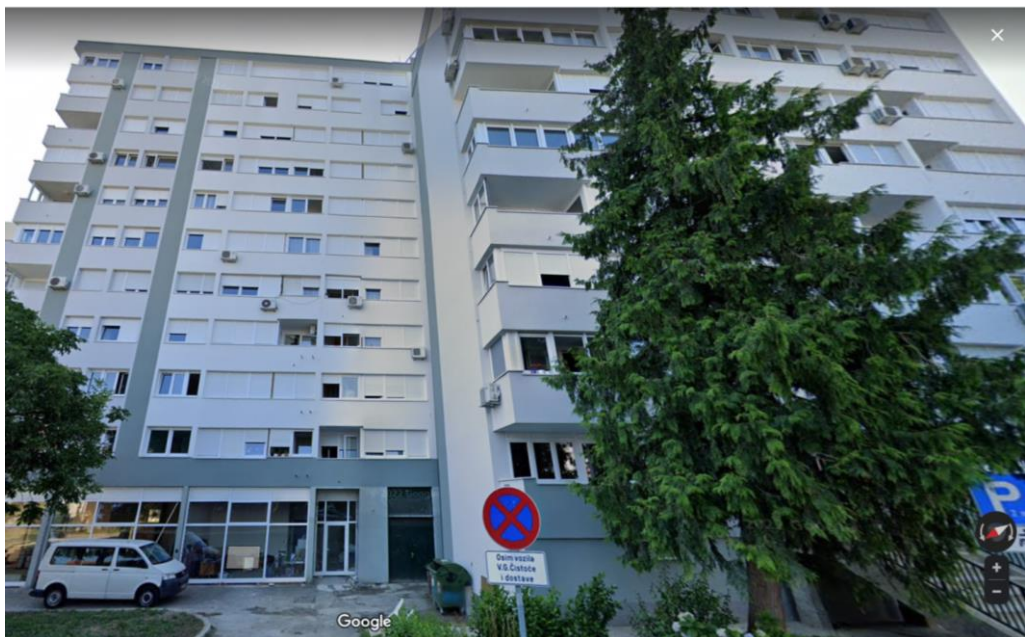
E 9 → 640.927 kWh/a
→ 159 kWh/m²a

UŠTEDA 23%!!!

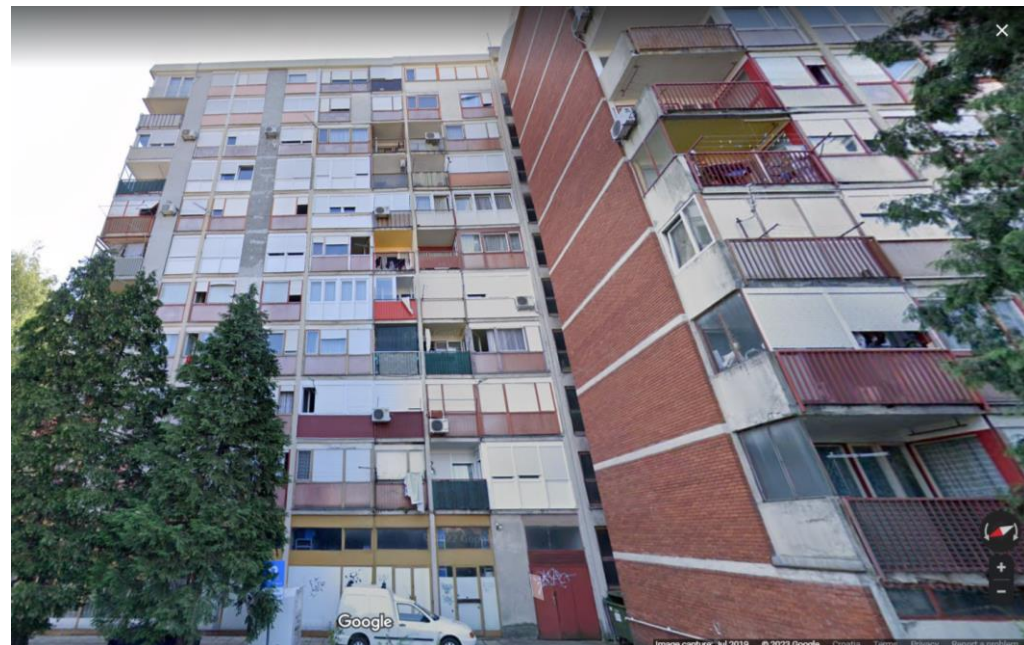


MJERENJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE

Velika Gorica



MS 2 → Grijanje 519.640 kWh/a
→ PTV 646.075 kWh/a



MS 4 → Grijanje 820.799 kWh/a
→ PTV 686.147 kWh/a

UŠTEDA GRIJANJE 37%
UŠTEDA UKUPNO 23%!

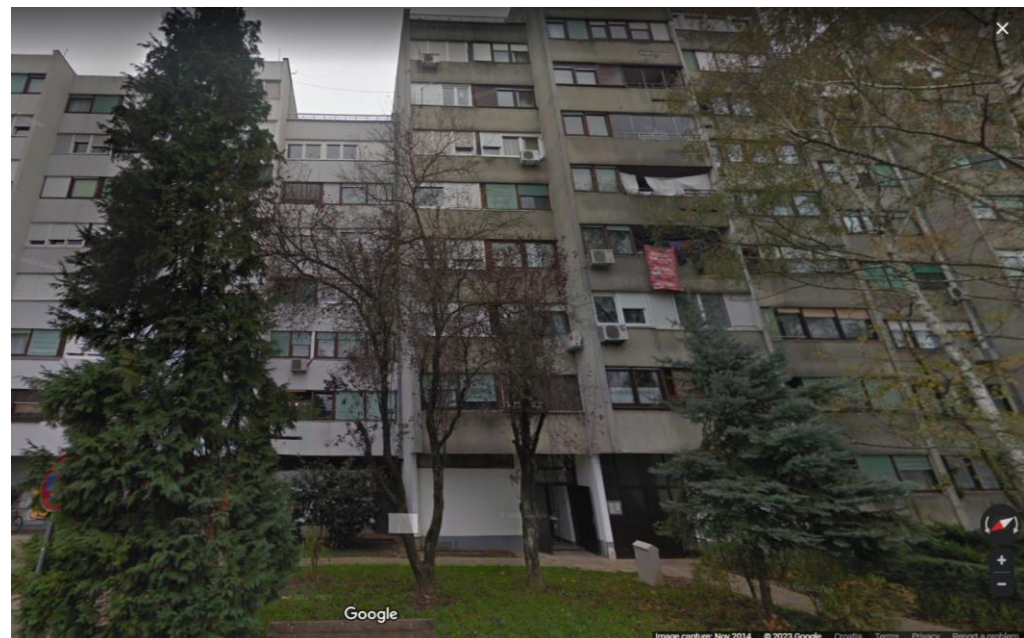


MJERENJE POTROŠNJE TOPLINSKE ENERGIJE

Velika Gorica



SK 19-27 → Grijanje 1.153.410 kWh/a
→ PTV 1.537.883 kWh/a



SK 29-37 → Grijanje 1.814.670 kWh/a
→ PTV 1.580.625 kWh/a

UŠTEDA GRIJANJE 36%
UŠTEDA UKUPNO 21%!



ENERGIJA

- Rezultati analize pokazuju da postoji **raskorak između projektiranih („obećanih) ušteda energije te stvarno ostvarenih ušteda** što s obzirom na utrošena sredstva svakako [utječe na percepciju građana o mjerama energetske učinkovitosti](#).
- Spomenuta neusklađenost između projektiranih i ostvarenih ušteda leži svakako u svima od slijedećih uzroka i to u:
 - projektnim **uvjetima korištenja** koji se razlikuju od stvarnih,
 - **metodologiji i algoritmima koji se koriste** pri projektiranju odnosno pretpostavkama i pojednostavljenjima koje se koriste, ali svakako i u
 - **izvođenju** koje vrlo često nije na potrebnoj razini te u
 - **Ulazni podaci** u proračune
 - Znanje i **resursi** osobe koja provodi proračun



ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA ZGRADE

Sukladno Direktivi (EU) 2018/844 a prema Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20)- (dalje u tekstu: TPRUETZZ):

- **Prije značajne obnove zgrade projektanti** prema nadležnosti struke trebaju **izraditi Analizu postojećeg stanja zgrade** s prijedlogom mjera i procjenom investicije po pitanju:
 - zdravih unutarnjih klimatskih uvjeta,
 - mehaničke otpornosti i stabilnosti, posebice potresne otpornosti zgrade te
 - sigurnosti u slučaju požara
- „značajna obnova zgrade je obnova zgrade gdje se obnovi podvrgava više od 25 % površine ovojnice zgrade.“

ZDRAVI UNUTARNJI KLIMATSKI UVJETI

U smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije iz 2009. navodi se da u pogledu kvalitete zraka u unutarnjem prostoru, **zgrade boljih energetske svojstva pružaju veću udobnost i dobrobit stanarima te doprinose zdravlju.**

SLAŽEMO SE!

- **Pod uvjetom da su zgrade pravilno projektirane, izgrađene i održavane**

U SUPROTNOM...

- **Mogu biti vrlo problematične za zdravlje ljudi.**
- **... CO₂, HOS (VOC), gljivice, plijesan, prašina, ...**



UNUTARNJI UVJETI UGODNOSTI PROSTORA

Unutarnji uvjeti ugodnosti prostora podrazumijevaju:

- optimalnu temperaturu i RH zraka,
- Temperatura ploha građevnih dijelova
- brzinu strujanja zraka,
- količinu zagađivača (prašine i hlapljivih spojeva) u zraku,
- Radioaktivne čestice
- Mikroorganizmi
- Ugljični dioksid,
- osunčanje i prirodno osvjjetljenje,
- zaštitu od buke i akustičku kvalitetu prostorija.



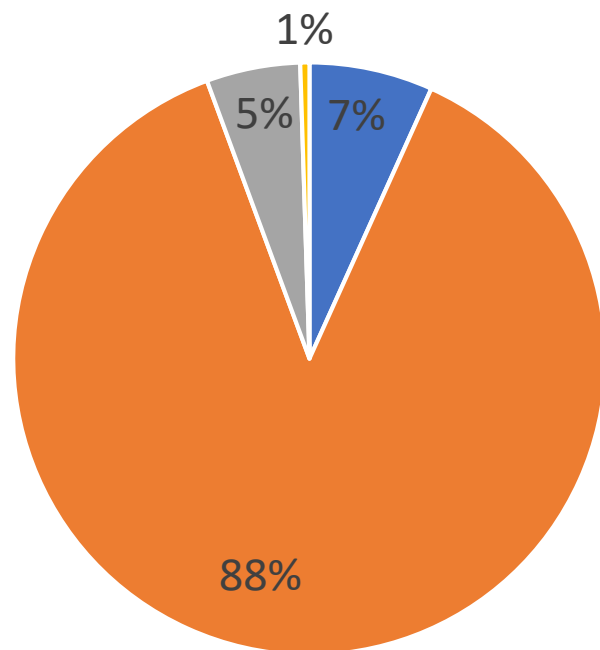
ZDRAVO STANOVANJE (*ENG. HEALTHY LIVING*)



Harvard T.H. Chan School of Public Health, 2017.

<https://9foundations.forhealth.org/>

B10. Po Vašem mišljenju, kakva je temperatura u Vašem stanu ove sezone grijanja?



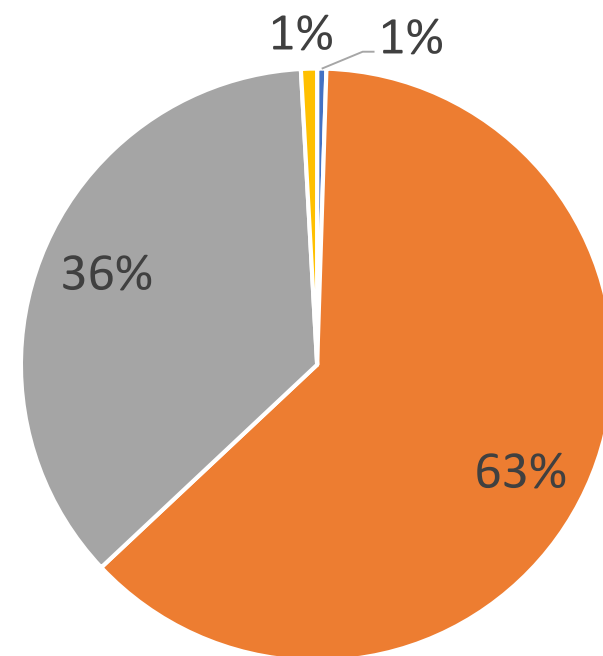
■ Previše hladno

■ Ugodno

■ Previše toplo

■ Ne zna / nije odgovorio/la

B11. Po Vašem mišljenju, kakva je bila temperatura u Vašem stanu tijekom prošlog ljeta?



■ Previše hladno

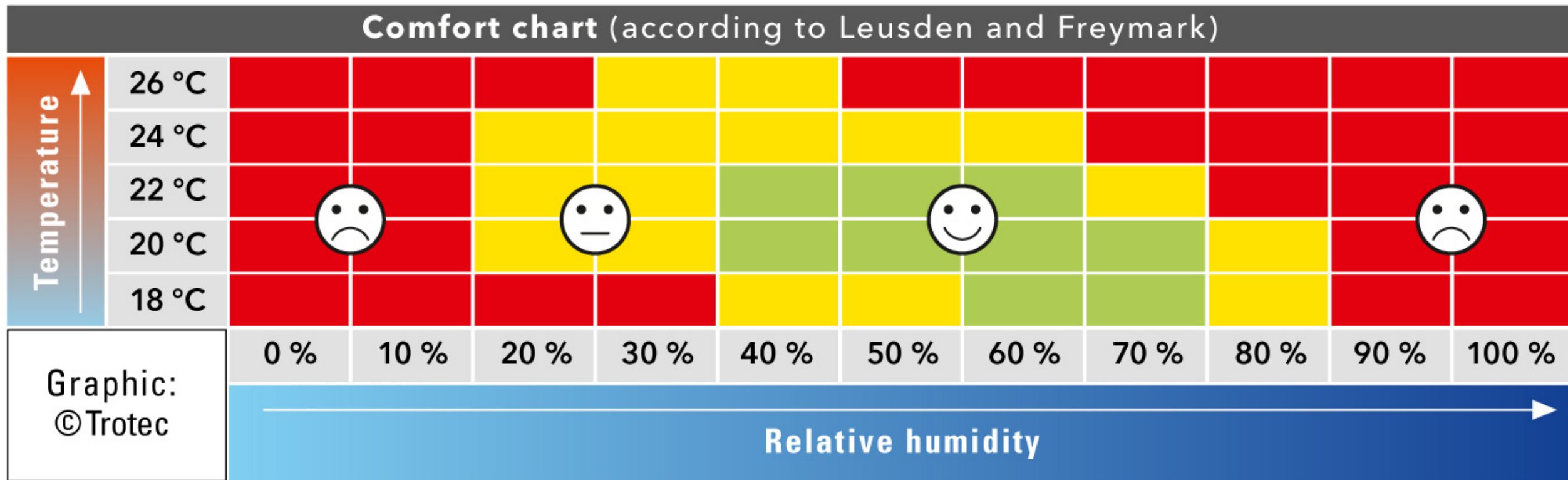
■ Ugodno

■ Previše toplo

■ Ne zna / nije odgovorio/la

Which room climate makes you feel most comfortable?

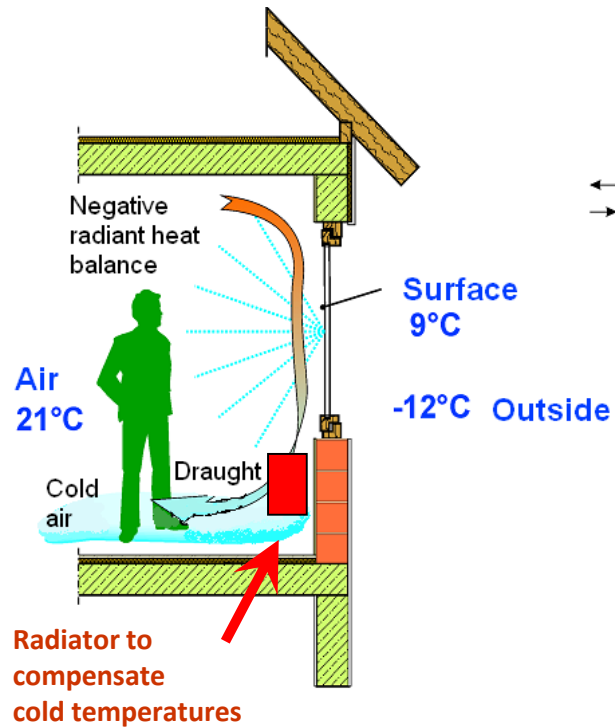
Comfort chart (according to Leusden and Freymark)



☹ = uncomfortable – too dry or too moist 😐 = quite comfortable 😊 = comfortable

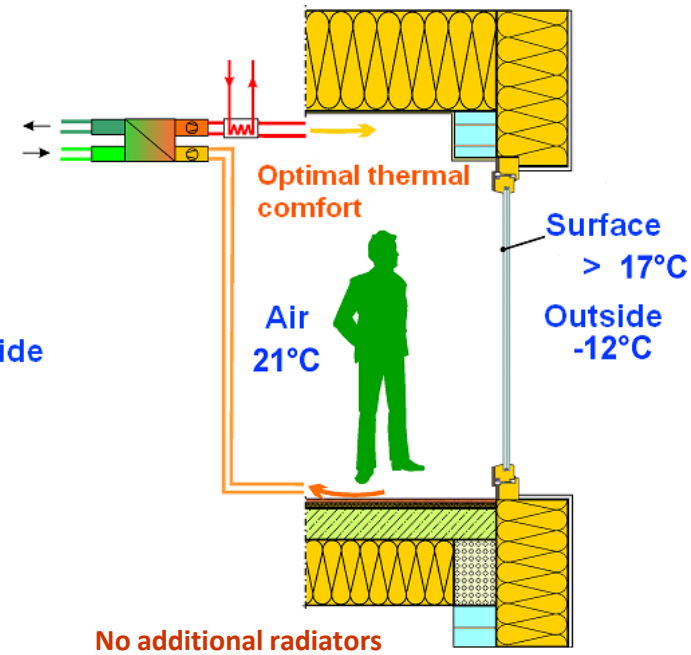
TOPLINSKA UGODNOST

„Klasična gradnja“



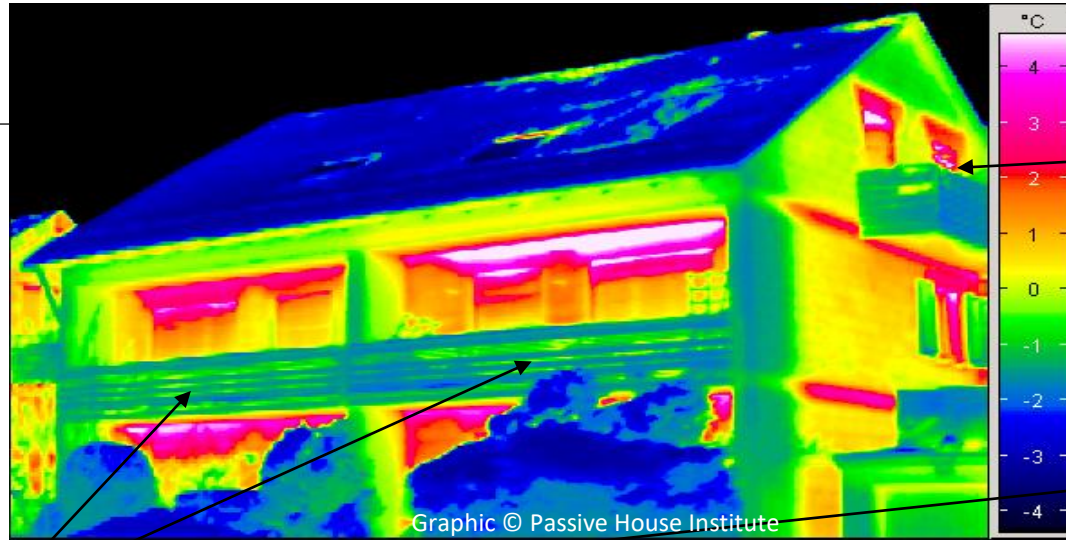
Česti problem u postojećim zgradama - nije ugodno

NZEB



Poboljšani građevni dijelovi zgrade - ugodno

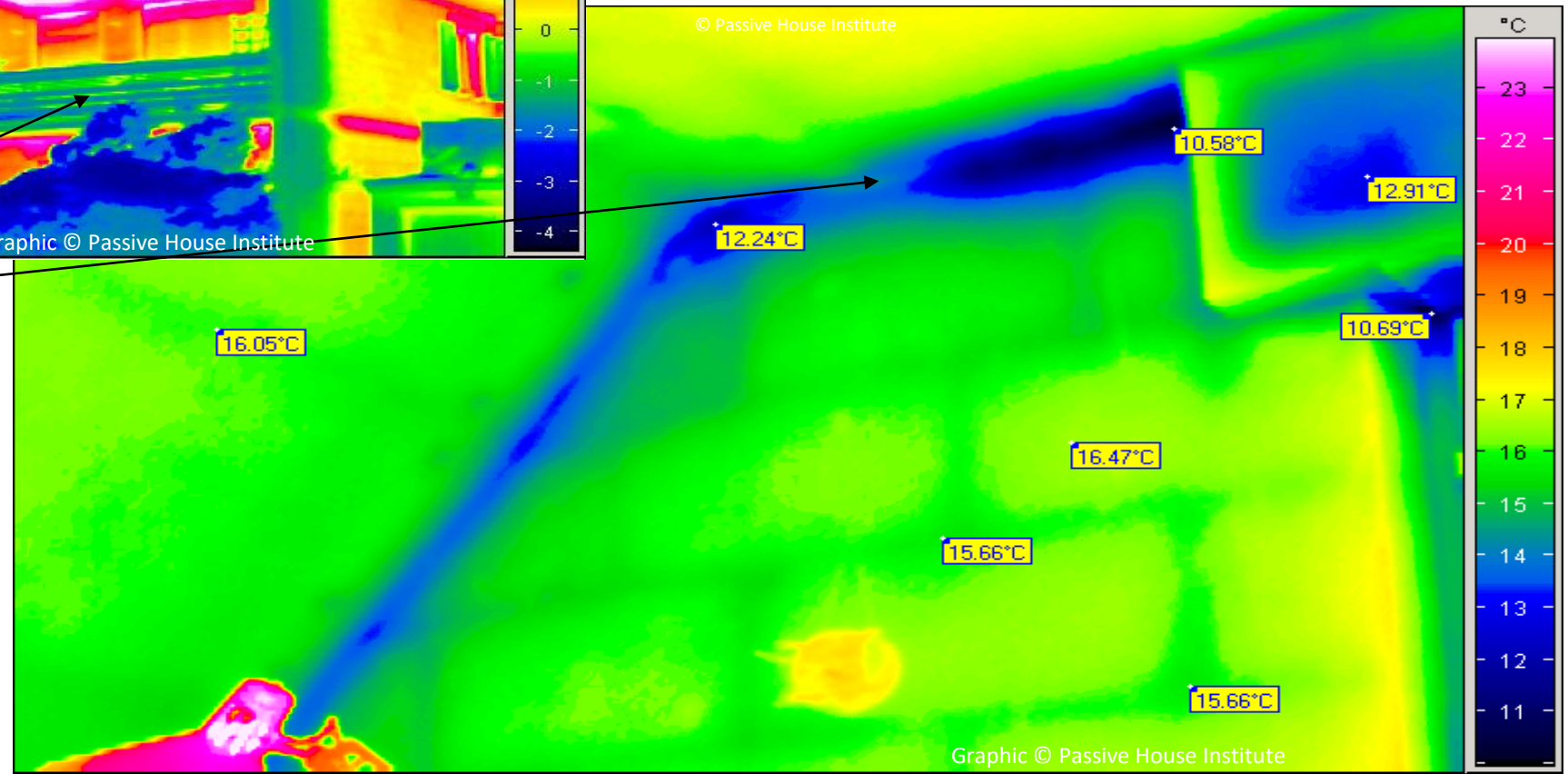
ZAHTJEVI: GRAĐEVINSKA FIZIKA



**Toplinski mostovi:
Balkoni**

**Toplinski mostovi :
Špalete prozora**

Pogled iznutra:



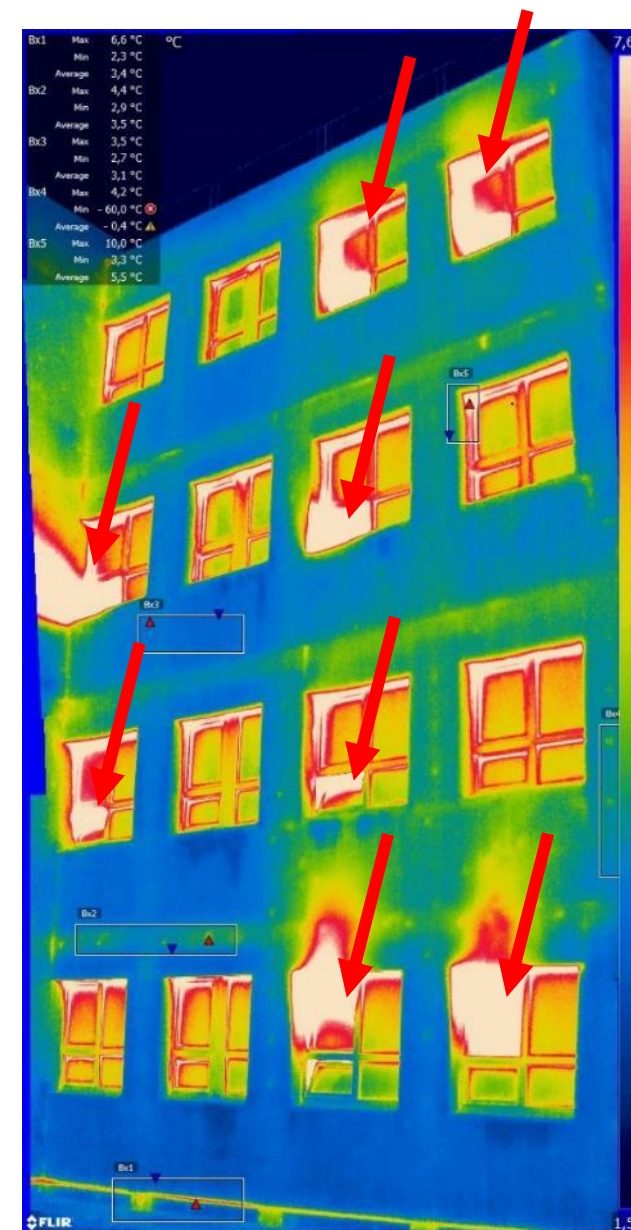
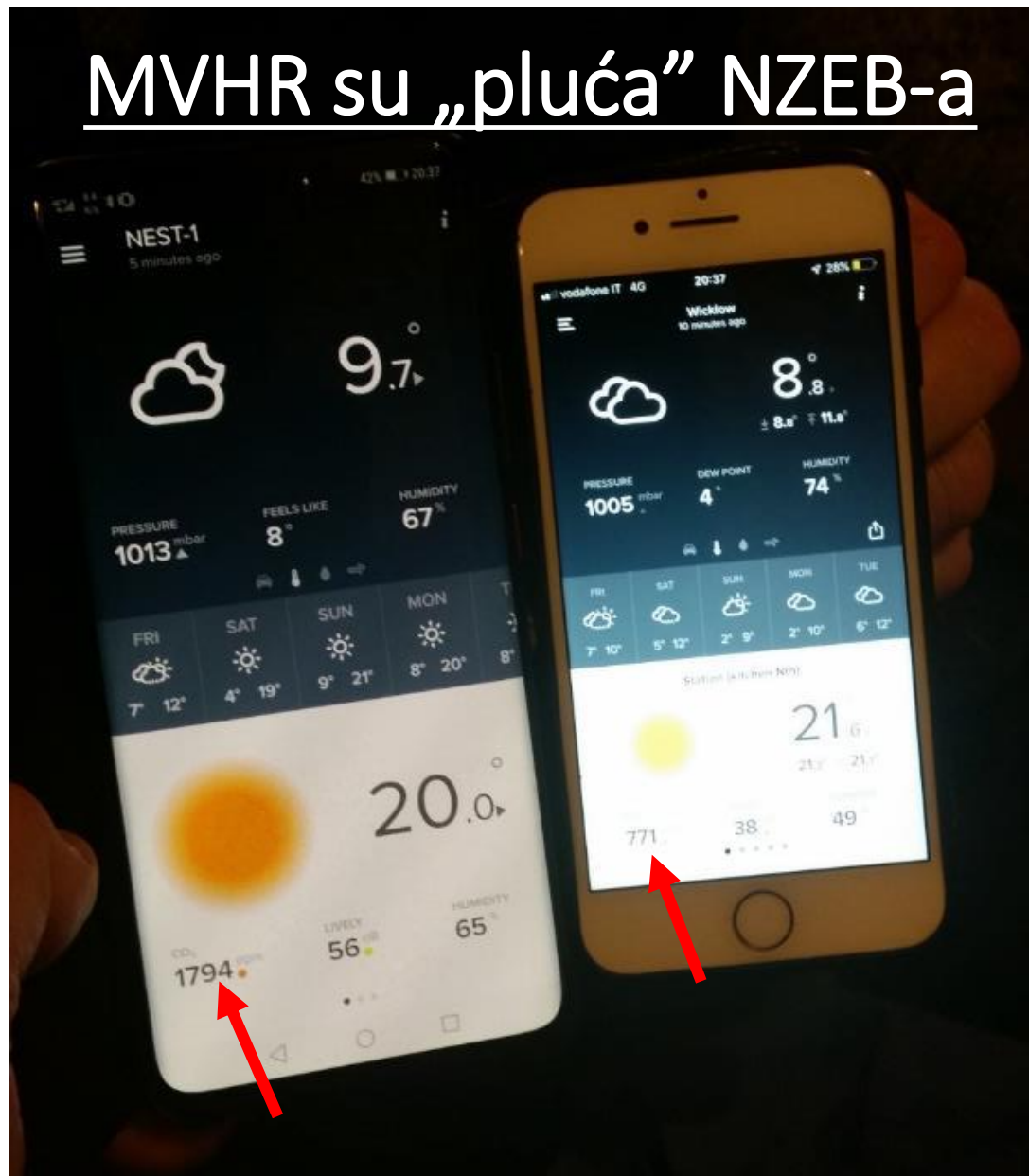
Što nam se
događa?



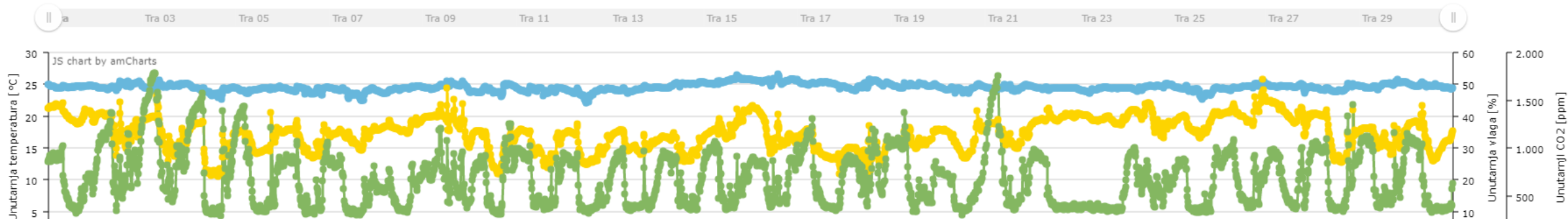
Kvaliteta zraka u prostoru?



MVHR su „pluća” NZEB-a



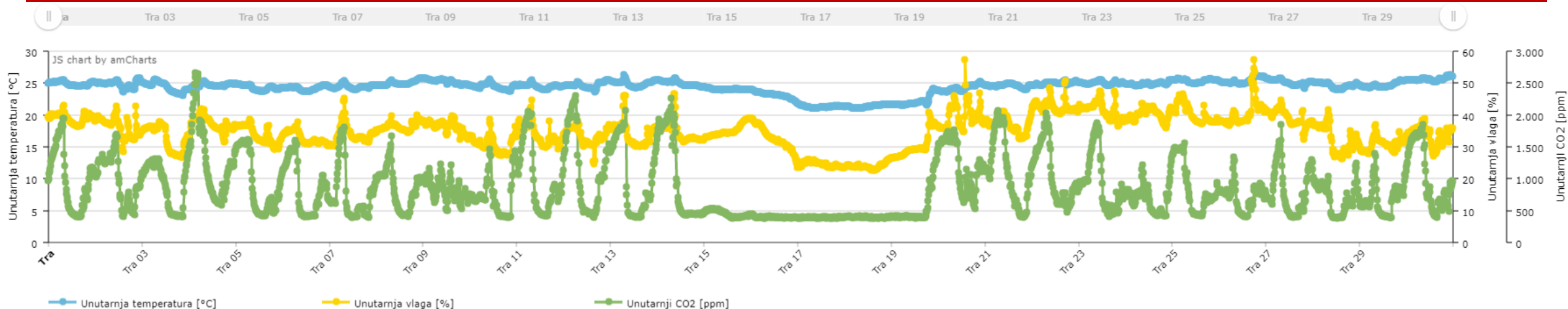
- Stan A: 4-člana obitelj



U većini slučajeva T iznosi 24-25 °C

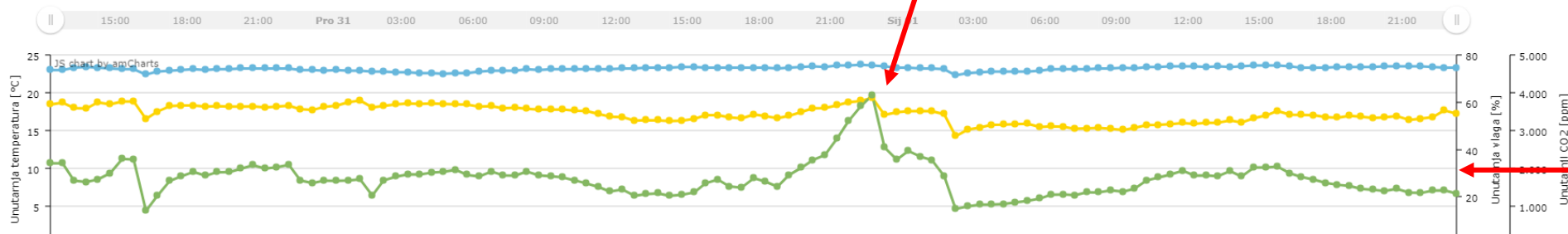
Gornju granica ugodnosti

Posljedično, veća potrošnja energije zbog zagrijavanja prostora.



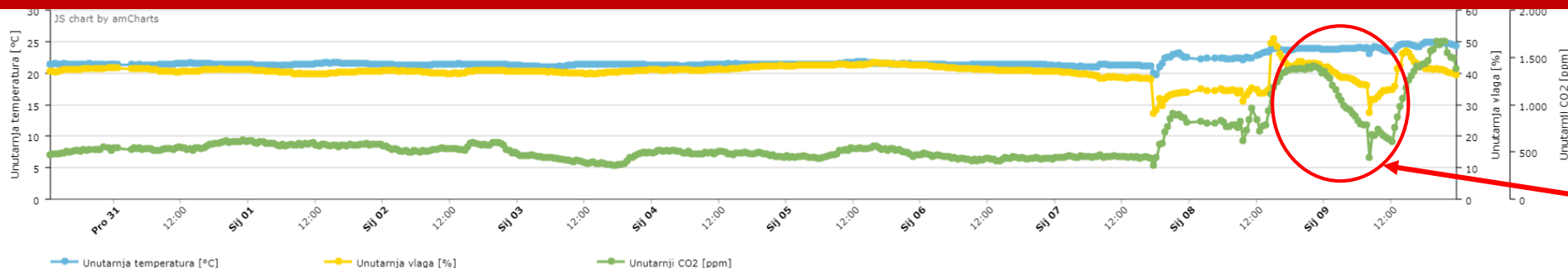
Ekstremna vrijednost CO₂ (4000 ppm)!!

- Stan D: povećan broj ljudi i/ili fizička aktivnost (proslava Nove Godine)



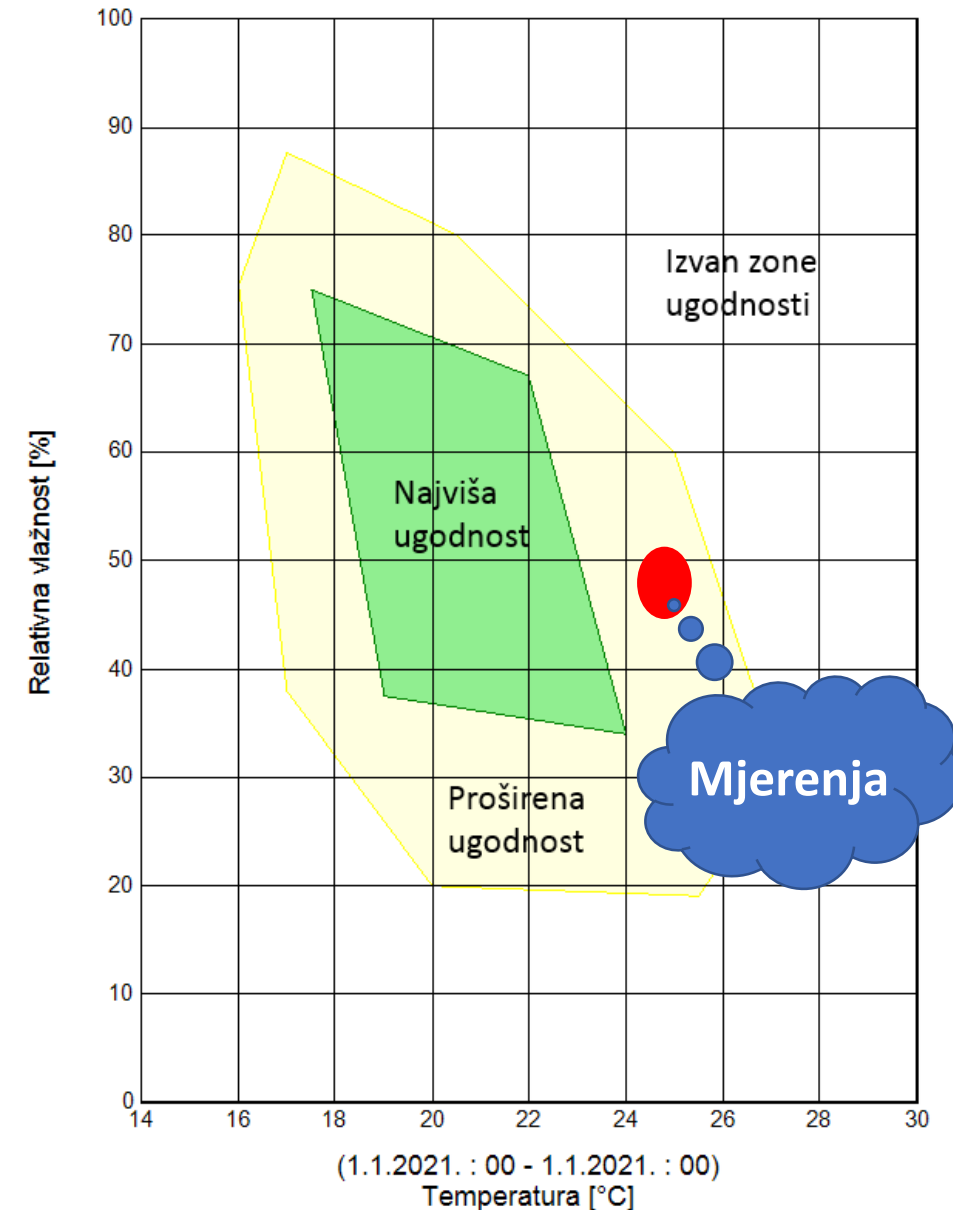
Povišene vrijednosti (do 2000 ppm)!!

Previsoke razine CO₂ u zraku
Loša ventilacija unutarnjeg zraka u prostoru -
neadekvatno prozračivanje



Smanjenje CO₂ i RH uslijed prozračivanja

- Uspoređujući rezultate mjerenja T i RH unutarnjeg zraka
 - vidljivo je da će uvjeti izmjereni u tri stana pripadati u zonu „proširene ugodnosti“ dakle uvjete koji nisu sasvim optimalni



PRIRODNA VENTILACIJA?

- Zbog vrlo visoke razine CO_2 u zraku većina promatranih stanova zapravo spada u prostore **kategorije III i kategorije IV** odnosno u **prostore umjerene ili niske razine očekivanja**

- to svakako nisu uvjeti života koji stanari očekuju nakon financijskih ulaganja u energetska obnova svojih zgrada.



- Energetska obnova - toplinska izolacija te kvalitetniji prozori
 - **neminovno dolazi do boljeg brtvljenja vanjske ovojnice zgrade.**
- Brtvljenje poželjno
 - u smislu smanjenja potrošnje energije i smanjenja građevinske štete zbog kondenzacije vodene pare u slojevima građevnih elemenata, itd.
- **Potrebno je svakako predvidjeti te izvesti sustave ventilacije prostora kako bi se osigurala odgovarajuća kvaliteta zraka u prostoru**

Izvedba zgrada

KAKO KONTROLIRATI KVALITETU NZEB-A?

1.

Provjera
zrakopropusnosti
ovojnice

Blower Door
test

2.

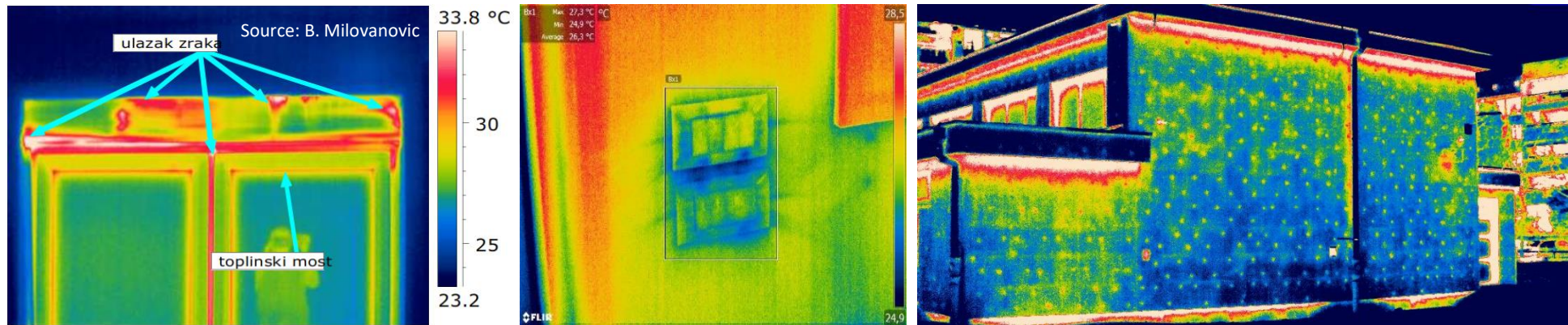
**Infracrvena
termografija**
za određivanje
mjesta infiltracije
zraka i određivanje
mjesta toplinskih
mostova

3.

Određivanje
**koeficijenta
prolaska
topline** kroz
**prozirne i
neprozirne**
elemente

KAKO KONTROLIRATI KVALITETU NZEB-A

- Infracrvena termografija



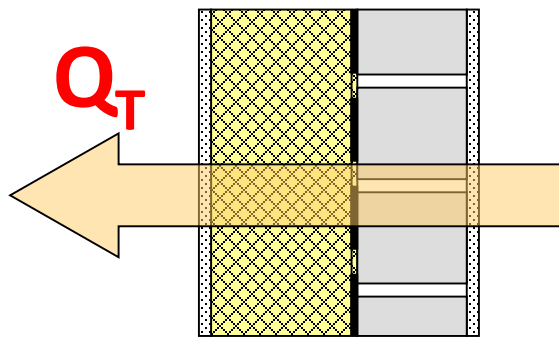
- Blower door



Toplinski mostovi

Toplinska ovojnica

Kvantifikacija gubitaka topline kroz toplinsku ovojnicu →
TRANSMISIJSKI GUBICI



SEEDpass project [9]

$$Q_T = \boxed{A * U * b_T} * G_t$$

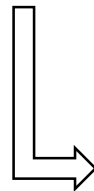
A = Oplošje toplinske ovojnice
 U = U-vrijednost (koef.prolaska topline)
 b_T = Faktor korekcije temperature
 G_t = Broj stupanj sati grijanja

$$H_T = \sum b_j A_j U_j + \sum b_j \Psi_j l_j + \sum b_j X_j$$

Oplošje
toplinske
ovojnice

Linijski
toplinski
mostovi

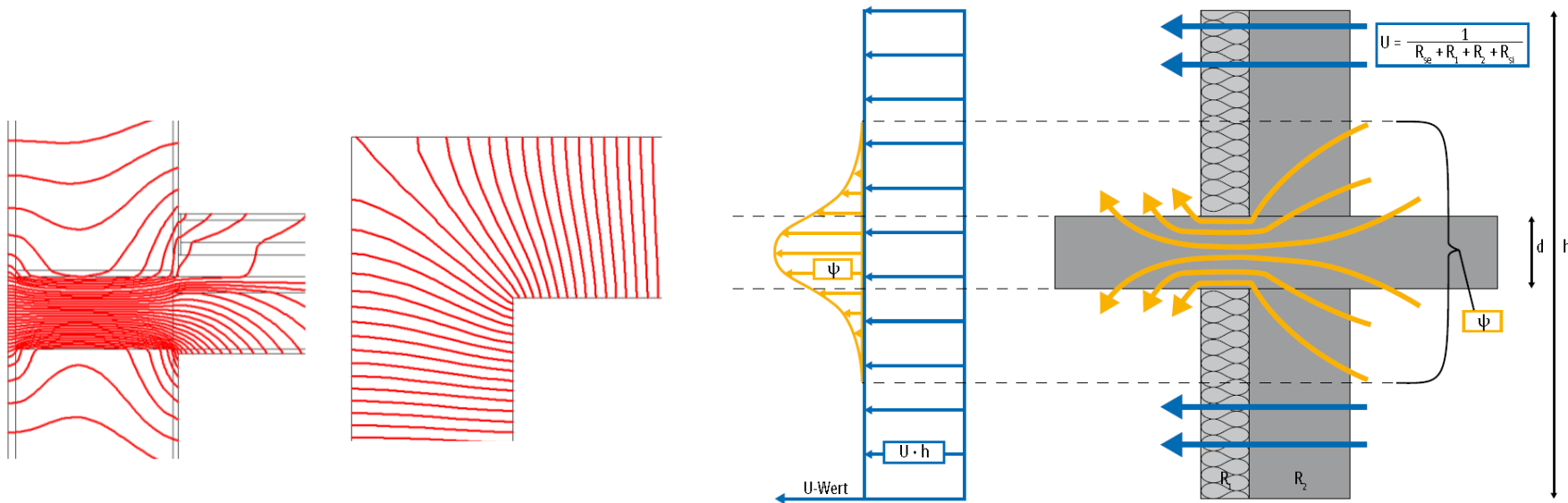
Točkasti
toplinski
mostovi



- Neprozirni elementi → **Zidovi, Krov, Pod**
- Transparentni elementi → **Prozori**

Definiranje toplinskih mostova

- Prema *Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama* (NN 128/15, 70/18, 73/18, 86/18, 102/20) toplinski su mostovi definirani kao:
 - „je manje područje u ovojnici grijanog dijela zgrade kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene proizvoda, debljine ili geometrije građevnog dijela“.



Kritični detalji

Vanjska toplinska izolacija – Vanjski zidovi



Dosteba [37]



**Imati na umu KONTINUITET
toplinske ovojnice!**

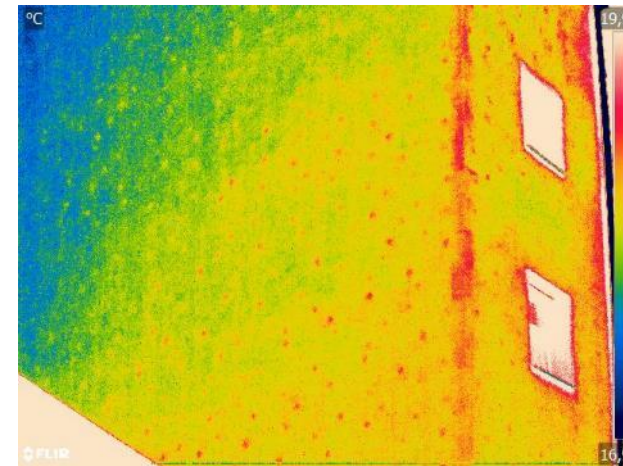
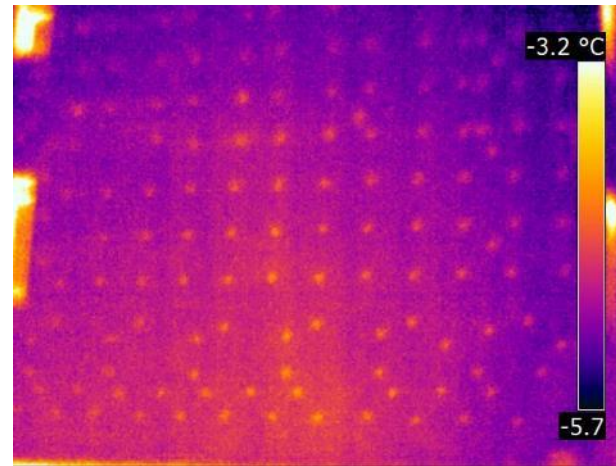
**Mnoštvo potencijalnih
TOPLINSKIH MOSTOVA koje
treba ispravno riješiti!**

Prema obliku TM razlikuju se:

- Linijski TM



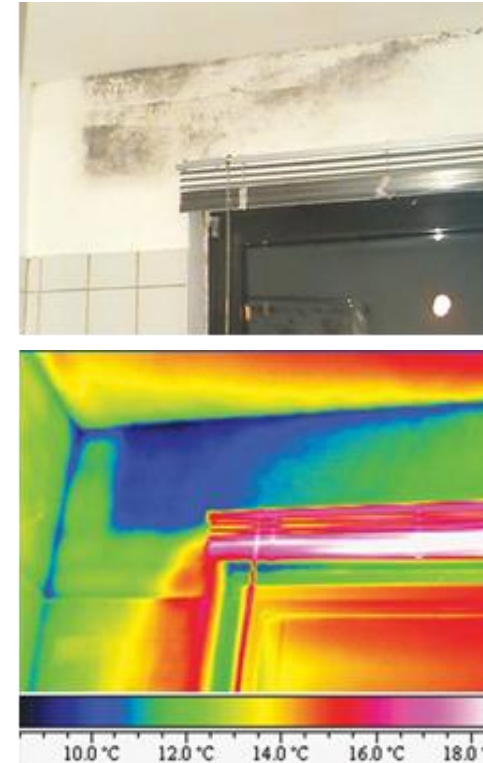
- Točkasti TM



Posljedice toplinskih mostova:

1. Povećani **gubici topline** iz zgrade tijekom zime
2. **Kondenzacija** vodene pare na površini
3. Razvoj **gljivica / plijesni**
4. Razaranje građevnih dijelova uslijed **korozije**
5. Povećano gomilanje prašine na vlažnoj površini
6. Pukotine radi različitog toplinskog rada
7. Razaranje građevnih dijelova uslijed smrzavanja
8. Odvajanje žbuke, naliča, tapeta
9. Povećanje toplinske provodljivosti izolacijskih materijala
10. Iscvjetavanje soli

Što je jači stupanj toplinske izolacije zgrade jača su i lokalna orošavanja uz toplinske mostove.



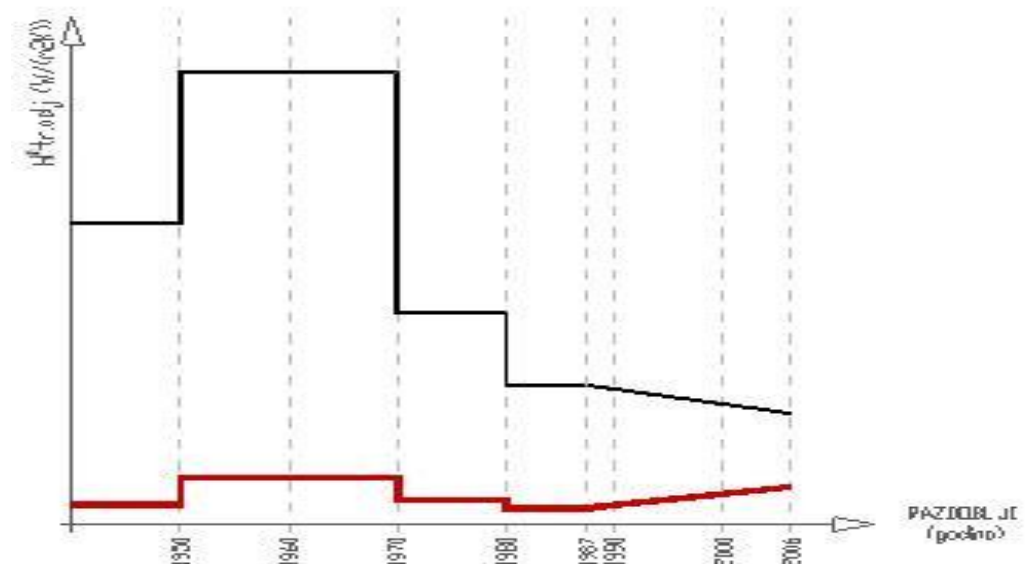
Razlozi građevnih šteta uslijed orošavanja na TM kod zgrada suvremene izvedbe

- Zgrade bez primjene TI, - nepovoljni **utjecaji TM nisu jako izraženi**
 - niža RH zraka u prostoriji (**veći n_{50}**)
 - plošna temperatura je približno jednaka u cijeloj prostoriji,
 - pa se kondenzat pravilno raspoređivao, upijao u podlogu i isušivao bez posebno štetnih posljedica.
- Zgrade s jakim, kontinuiranom TI - **utjecaj TM je jače izražen**
 - Viša RH zraka u prostoriji (**ako nema mehaničke ventilacije; manji n_{50}**)
 - jer je veći dio unutarnje površine zagrijan na temperature više od rosišta,
 - osim u lokalnim (i malim) područjima TM gdje se ukupna količina vodene pare iz prostorije kondenzira.



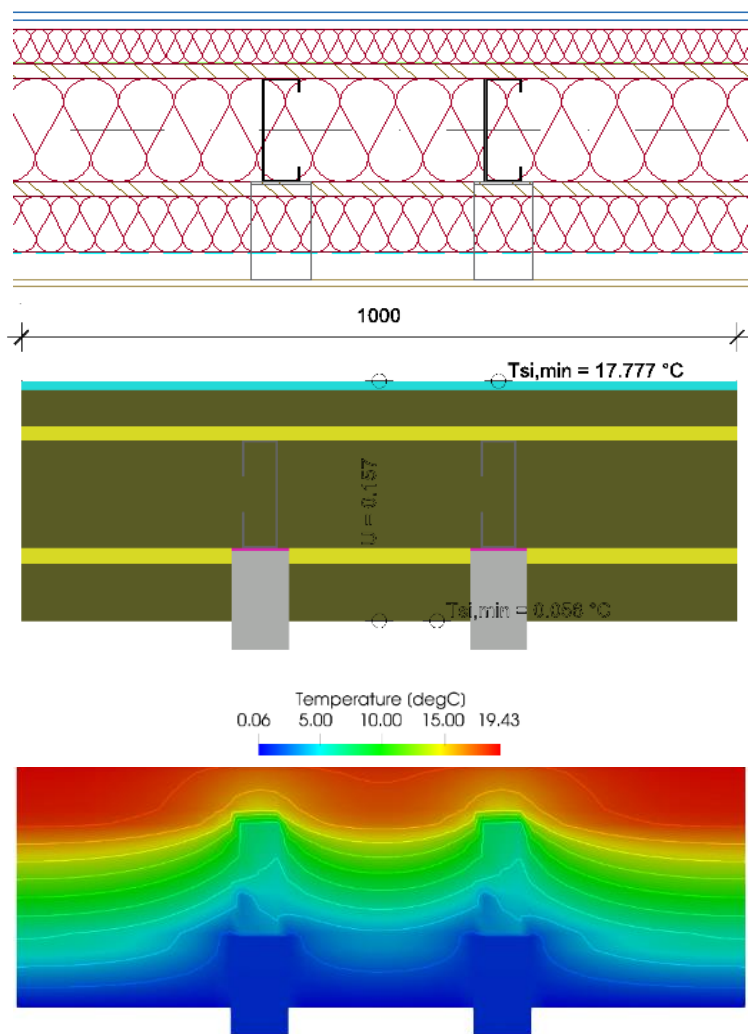
Porast relativnog udjela TM u ukupnim gubicima

- U razdoblju od 2006. godine do danas se nastavlja trend jačanja toplinskih brana i smanjenja prijenosnih gubitaka topline,
 - ali taj trend **ne prate rješenja zaštite zona toplinskih mostova**,
 - Neznanje projektanata / izvođača / investitora
- **učešće TM u ukupnim transmisijskim gubicima topline se relativno povećava**



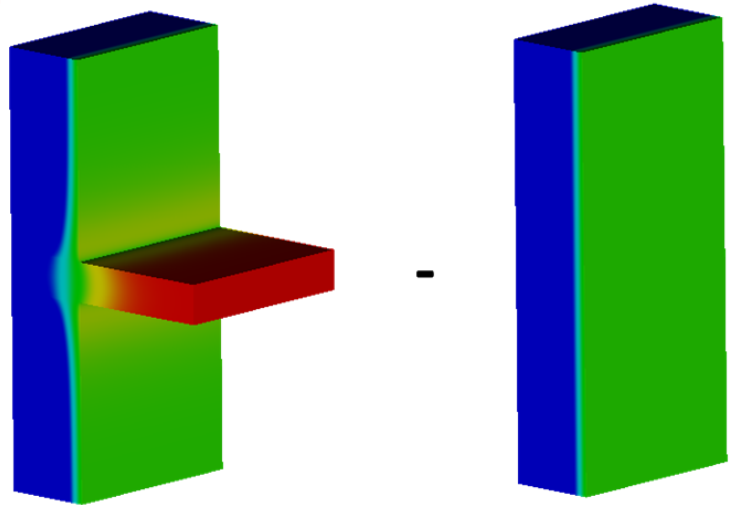
Efektivna U-vrijednost -> uključivo linijske TM

Proračun toplinskih mostova numeričkim metodama

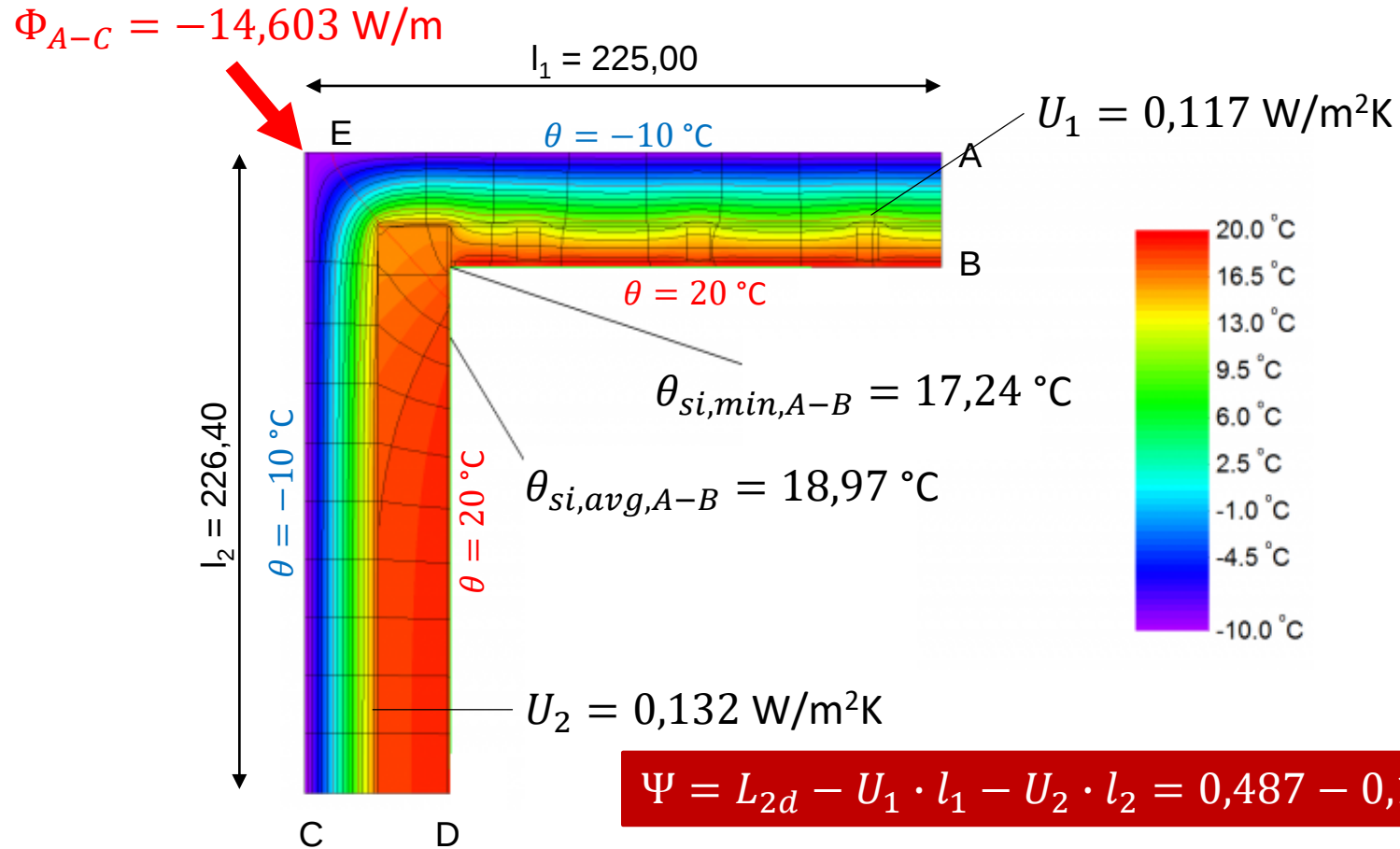


Building Element	Steel Stud Spacing [cm]	U_{eff} [W/(m ² K)]	R_{eff} [m ² K/W]	U [W/(m ² K)]	R [m ² K/W]	ΔU [%]	Ψ [W/(m K)]	f_{Rsi} [-]
Wall	60	0.14890	6.71592	0.116	8.62069	28.40	0.033	0.975
Wall	30	0.16429	6.08680	0.116	8.62069	41.60	0.048	0.975
Roof	48	0.14467	6.91228	0.110	9.09091	31.50	0.035	0.984
Floor	38	0.16534	6.04814	0.125	8	32.30	0.040	0.959

- Ψ -vrijednost je jednaka povećanju stacionarnog toplinskog toka u odnosu na neporemećeno područje pri promjeni temperature od 1 K.

$$\Psi = \left(Q = 0,321 \text{ W/mK} \right) - \left(Q = 0,317 \text{ W/mK} \right) = 0,004 \text{ W/mK}$$


Primjer: proračun Ψ vrijednosti



Source: Passipedia

$$\Psi = L_{2d} - \sum(U_i \cdot l_i) [\text{W}/(\text{mK})]$$

$$\Delta\theta = 20 - (-10) = 30 \text{ °C}$$

$$L_{2d} = \frac{\Phi_{2d}}{\Delta\theta} = \frac{14,603}{30} = 0,487 \text{ W/mK}$$

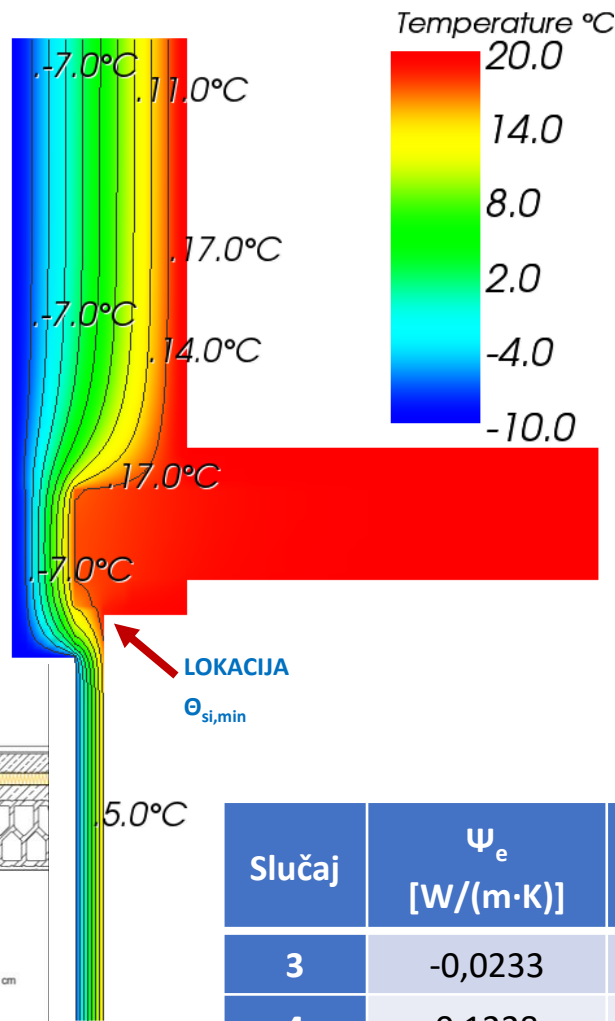
Ovaj primjer se temelji na
numeričkom proračunu prema HRN
EN ISO 10211:2017 i to za vanjske
dimenzije, dakle vrijedi za **Ψ_e** !

$$\Psi = L_{2d} - U_1 \cdot l_1 - U_2 \cdot l_2 = 0,487 - 0,117 \cdot 2,25 - 0,132 \cdot 2,264 = -0,075 \text{ W/mK}$$

$$f_{Rsi} = \frac{(\theta_{si} - \theta_e)}{(\theta_i - \theta_e)} = \frac{(17,24 - (-10))}{(20 - (-10))} = \frac{27,24}{30} = 0,908$$

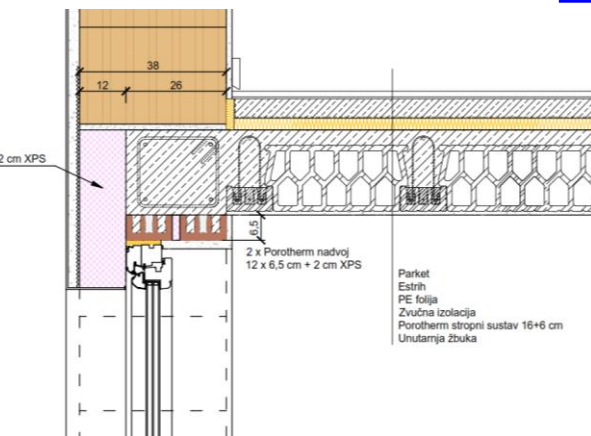
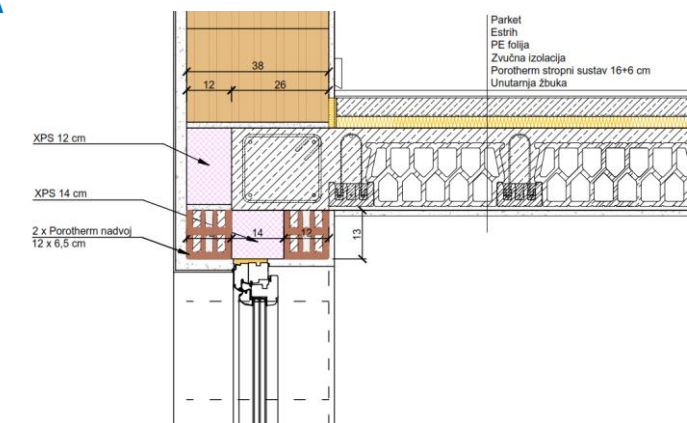
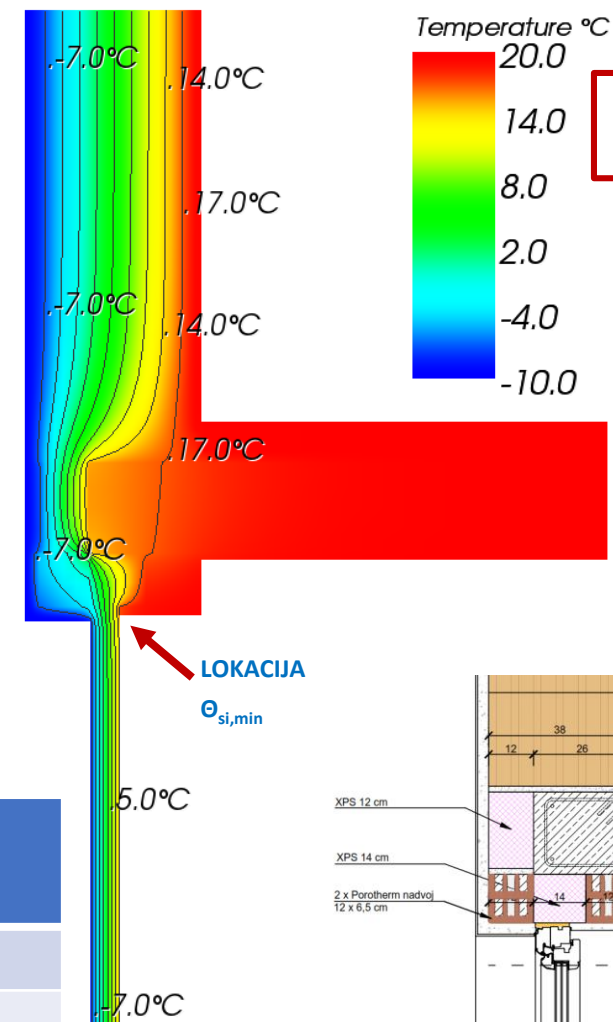
Primjer numeričkog proračuna

Slučaj 3



Slučaj	Ψ_e [W/(m·K)]	Ψ_i [W/(m·K)]	$\Theta_{si,min}$ [°C]
3	-0,0233	0,0434	18,40
4	0,1228	0,2004	15,73

Slučaj 4



Kratka analiza za prethodni slučaj

- Zid: $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Ploština zida: $A = 100 \text{ m}^2$
- Duljina toplinskog mosta: $l = 10 \text{ m}$



Slučaj	ψ_e [W/(m·K)]	H_T [W/(K)]	Δ	Izračun
3	-0,0233	14,767	-	$H_T = 100 \cdot 0,15 + 10 \cdot (-0,0233) = 14,767$
4	0,1228	16,228	9,9 %	$H_T = 100 \cdot 0,15 + 10 \cdot (0,1228) = 16,228$
$\Delta U_{TM} = 0,05$ W/m ² K	/	20,000	35,4 %	$H_T = 100 \cdot (0,15 + 0,05) = 20,000$
$\Delta U_{TM} = 0,01$ W/m ² K	/	16,000	8,3 %	$H_T = 100 \cdot (0,15 + 0,01) = 16,000$



Primjer od Silvia

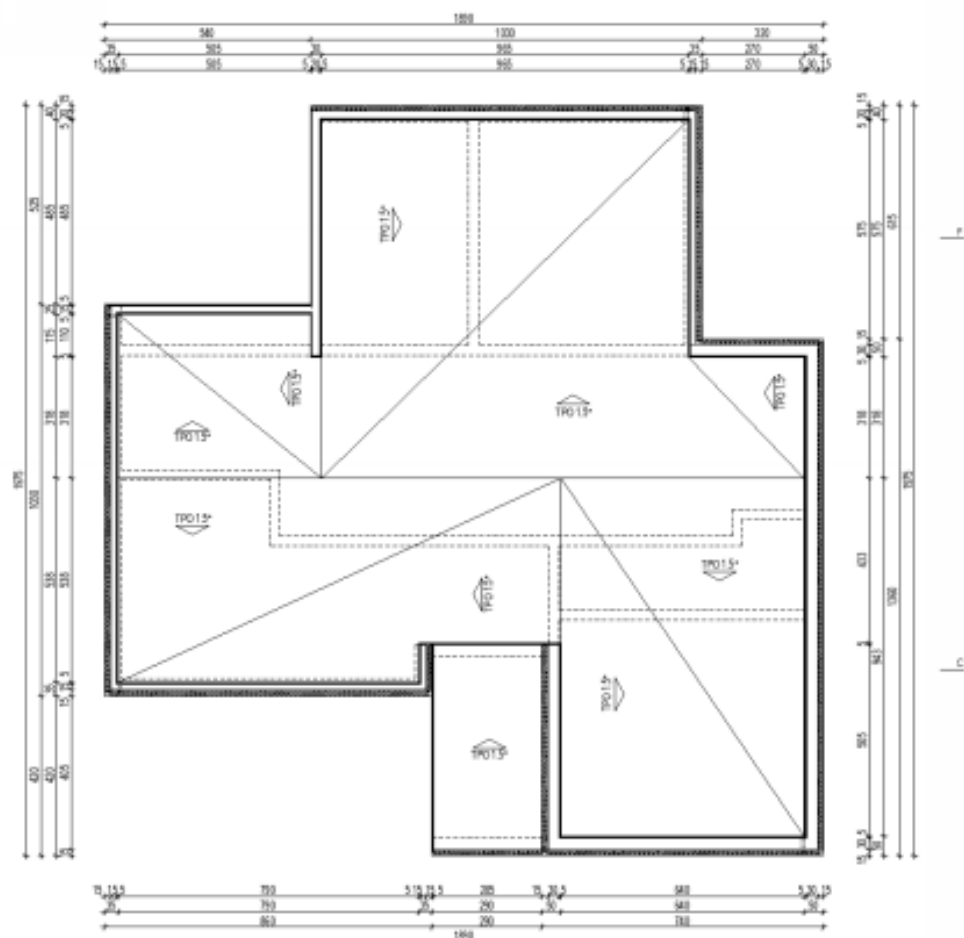
vs

Rezultati iz CRORAL-a

Konkretn primjer obiteljske kuće

TT sustav – dizalica topline zrak/voda (podno grijanje) + električni bojler + priprema za PV

- Proračun u skladu s HRN EN ISO 14683:



Brzi unos

Veza vanjskog zida i stropova (ravnih krovova)

Dužina: 53.50

☒ Ψ_e ☐ Ψ_{oi} ☐ Ψ_i

$e = 1.366$
 $l_{oi} = 1.000$
 $l_{oi} = 1.000$

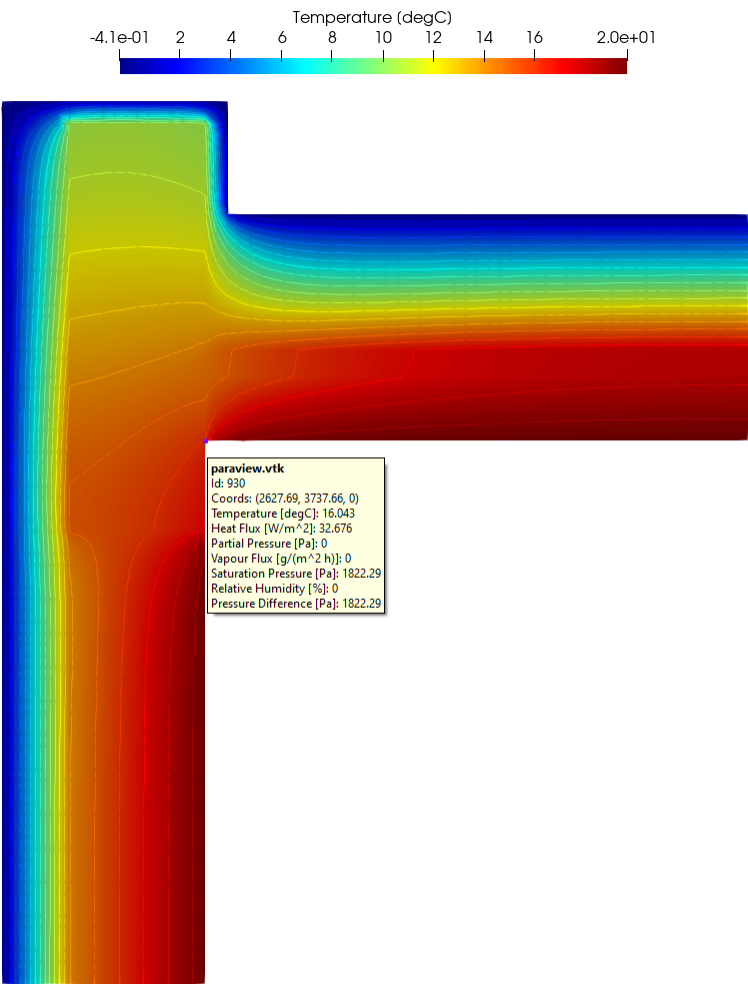
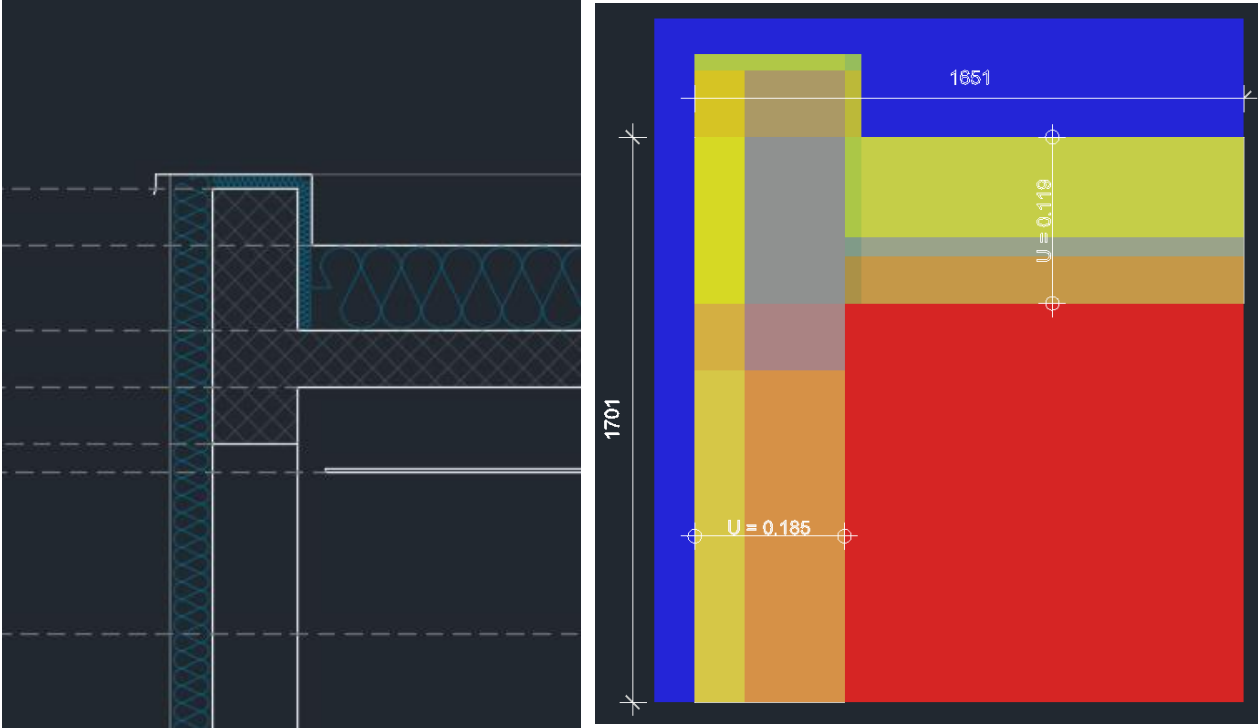
R9

$\Psi_{e1} = -0.05$
 $\Psi_{e2} = 0.15$
 $\Psi_i = 0.15$

Toplinski most

Osnovni podaci o toplinskim mostovima

II	1
Zona	Grijani prostori
Korisnički unos Ψ	Ne
Tip veze	Veza vanjskog zida i stropova (ravnih krovova)
Tip toplinskog mosta	R9
Ψ	$\Psi_e = -0.05$
l	53.50
$\Psi \times l$	-2.68

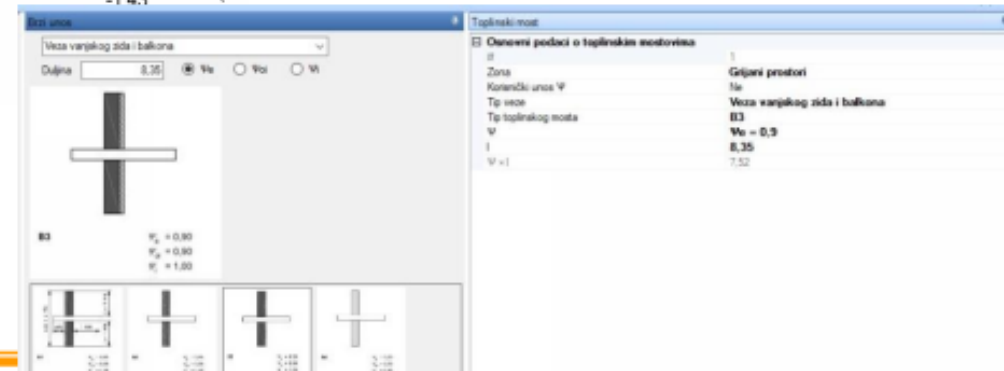
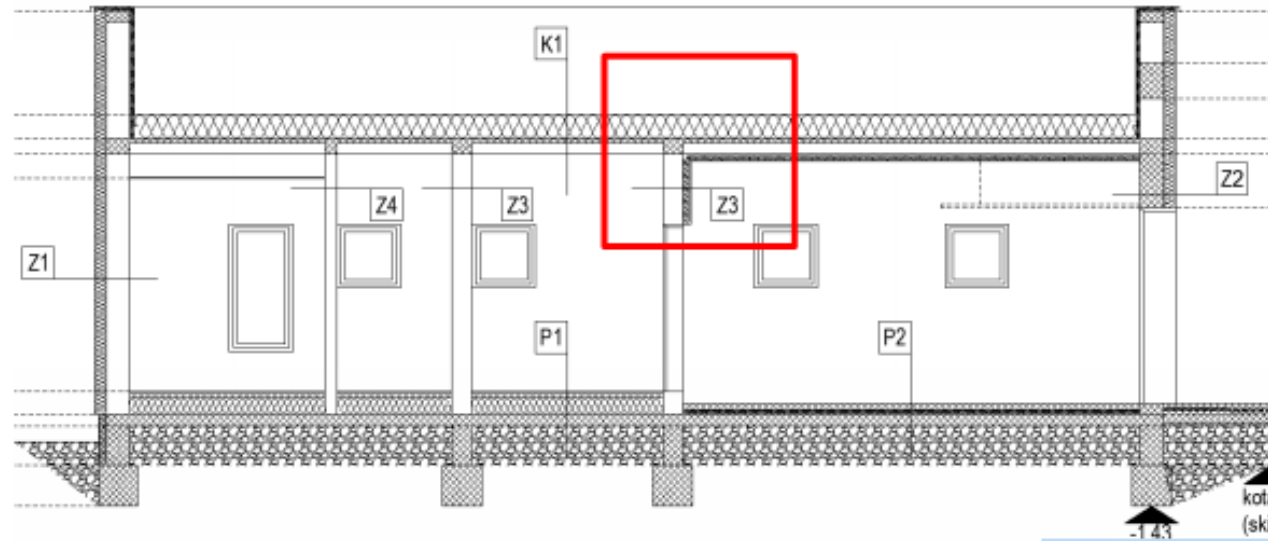


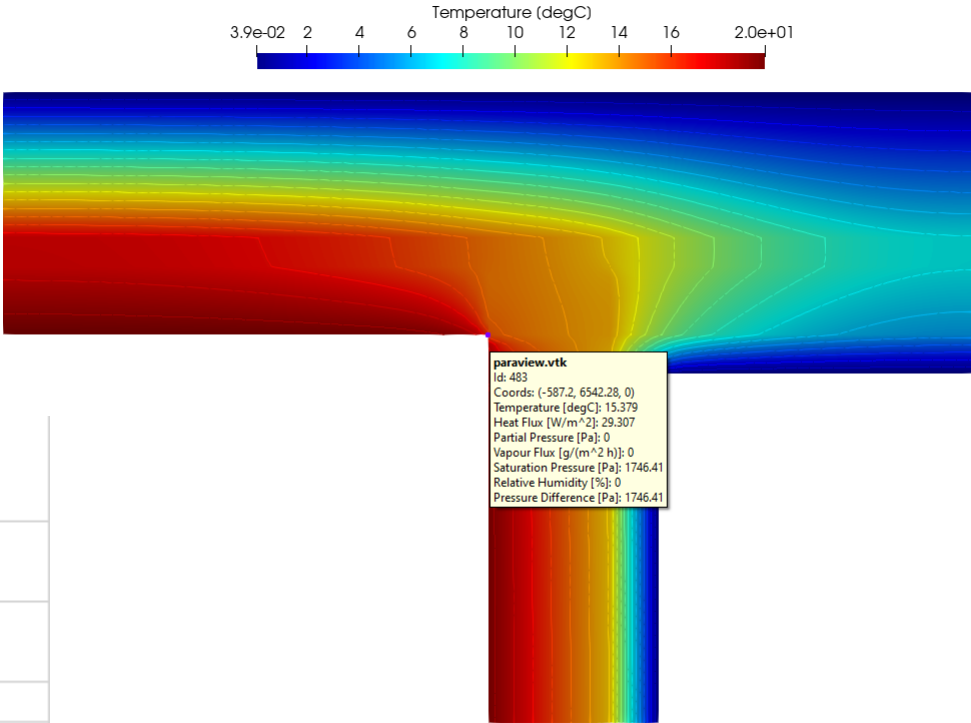
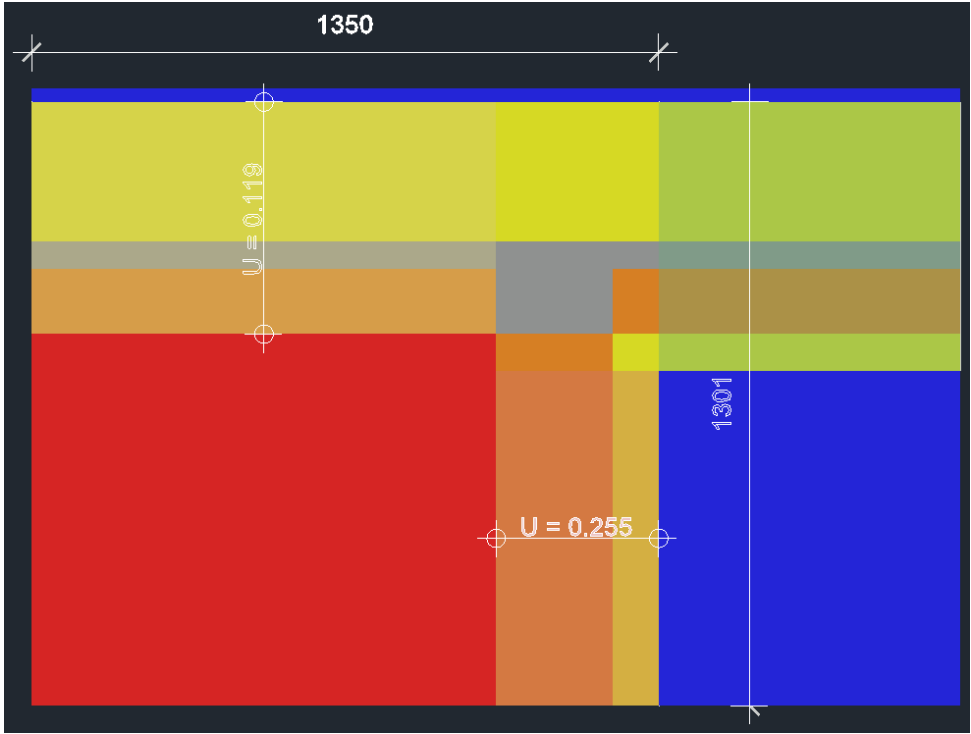
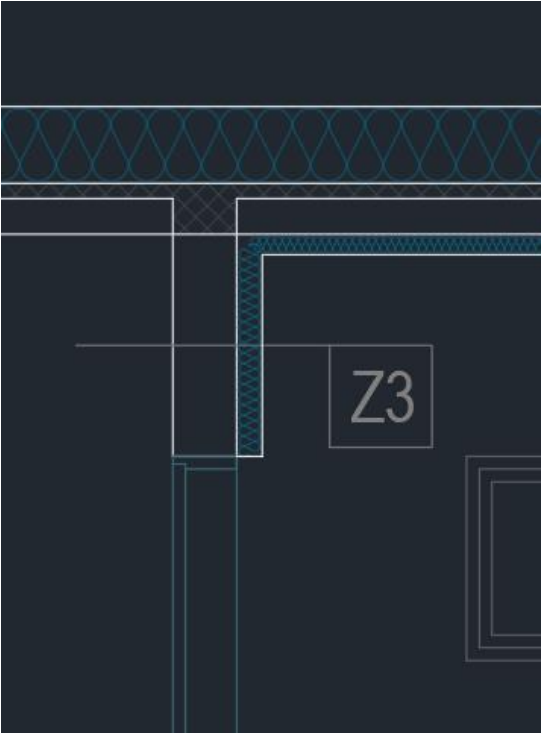
Room _i /Room _j	U-value [W/(m ² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,119	1,651	20,000	0,196
Interior/Exterior	0,185	1,701	20,000	0,315
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	0,206

Konkretna primjer obiteljske kuće

TT sustav – dizalica topline zrak/voda (podno grijanje) + električni bojler + priprema za PV

- Proračun u skladu s HRN EN ISO 14683:



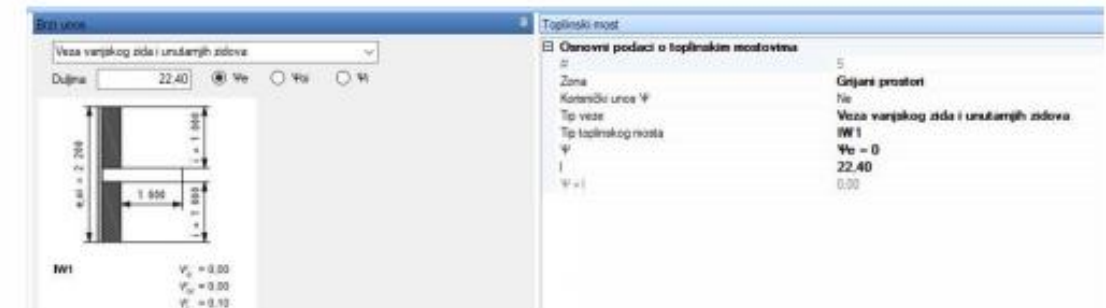
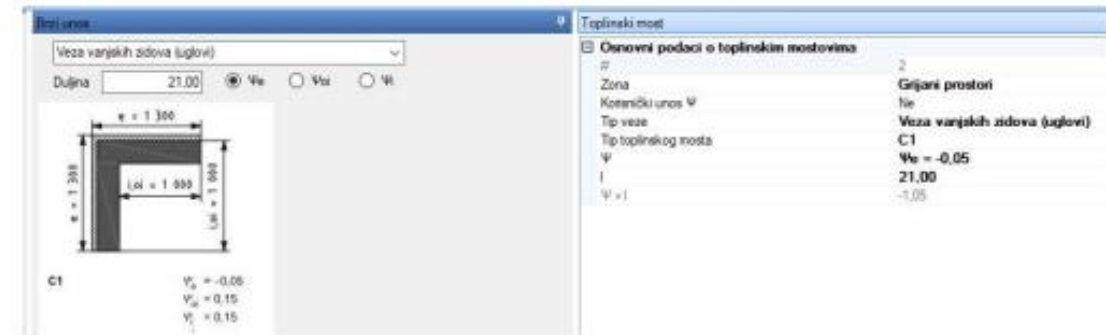
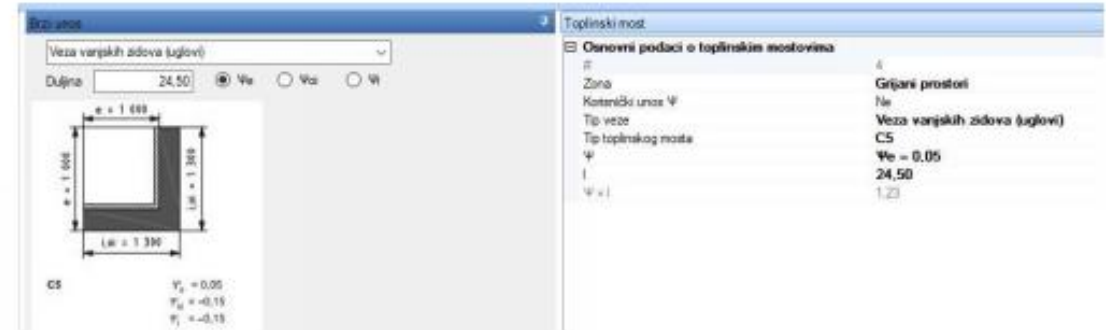
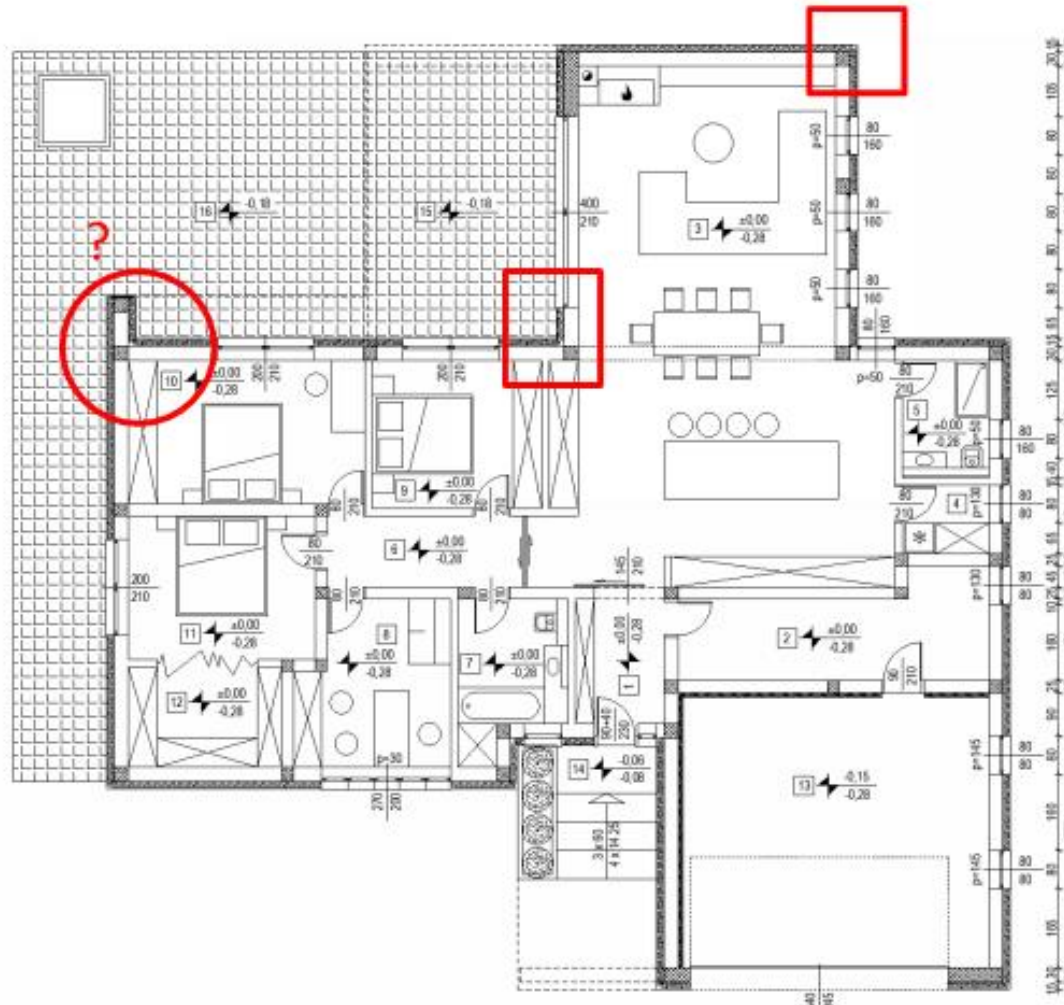


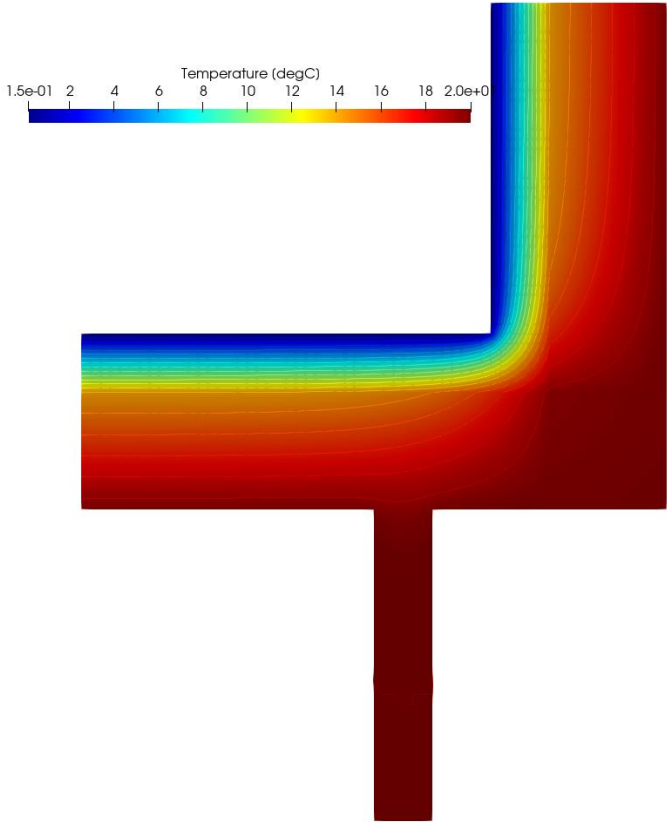
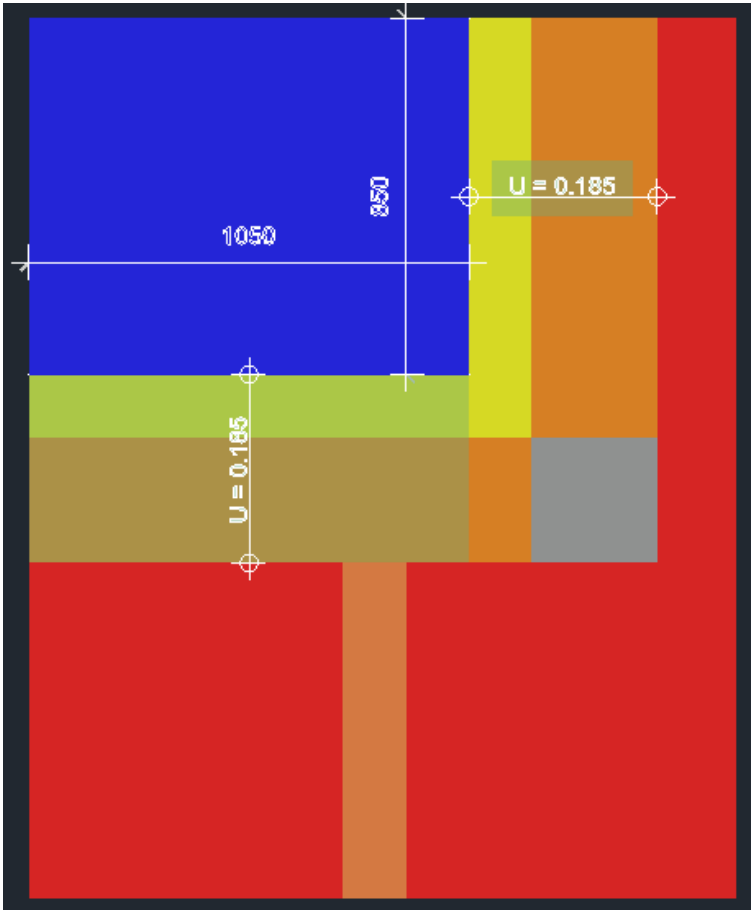
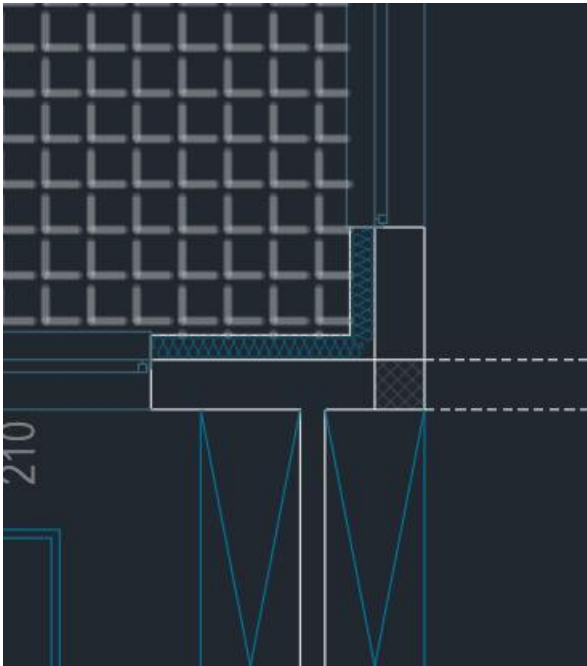
Room _i /Room _j	U-value [W/(m² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,119	1,350	20,000	0,161
Interior/Exterior	0,255	1,301	20,000	0,332
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	-0,013

Konkretni primjer obiteljske kuće

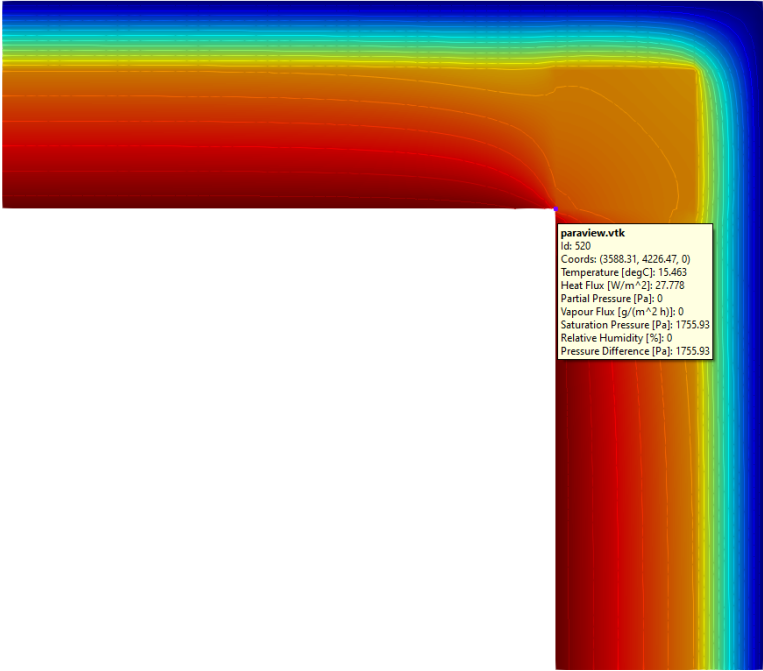
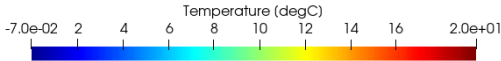
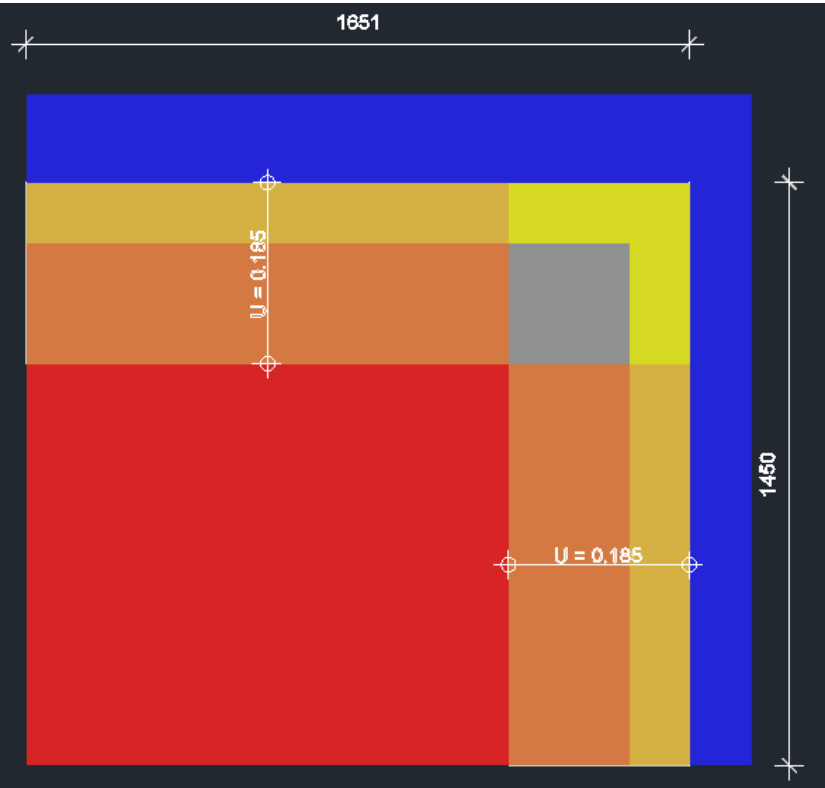
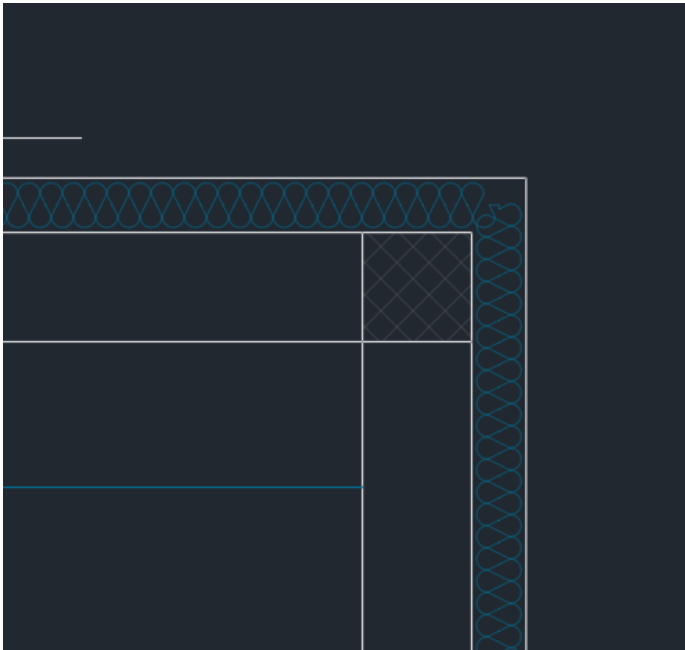
TT sustav – dizalica topline zrak/voda (podno grijanje) + električni bojler + priprema za PV

- Proračun u skladu s HRN EN ISO 14683:

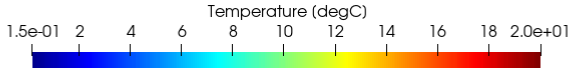
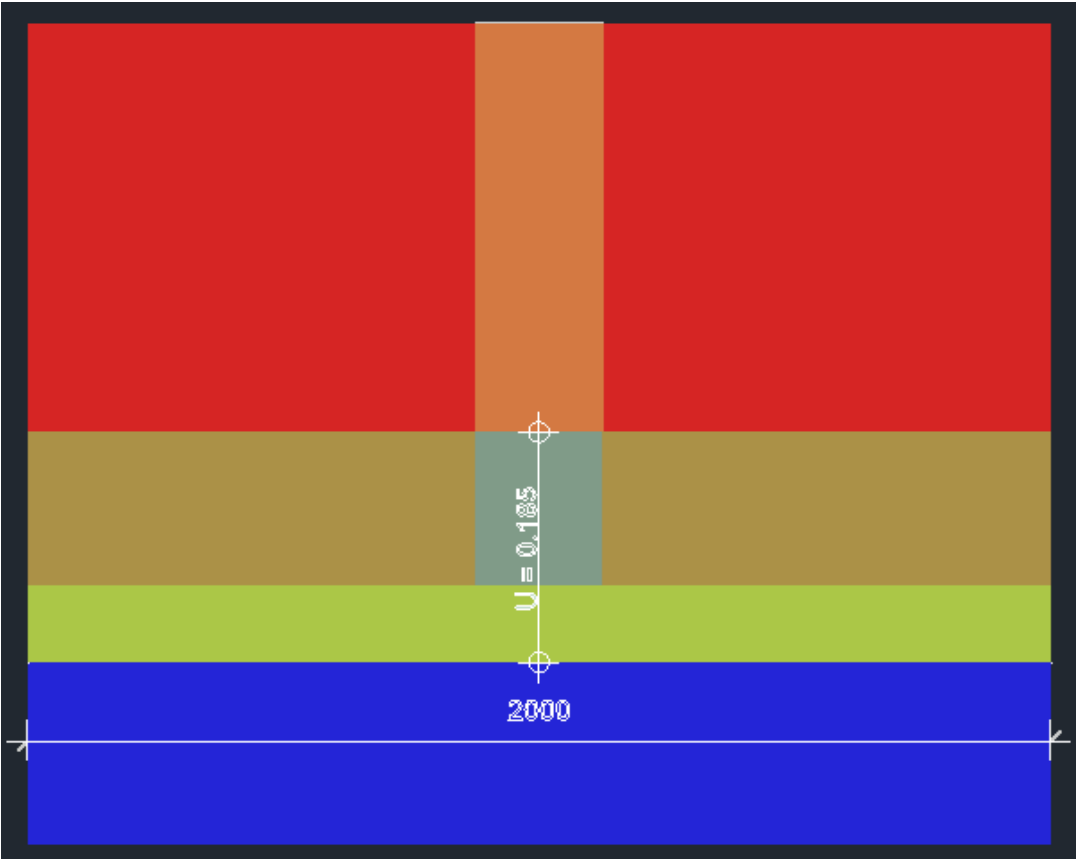
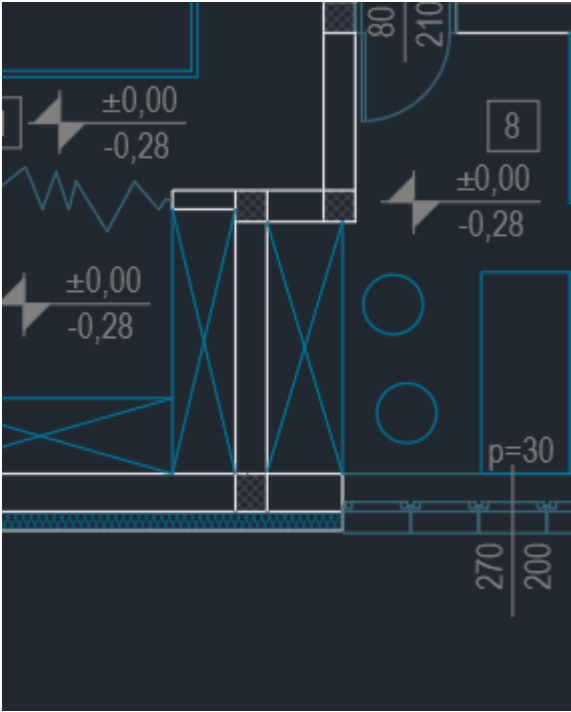




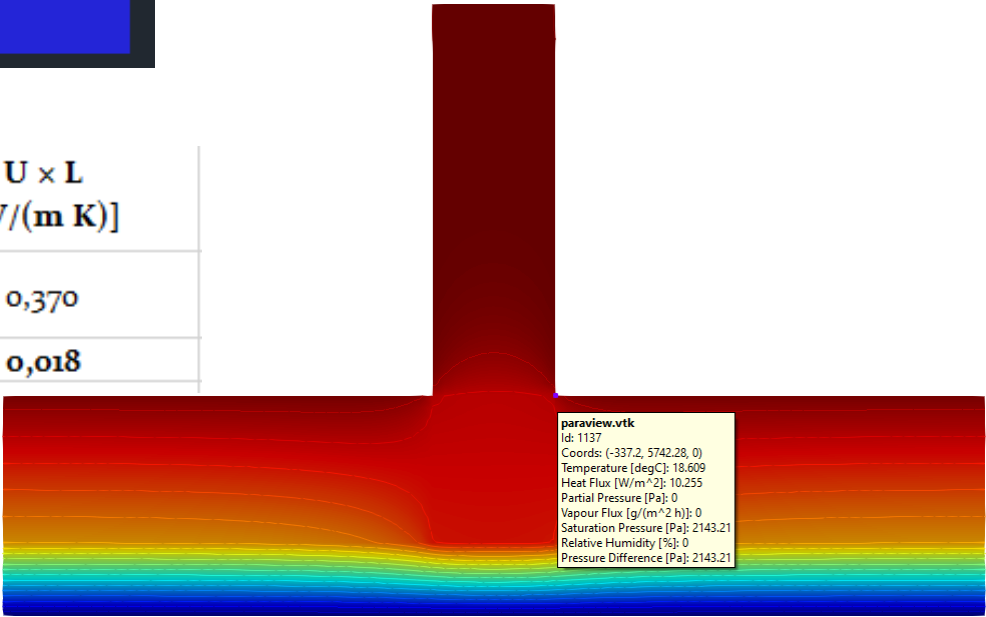
Room _i /Room _j	U-value [W/(m ² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,185	1,050	20,000	0,194
Interior/Exterior	0,185	0,850	20,000	0,157
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	0,029

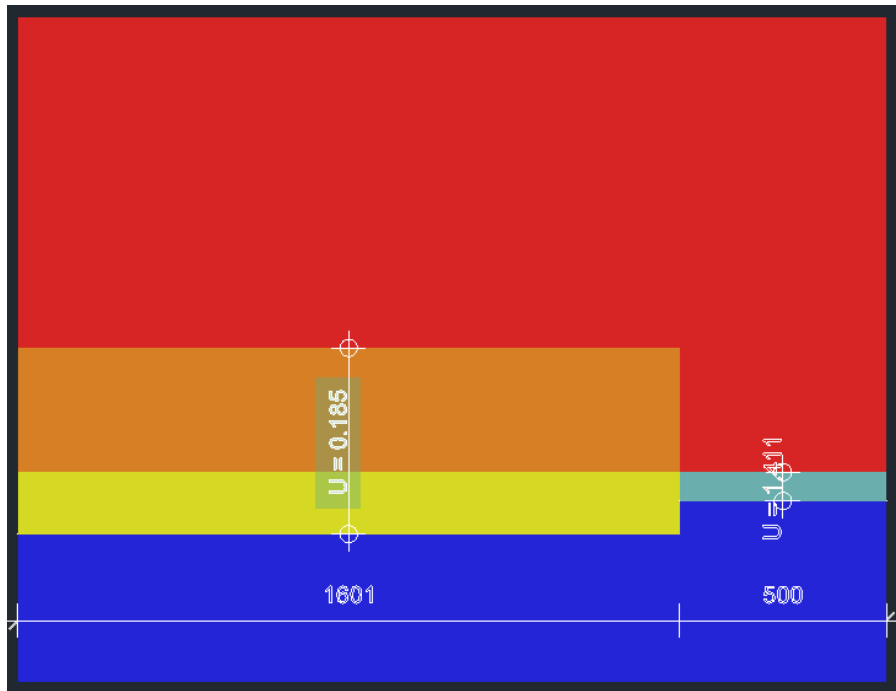
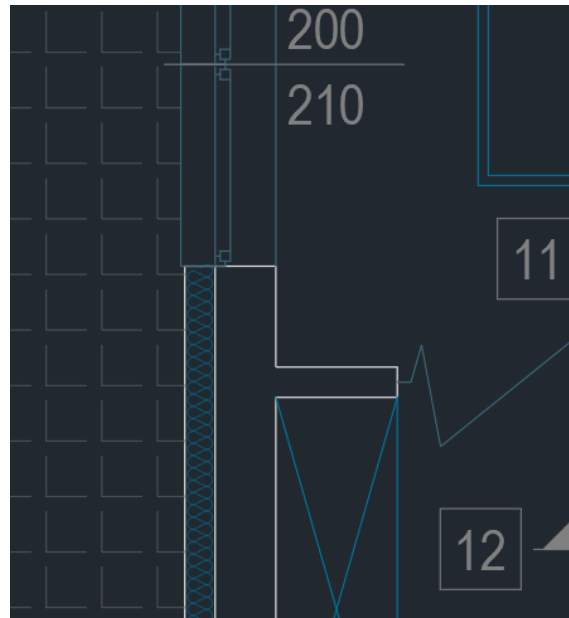


Room _i /Room _j	U-value [W/(m ² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,185	1,651	20,000	0,305
Interior/Exterior	0,185	1,450	20,000	0,268
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	-0,051



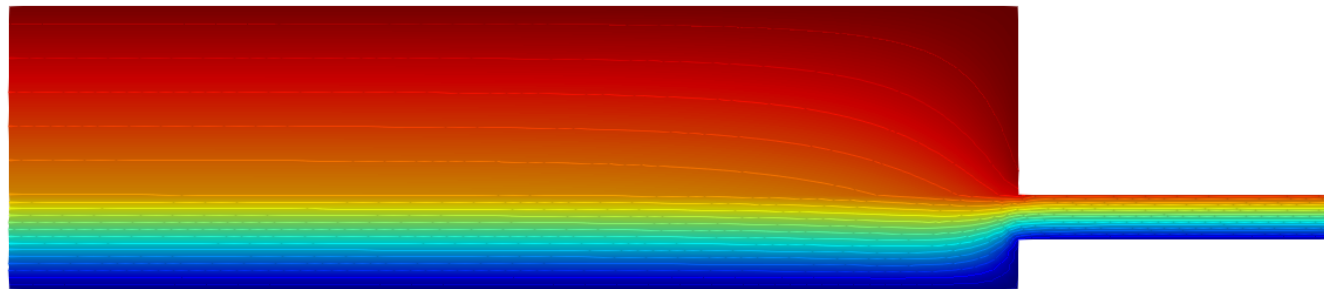
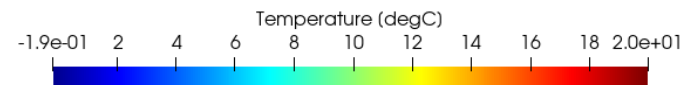
Room _i /Room _e	U-value [W/(m² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,185	2,000	20,000	0,370
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	0,018





Prozor u izolaciji

Room _i /Room _j	U-value [W/(m ² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	1,411	0,500	20,000	0,706
Interior/Exterior	0,185	1,601	20,000	0,296
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	0,016



Konkretan primjer obiteljske kuće

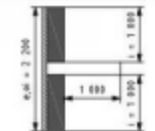
TT sustav – dizalica topline zrak/voda (podno grijanje) + električni bojler + priprema za PV

- Proračun u skladu s HRN EN ISO 14683:

Brzi unos

Veza vanjskog zida i podova

Duljina: 198,50 ☒ Ψ_e ☐ Ψ_{oi} ☐ Ψ_i



IF1

$\Psi_e = 0,00$
 $\Psi_{oi} = 0,00$
 $\Psi_i = 0,10$

Toplinski most

Osnovni podaci o toplinskim mostovima

#	6
Zona	Grijani prostori
Kotirski unos Ψ	Ne
Tip veze	Veza vanjskog zida i podova
Tip toplinskog mosta	IF1
Ψ	$\Psi_e = 0$
l	198,50
$\Psi \times l$	0,00

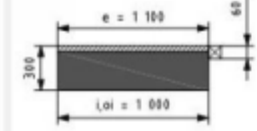
Uzeto u obzir prilikom proračuna prema HRN EN 13370

Toplinski mostovi						
#	Tip veze	Tip mosta	Ψ	l	$\Psi \times l$	
1	Veza vanjskog zida i balkona	B3	$\Psi_e = 0,9$	8,35	7,52	✓
2	Veza vanjskih zidova (uglovi)	C1	$\Psi_e = -0,05$	21,00	-1,05	✓
3	Veza vanjskog zida i stropova (ravnih krovova)	R9	$\Psi_e = -0,05$	60,35	-3,02	✓
4	Veza vanjskih zidova (uglovi)	C5	$\Psi_e = 0,05$	24,50	1,23	✓
5	Veza vanjskog zida i unutarnjih zidova	IW1	$\Psi_e = 0$	22,40	0,00	✓
7	Veza vanjskog zida i stolarije	W1	$\Psi_e = 0$	53,80	0,00	✓

Brzi unos

Veza vanjskog zida i stolarije

Duljina: 53,80 ☒ Ψ_e ☐ Ψ_{oi} ☐ Ψ_i



W1

$\Psi_e = 0,00$
 $\Psi_{oi} = 0,00$
 $\Psi_i = 0,00$

Toplinski most

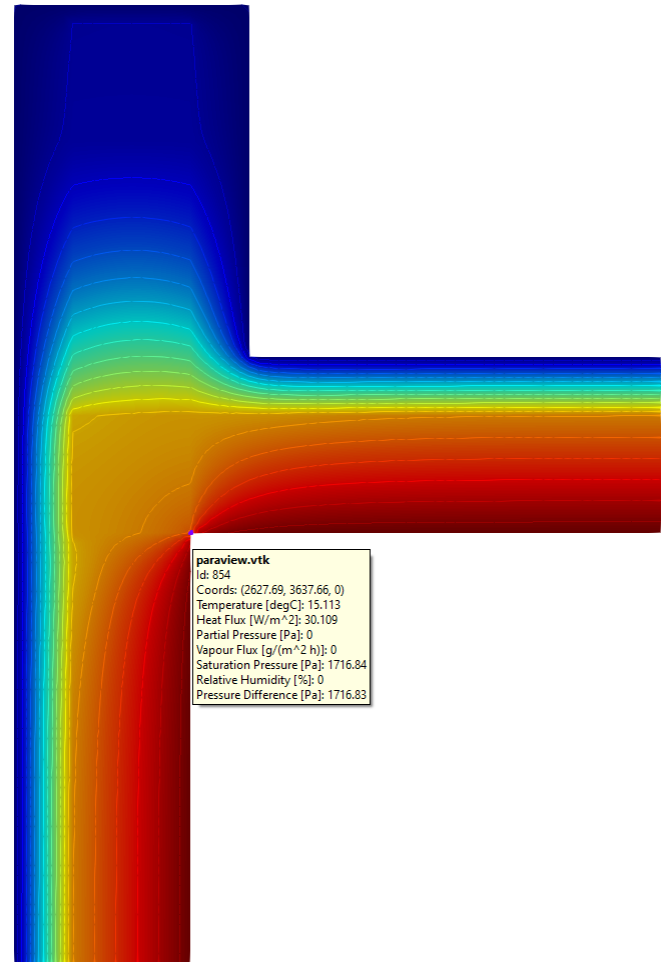
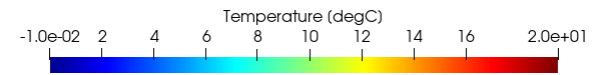
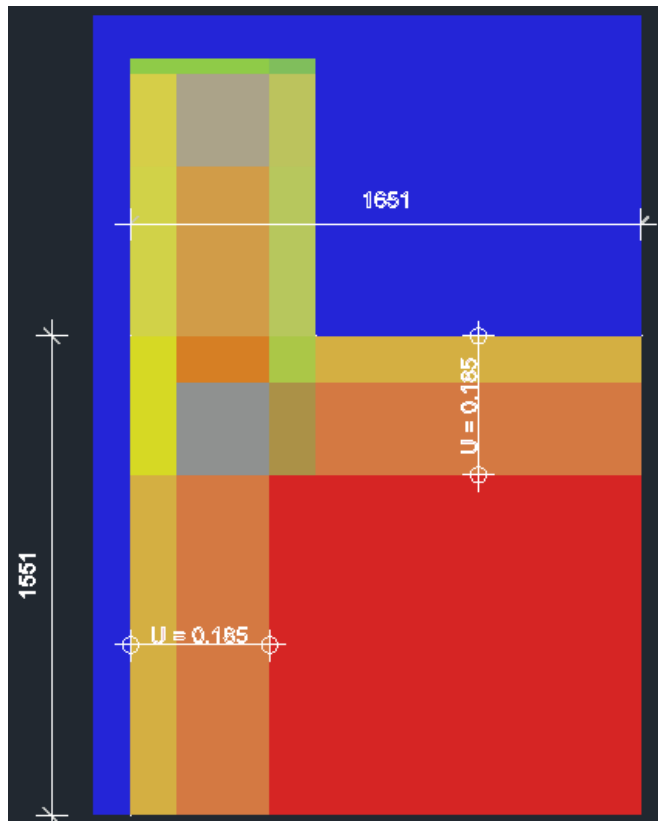
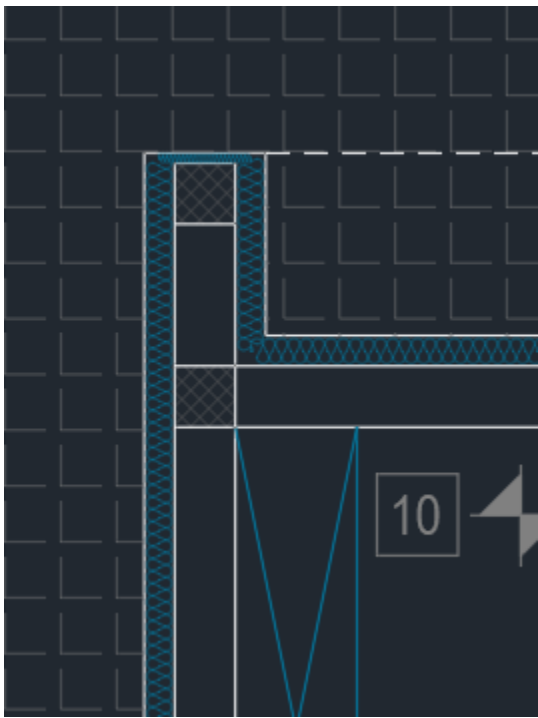
Osnovni podaci o toplinskim mostovima

#	7
Zona	Grijani prostori
Kotirski unos Ψ	Ne
Tip veze	Veza vanjskog zida i stolarije
Tip toplinskog mosta	W1
Ψ	$\Psi_e = 0$
l	53,80
$\Psi \times l$	0,00

?

Rekapitulacija rezultata

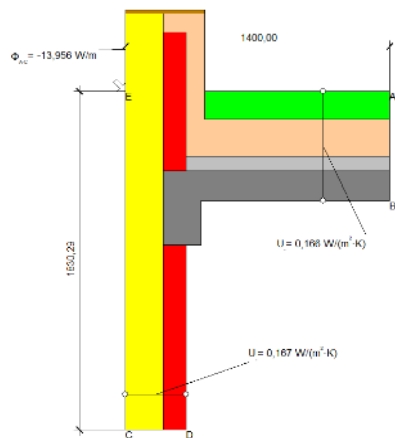
Silvio				Bojan		
Tip mosta prema HRN EN ISO 14683		ψ	$\psi \cdot l$		ψ	$\psi \cdot l$
Veza zida i balkona	B3	0,9	7,52	Analogni toplinski mostovi modelirani u CROPALU prema detaljima iz projekta	-0,013	-0,11
Veza vanjskih zidova (uglovi)	C1	-0,05	-1,05		-0,051	-1,07
Veza vanjskog zida i stropova (ravnih krovova)	R9	-0,05	-3,02		0,206	12,43
Veza vanjskih zidova (uglovi)	C5	0,05	1,23		0,029	0,71
Veza vanjskog zida i unutarnjih zidova	IW1	0	0,00		-0,035	-0,78
Veza vanjskog zida i stolarije	W1	0	0,00		0,016	0,86
UKUPNO			4,68			12,04



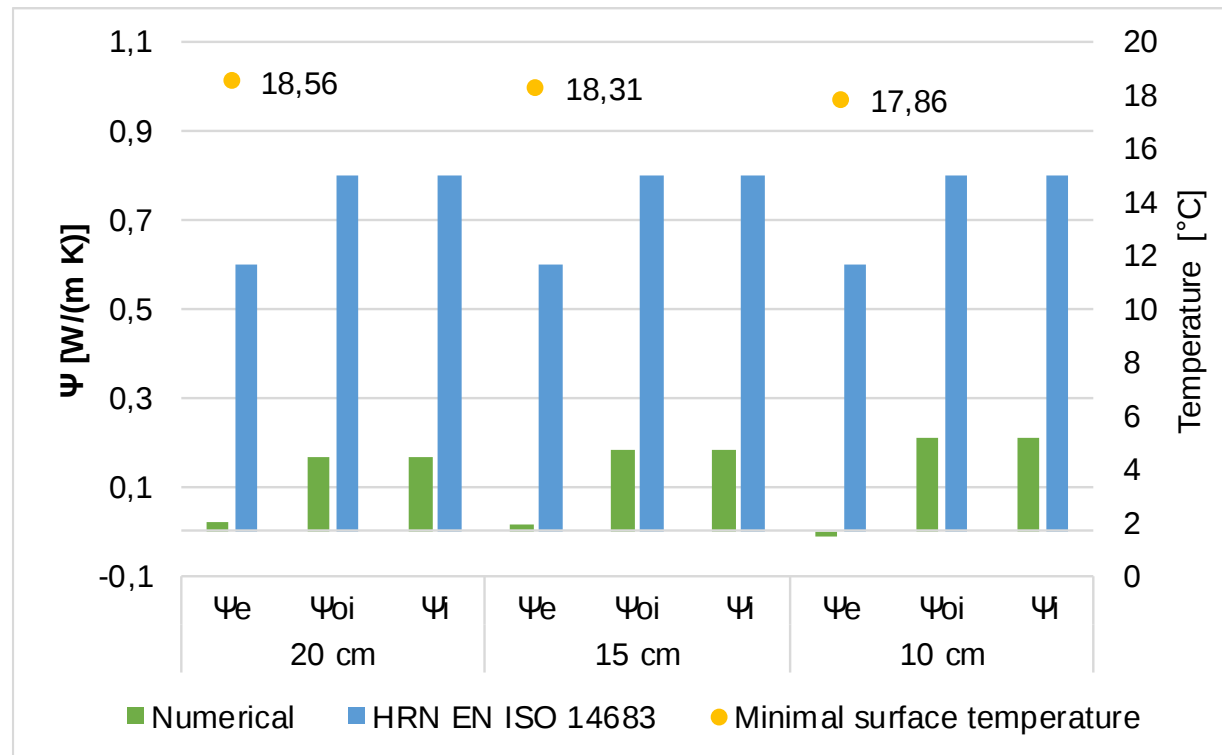
Room _i /Room _j	U-value [W/(m ² K)]	L [m]	ΔT [°C]	U × L [W/(m K)]
Interior/Exterior	0,185	1,551	20,000	0,287
Interior/Exterior	0,185	1,651	20,000	0,305
		Interior/Exterior	Ψ [W/(m K)] =	-0,035

Usporedba: numerički -> HRN EN ISO 14683

- **Detalj 1: atika ravnog krova**



$$f_{Rsi} = 0,91 - 0,94$$

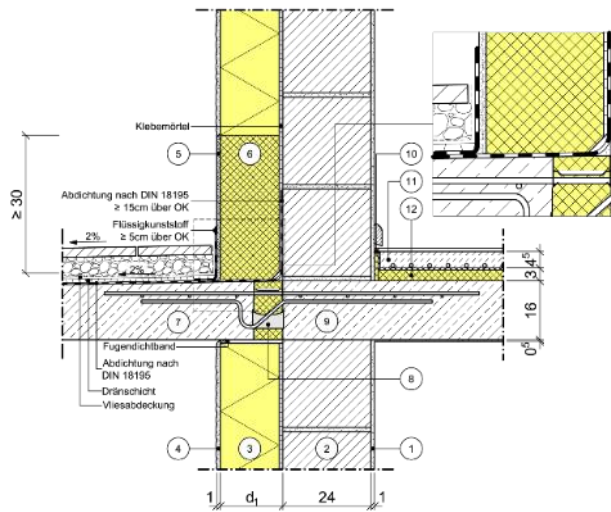


Zašto ne proračunavamo toplinske mostove?

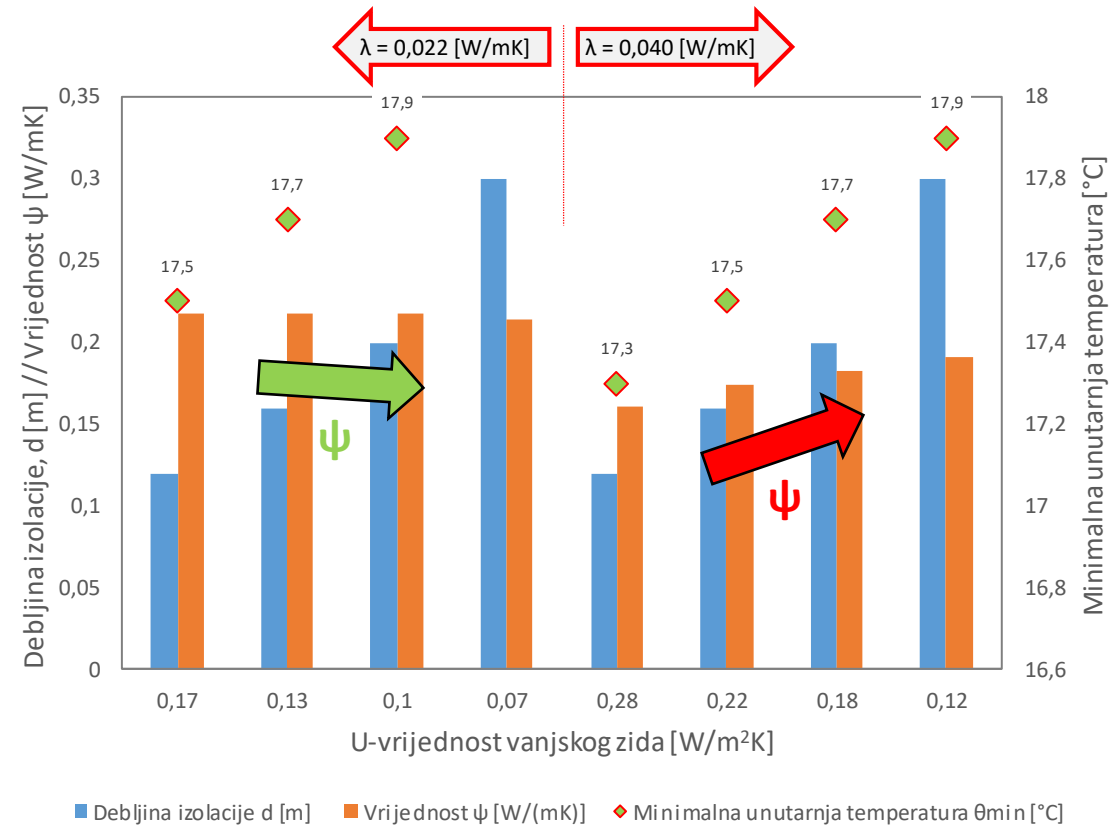
Cheap and tomorrow - approach!

Primjer:

- ovisnost debljine TI na ψ

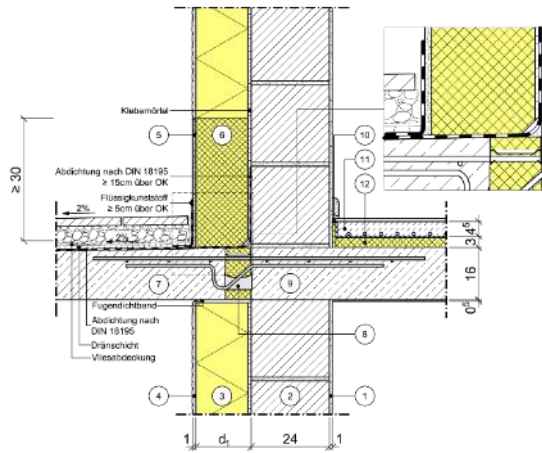


- Toplinska provodljivost izolacije λ
 - 0,022 [W/mK] (PIR)
 - 0,040 [W/mK] (MW)

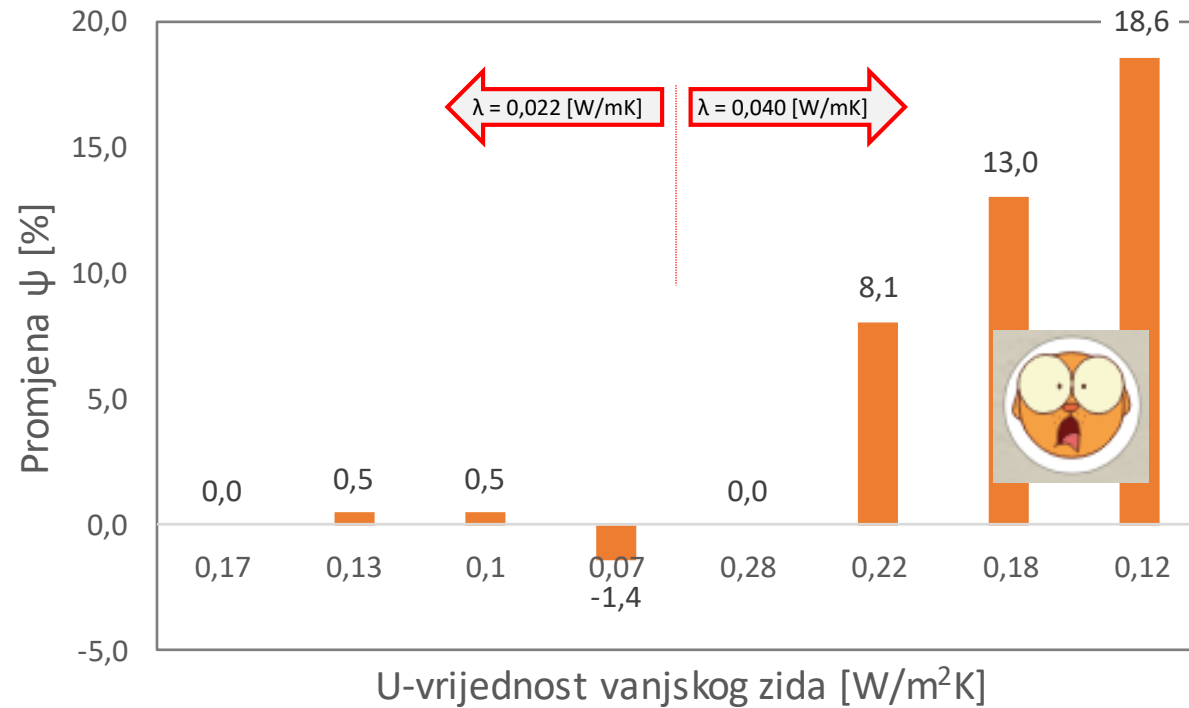


Primjer:

- ovisnost debljine TI na ψ



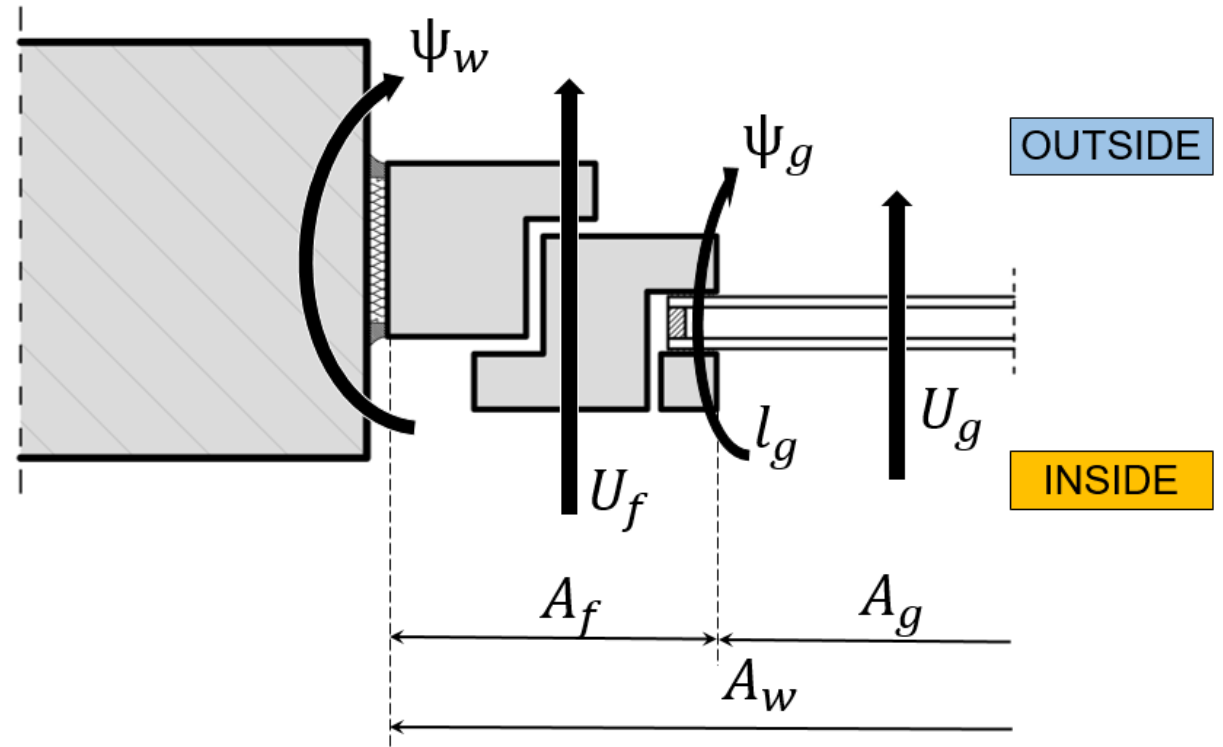
- Toplinska provodljivost izolacije λ
 - 0,022 [W/mK] (PIR)
 - 0,040 [W/mK] (MW)



Gubici topline kroz prozore

- Koeficijent prolaska topline prozora

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + \boxed{l_g \psi_g}}{A_g + A_f}$$



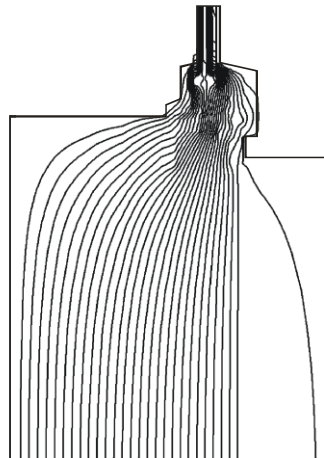
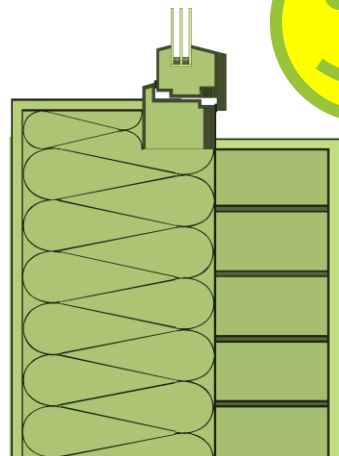
Prozori - Ugradnja prozora

Preporučena ugradnja



$$\Psi_{\text{install}} = 0.005 \text{ W/(mK)}$$

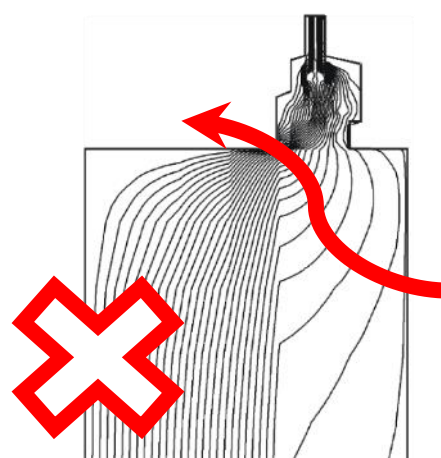
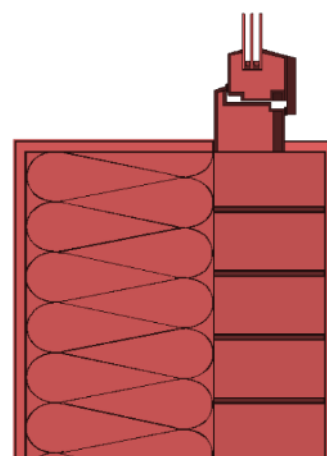
$$U_{w,\text{eff}} = 0.78 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



Ekstremno loša ugradnja

$$\Psi_{\text{install}} = 0.15 \text{ W/(mK)}$$

$$U_{w,\text{eff}} = 1.19 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$



Rub stakla

MALENA KOMPONENTA, VELIKI UTJECAJ!

- Važna za razmatranje
- Smanjuju gubitke energije po opsegu (rubu) dvostrukog (trostrukog ili četverostrukog) stakla,
- Smanjuje U_w – vrijednost prozora i fasada.

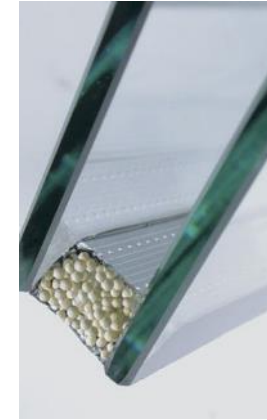
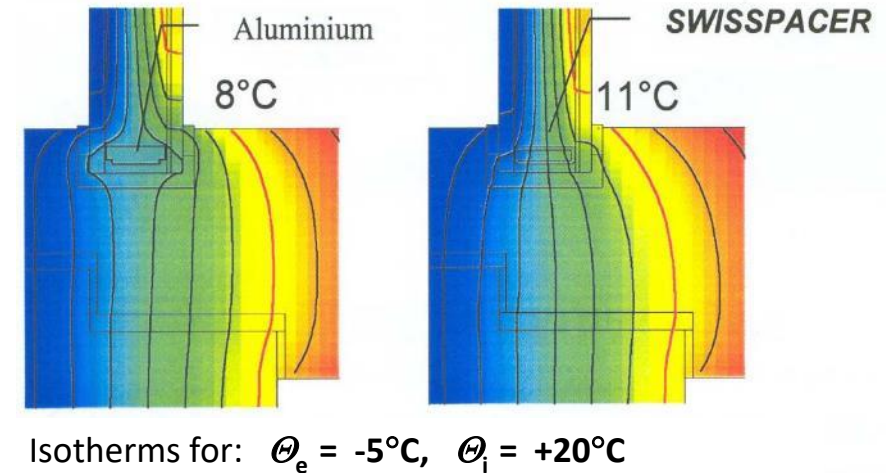
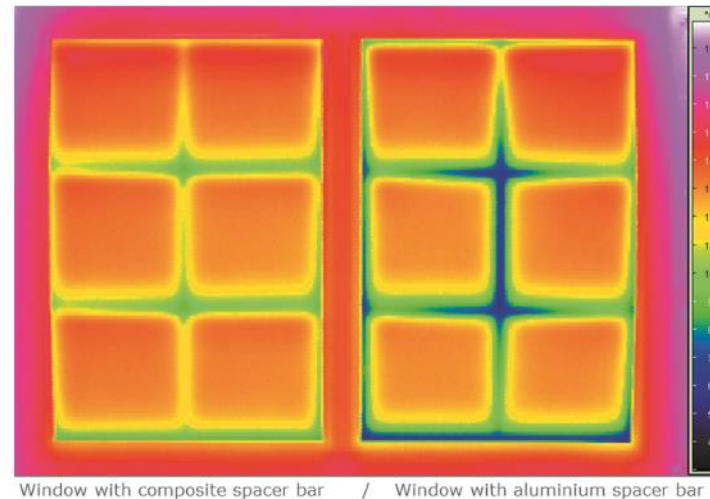
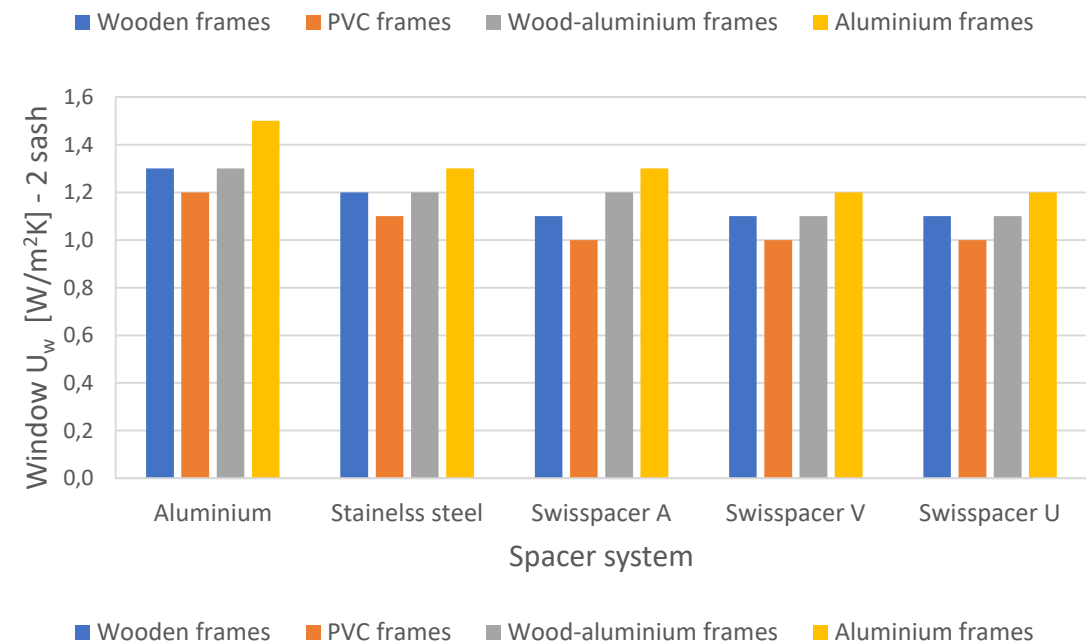
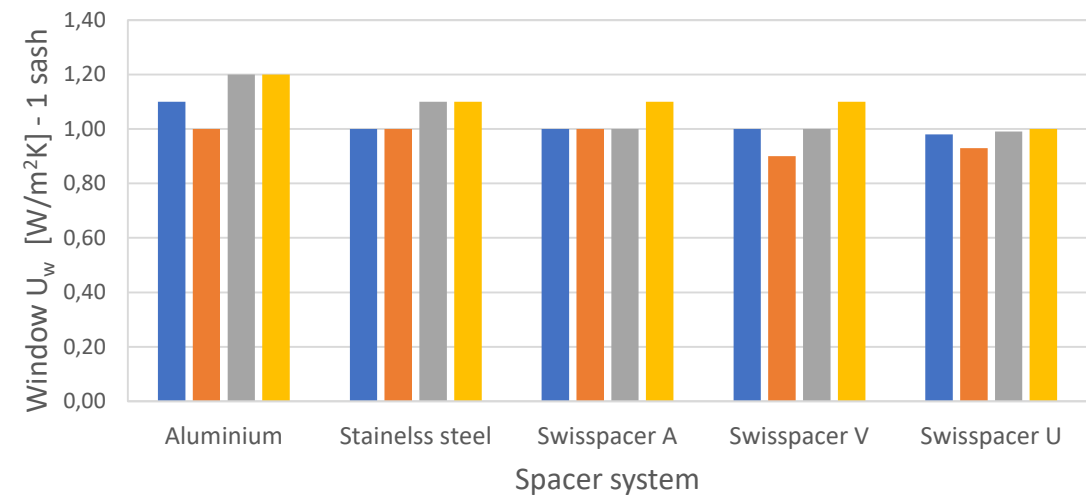
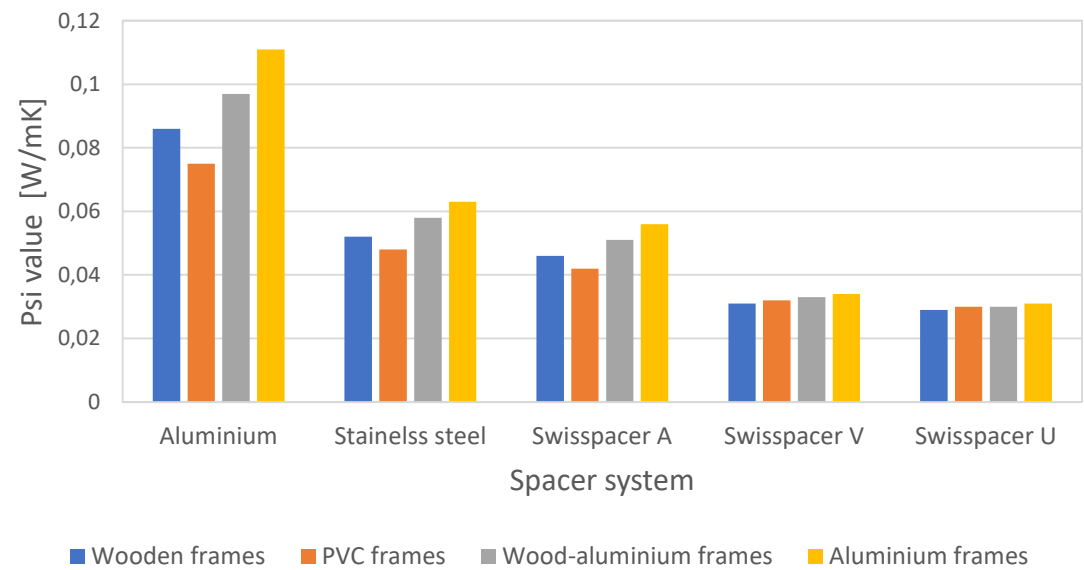


Image source:
• Swisspacer



Utjecaj ruba stakla

Data source:
• Swisspacer



Zrakopropusnost vanjske ovojnice



ALLISON A. BAILES III, PhD

A House Needs to Breathe... Or *Does It?*

An Introduction to Building Science



AIRTIGHT BUILDING...

but don't we need air?

How does this work?



Yes, we need air,
but **not by accident.**

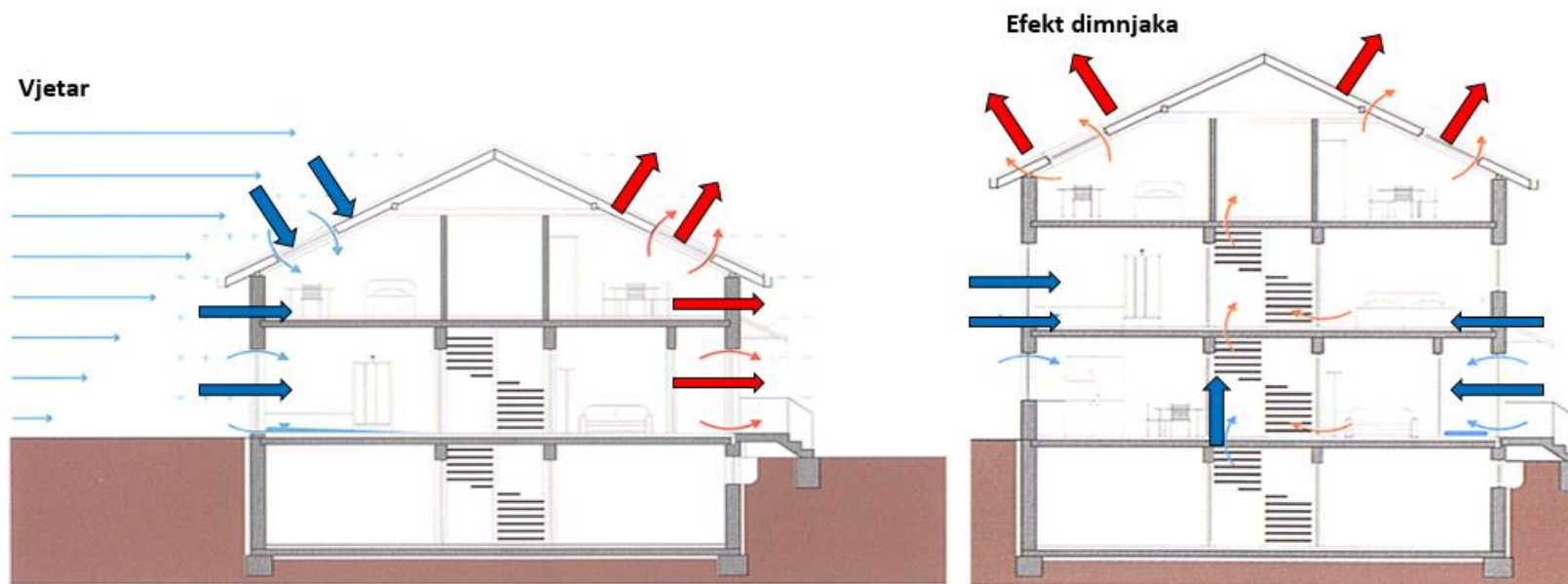




Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnicu zgrade

Zrakopropusnost vanjske ovojnice zgrade

- zapravo infiltracija unutrašnjeg toplog zraka koji izlazi iz zgrade ili ulazak hladnog vanjskog zraka u zgradu **kroz pukotine, šupljine i druga mjesta nastala slučajnim i nenamjernim propustima**, ali nikako kroz ventilacijski sustav zgrade.



Izvor: ebök Tübingen

Matija Antun Reljković

Satir iliti divji čovik (1762.)

XIII. OD GAZDALUKA STVOR KUĆA, MARVE DRŽANJE, ORANJE, KAZANI I DRUGA

Najpri: tebi kuća ne valjade, to vas svaki i od sebe znade;
jer iznutra niti baš izvana, nije ona ničim umazana,
neg izvana kroz brvna se vidi, kako starac u zapečku sidi;
pak se **ni ond' ne more ugri, jer pendžeri nisu zatvoriti,**
neg onako stoje odjazen i cile zime i cile jeseni.

Pustu šumu zalud pokvariste i na vatru kod kuće složiste.

Što u zimi ti drva navoziš, polovicu da u fati složiš,
mogao bi za novce prodati i srčali-pendžere kupiti,
pak bi bolje kroz srču vidio i **u sobi u toplu sidio,**
a ne bi se toliko mučio, neg bi laglje drvaca skučio.



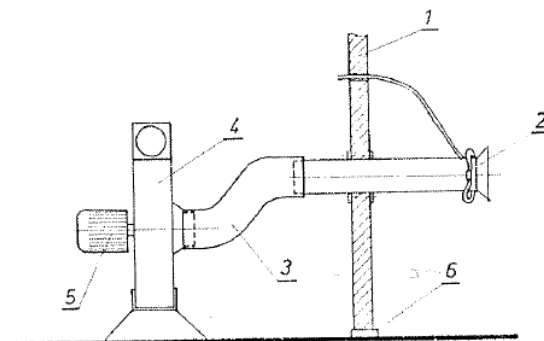
Što sad izmišljaju?

DK 697.1.697.9

Ukupno strana 4

JUGOSLOVENSKI STANDARD SA OBAVEZNO PRIMENOM od 1984-01-21	Toplotna tehnika u visokogradnji VAZDUŠNA PROPUSTLJIVOST STANA	J U S U.J5.100 1983.
Pravilnik br. 50—13656/1 od 1983-01-21; Službeni list SFRJ, br. 55/83.		
<i>Heat in bilding constructions. Ventilating balance of apartment</i>		
<i>Ovaj standard je nastao revizijom standarda JUS U.J5.100 iz 1975. godine.</i>		
1	Predmet standarda	Ovim standardom se utvrđuju metoda i postupak za merenje i ocenu vazdušne propustljivosti stanova.
2	Područje primene	Ovaj standard se primenjuje za terenska merenja vazdušne propustljivosti stanova u zgradama.
3	Definicija	Vazdušna propustljivost stana je količina vazduha koja u njega ulazi kroz građevinsku konstrukciju (pri zatvorenim otvorima brava na vratima, sifonima, priključcima na dimnjacima, ventilacionim kanalima itd.) pri potpritisaku od 50 Pa.
4	Uslovi kvaliteta	Najveća dozvoljena ventilacija (NDP) unutrašnjeg potpritisaka od 50 Pa sme iznositi dve izmene vazduha na čas.
5	Metoda ispitivanja vazdušne propustljivosti	5.1 Opšti uslovi merenja Vazdušna propustljivost se meri smanjivanjem pritiska u stanu za 50 Pa. To se postiže tako što se u ulazna vrata stana ugradi ventilator koji može isisati dovoljnu količinu vazduha za stvaranje potpritisaka od 50 Pa.

- 5.2.5 Utikači, prekidači i drugi strujni otvori kod cevne elektroinstalacije zaptivaju se na isti način.
Panel-ploča (zamena za ulazna vrata)
Pošto se u jednom krilu vrata pri pripremama za ispitivanje mora izraditi otvor za mernu cev, pri ispitivanju se dozvoljava da se umesto krila vrata ugradi panel-ploča koja potpuno zaptiva otvor za vrata u kojoj se izradi otvor za mernu cev.
Merna cev sa ventilatorom se ugrađuje prema slici 4.



Na slici je:

- 1 — panel-ploča
- 2 — merna cev
- 3 — savitljiva cev
- 4 — ventilator
- 5 — elektromotor
- 6 — zaptivka

Slika 4 — Ugradnja merne cevi sa ventilatorom

- 6 **Postupak**
Pošto se zatvore ulazna vrata, odnosno zamene panel-pločom, uključuje se ventilator pri zatvorenom prigušnom elementu. Zatim se prigušni element otvara sve dok potpritisak u stanu ne dostigne iznos od 50 Pa. Ovakvo stanje održava se 5 min i zatim izmeri protok vazduha.
Postupak se ponavlja još dva puta, pod uslovom da se pre merenja unutrašnji i spoljni pritisak izjednače.
- 7 **Broj ispitivanja**
7.1 **Izbor stanova**
Stanovi koji se ispituju po ovom standardu određuju se ždrebom.
7.2 **Broj stanova koji se određuje ždrebom**
Ako zgrada ima manje od pet stanova istog tipa, ždrebom se određuje jedan stan, iznad deset stanova određuje se na svakih deset stanova po jedan i na celokupni nedeljivi ostatak jedan stan.

METODOLOGIJA PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA ZGRADA 2021

- Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju NN 90/2020 **uveo je potrebu upisa izmjerenih vrijednosti zrakopropusnosti u energetske certifikate za izgrađene nove i rekonstruiranje postojeće zgrade.**

5.4.5. Gubici infiltracijom

Izmjereni broj izmjena zraka kod razlike tlaka od 50 Pa n_{50} [h⁻¹], kao rezultat ispitivanja zrakopropusnosti, **je obvezan podatak prije konačnog izdavanja energetskog certifikata** za:

- nove zgrade,
- rekonstruirane postojeće zgrade:
 - ☐ zgrade koja se grije na temperaturu višu od 12 °C, te se dograđuje i/ili nadograđuje prostorom korisne površine grijanog dijela zgrade AK za više ili jednako 50 m²,
 - ☐ negrijane zgrade ili negrijani dio zgrade prenamjenjuje se u prostor korisne površine grijanog dijela zgrade AK veće ili jednako 50 m² koja se grije na temperaturu višu od 12°C.

Za zgrade kod kojih je izmjeren protok zraka pri razlici tlaka od 50 Pa potrebno je odrediti ispunjenje uvjeta (ovisno o tome ima li zgrada ugrađenu mehaničku ventilaciju ili nema).

GRAĐEVINSKI DIJELOVI ZGRADE

Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H'_{tr,adj}$ [W/(m²K)]

KOEFICIJENT PROLASKA TOPLINE

U [W/(m²K)]²

U_{dop} [W/(m²K)]

Ispunjeno

Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu

☐ DA ☐ NE

Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu

☐ DA ☐ NE

Zidovi prema tlu, podovi prema tlu

☐ DA ☐ NE

Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže

☐ DA ☐ NE

Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0°C

☐ DA ☐ NE

Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja

☐ DA ☐ NE

Vanjska vrata s neprozirnim krilom

☐ DA ☐ NE

Zidovi i stropovi između samostalnih uporabnih celina zgrade

☐ DA ☐ NE

Broj izmjena zraka kod razlike tlakova od 50 Pa izmjernog prilikom ispitivanja zrakopropusnosti prema važećem TPRUETZZ na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prije tehničkog pregleda zgrade, n_{50} [h⁻¹]

PODACI O TEHNIČKIM SUSTAVIMA ZGRADE

Način grijanja zgrade

☐ lokalno ☐ centralno ☐ nema
☐ etažno

Način pripreme potrošne tople vode

☐ lokalno ☐ centralno ☐ nema

Izvor energije za grijanje zgrade

☐ prirodni plin ☐ ukapljeni naftni plin ☐ nema
☐ loživo ulje ☐ električna energija
☐ drvo (cjepanice) ☐ drvena biomasa
☐ daljinski izvor ☐

ZRAKOPROPUSNOST ZGRADE - PROPISI

- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama ([NN 128/15](#), [70/18](#), [73/18](#), [86/18](#), [102/20](#)):

...

Članak 30.

- (1) Ispunjavanje zahtjeva o zrakopropusnosti iz odredbi članka 26. stavaka 1., 3., i 4. ovoga propisa dokazuje se ispitivanjem na izgrađenoj novoj ili rekonstruiranoj postojećoj zgradi prema [HRN EN ISO 9972:2015](#), metoda određivanja 1, prije tehničkog pregleda zgrade.

...

- (3) **Obvezna primjena** zahtjeva iz stavka 1. ovoga članka odnosi se **na zgrade gotovo nulte energije** i zgrade koje se projektiraju na:
 - $Q''_{H,nd} \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ °C}$ prema podacima iz Meteoroloških podataka, odnosno
 - $Q''_{H,nd} \leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3 \text{ °C}$ prema podacima iz Meteoroloških podataka.

ZRAKOPROPUSNOST ZGRADE - PROPISI

Za razliku tlakova od 50 Pa, izmjereni protok zraka, sveden na obujam unutarnjeg zraka, ne smije biti veći od vrijednosti:

- $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada bez mehaničkog uređaja za ventilaciju, odnosno
- $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$ kod zgrada s mehaničkim uređajem za ventilaciju.

**BUILD TIGHT VENTILATE
RIGHT!**

n_{50} je broj izmjena zraka u jednom satu pri razlici tlakova od 50 Pa u odnosu na obujam unutarnjeg zraka.

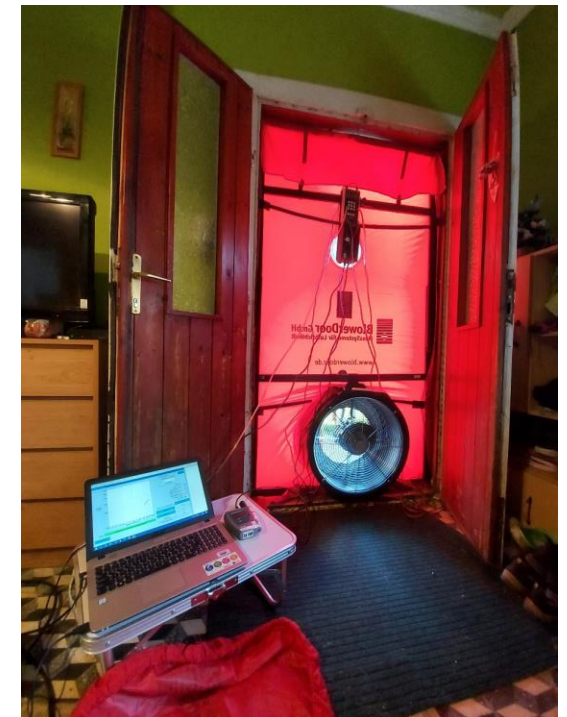
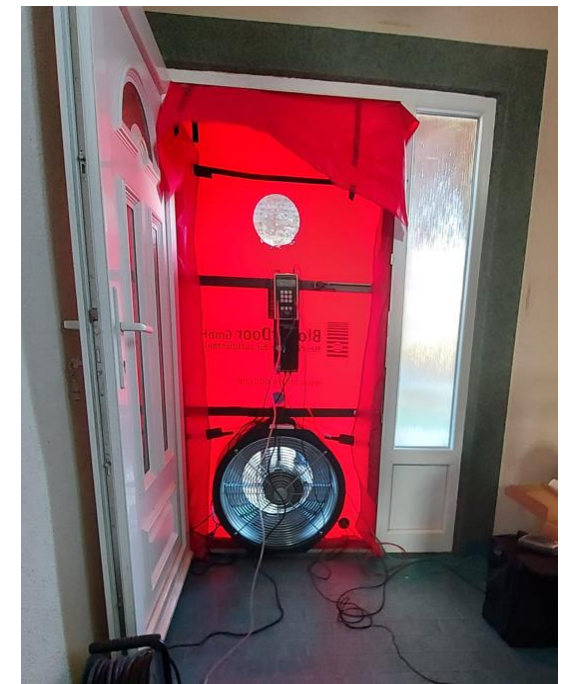
Članak 31.

- (1) Za stambene zgrade koje imaju više od jednog stana zahtjevi iz članka 26., 27., 28., 29. i 30. ovoga propisa **moraju biti ispunjeni za svaki stan**.
- (2) Za nestambene zgrade zahtjevi iz članka 26., 27., 28., 29. i 30. ovoga propisa odnose se na ovojnicu grijanog dijela zgrade.

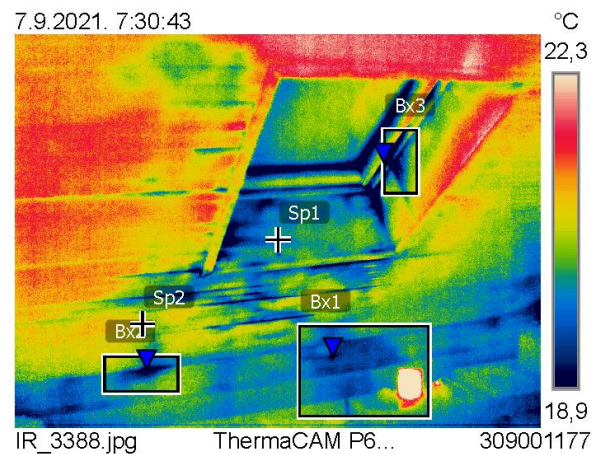


Rezultati - zrakopropusnost

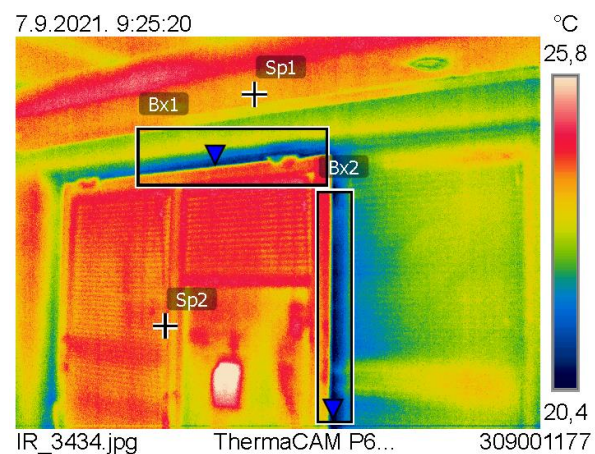
Location	underpressure (n_{50})	overpressure (n_{50})	Average (n_{50})
Totovec	5,71	5,92	5,82
Ivanovec	3,06	2,22	2,64
Palovec	1,99	1,88	1,94
Mursko Središće	7,87	9,63	8,75
Kotoriba	8,30	8,50	8,40
Lenti	9,52	13,59	11,56
Muraszemenye	7,25	7,20	7,23
Nagykanizsa	8,30	8,50	8,40
Tornyiszentmiklós	4,23	4,13	4,18
Vaspör	5,01	4,69	4,85



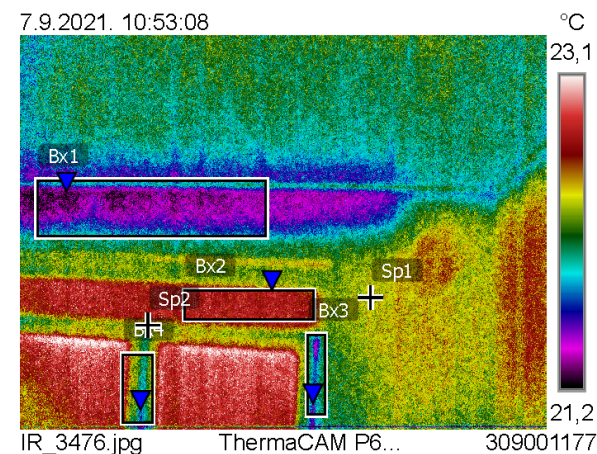
Totovec



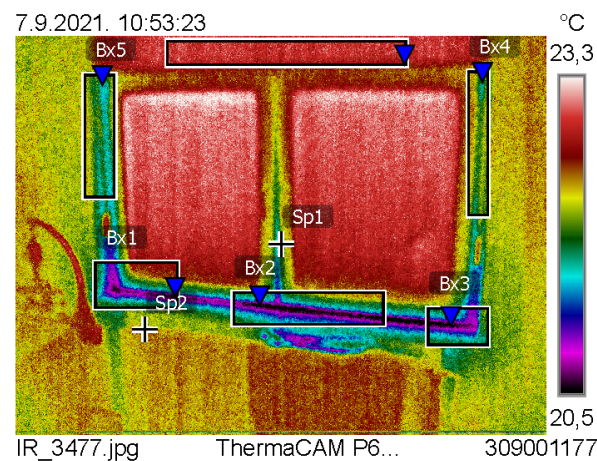
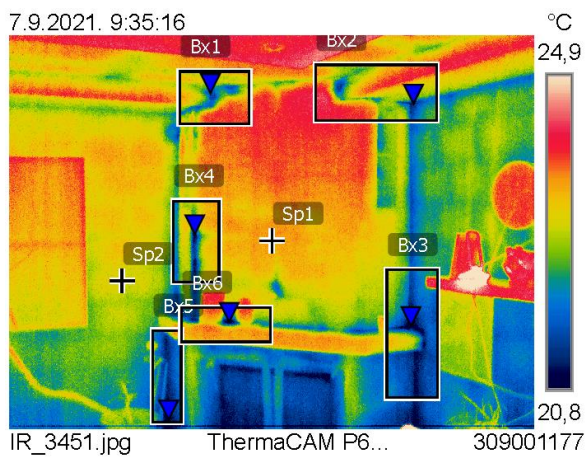
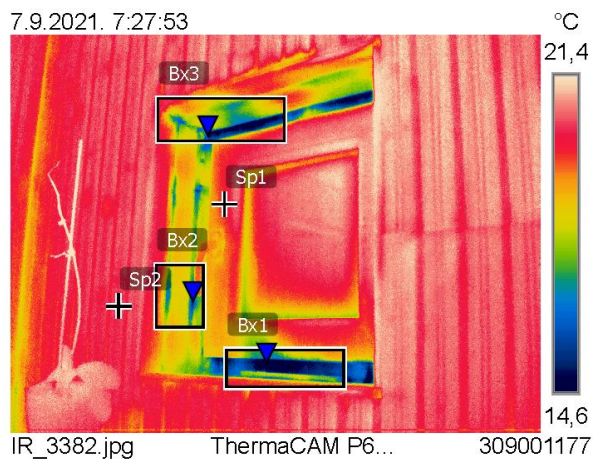
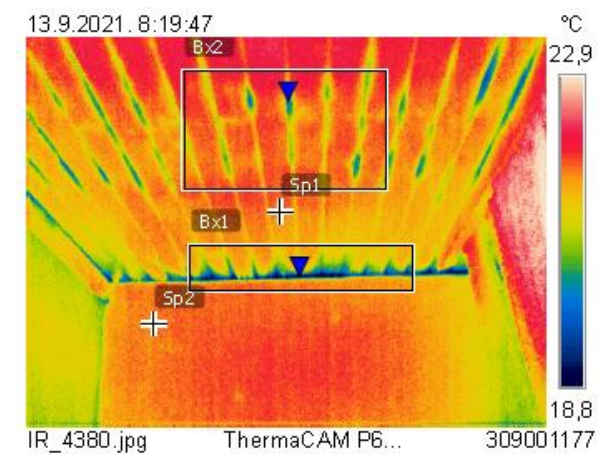
Ivanovec



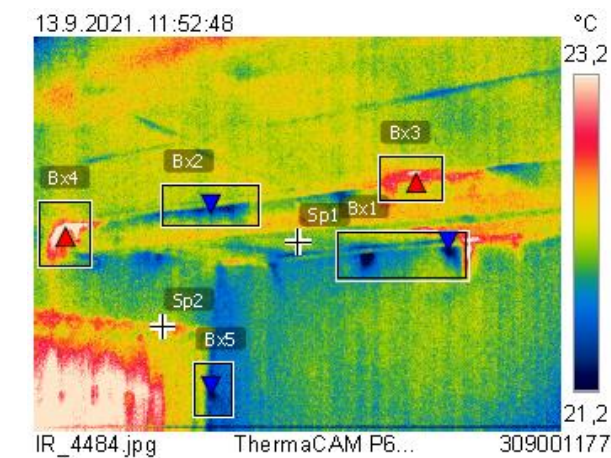
Palovec



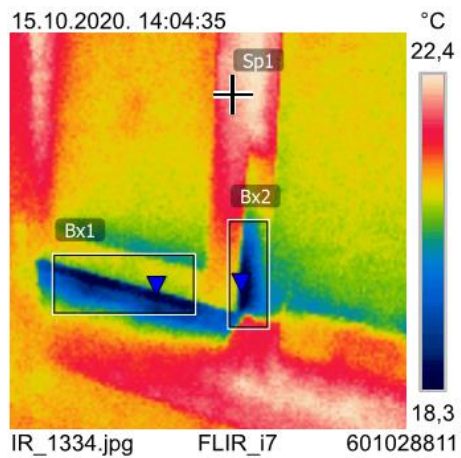
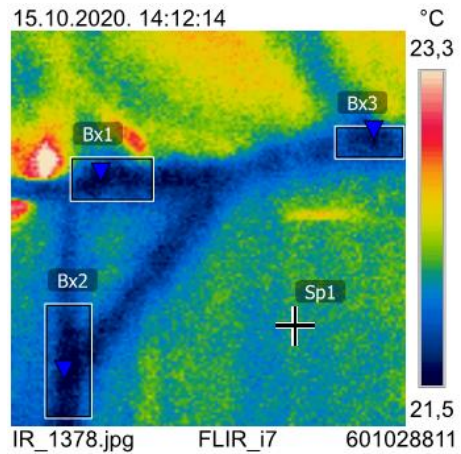
Mursko Središće



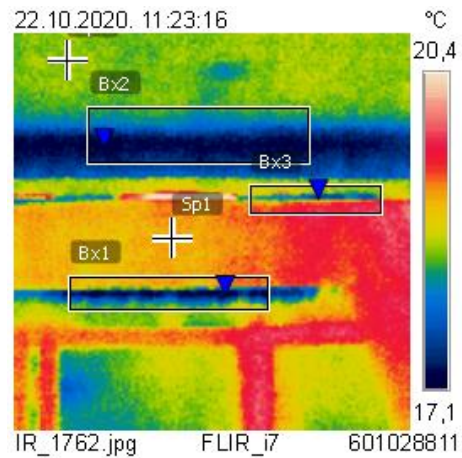
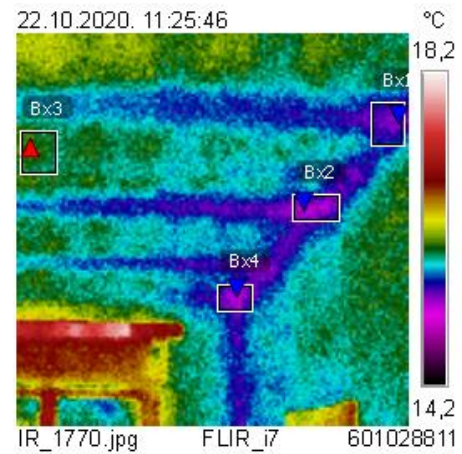
Kotoriba



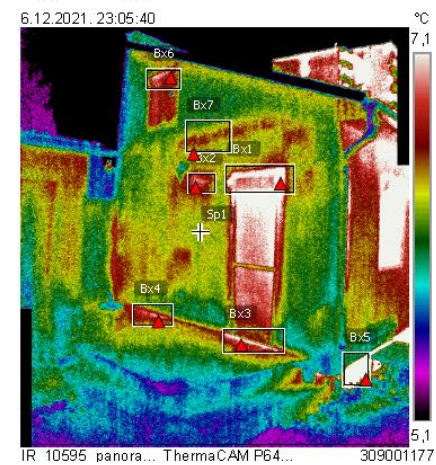
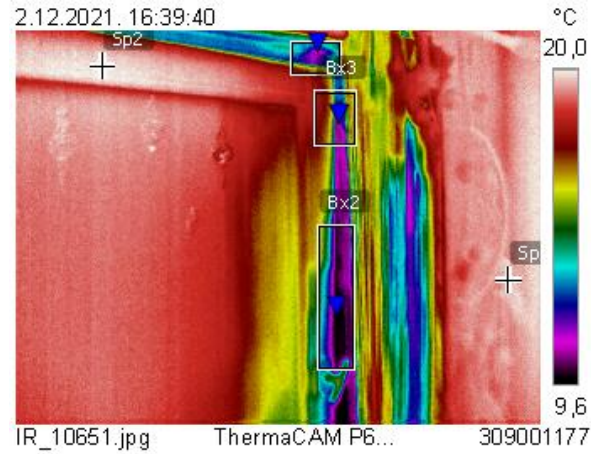
Lenti



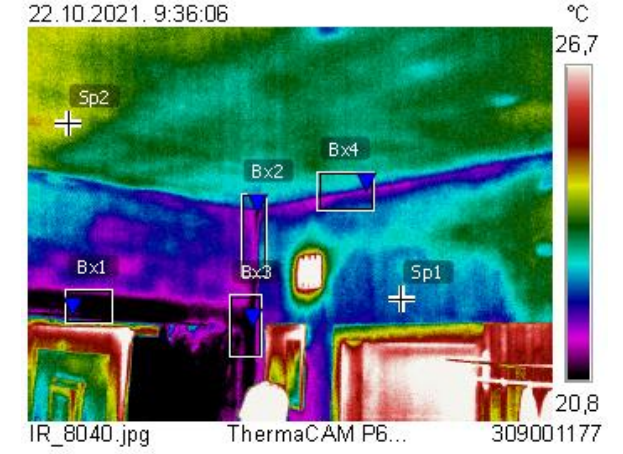
Muraszemenye



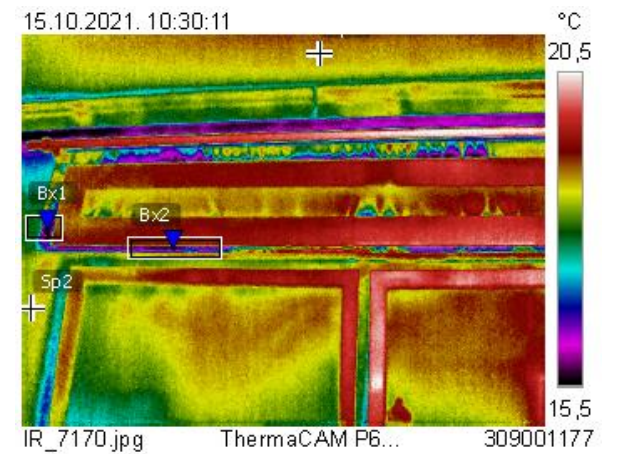
Nagykanizsa



Tornyiszentmiklós



Vaspör



METODOLOGIJA PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA

ZGRADA 2021 - Procjena n50

- za sve ostale zgrade kod kojih nije potrebno mjeriti broj izmjena zraka pri razlici tlaka od 50 Pa, kao broj izmjena zraka pri razlici tlaka od 50 Pa računa se, kao što je prikazano u primjeru 5.30., odnosno prema tablici 5-25., ukoliko drugi podaci nisu dostupni.
- izračun prema HRN EN 13465:2004

EN 13465:2004 (E)

Table A.1 — Basic whole building air leakage values n_{50} for different building construction types and correction values for individual leakage criteria items

Construction type Leakage value	Timber frame insulated low rise $n_{50}[h^{-1}]$	Brick and block low rise $n_{50}[h^{-1}]$	Concrete/curtain wall high rise $n_{50}[h^{-1}]$
Basic leakage	3	8	3
Leakage item adjustment:			
Poor joint sealing	---	---	+5
No polyethylene barrier	+3	+3	---
Basement/Crawl space/suspended floor	+1	+1	---
Open flue	+1	+1	+1
Complex (non-rectangular floor plan)	+1	+1	+1
Non-weather-stripped windows and doors	+1	+1	+1
Unsealed service penetrations	+1	+1	+1
Ducted air circulation	+2	+2	+2
Semi-detached	-0,5	-1	---
Centre row/terrace	-1	-2	---
Cavity wall insulation	---	-1	---
Plastered/rendered walls	---	-1	-1
Gasketed window/door frames	-1	-1	-1

NOTE Method A is only applicable to buildings with an overall leakage of $n_{50} > 2,0$.

Tablica 5-25 Ventilacijski gubici zgrade pri razlici tlakova od 50 Pa.

Opis dijela zgrade koji utječe na zrakopropusnost zgrade	Drvena skeletna konstrukcija, niska izgradnja	Zidana konstrukcija, niska izgradnja	Betonska konstrukcija / ostakljena pročelja, visoka izgradnja
	[h ⁻¹]		
Osnovna zrakopropusnost	3	8	3
Loše brtvljenje spojeva	0	0	5
Bez vjetrovne brane	3	3	0
Negrijani podrum/pod s međuprostorom	1	1	0
Otvoreni dimnjaci	1	1	1
Razvedeni tlocrt	1	1	1
Nezabrtvljeni prozori i vrata	1	1	1
Nezabrtvljeni prodori instalacija	1	1	1
Ventilacijski kanali	2	2	2
Polu-ugrađena zgrada	-1	-1	0
Ugrađena zgrada	-1	-2	0
Izolacija u šupljini konstrukcije	0	-1	0
Žbukani zidovi	0	-1	-1
Brtvljeni prozori / vrata	-1	-1	-1

Algoritam za proračun potrebne en. za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790 - Procjena n50

Tablica 1.5 (DIN V 18599-2) Proračunske vrijednosti n_{50} za netestirane zgrade

Kategorije za općenito određivanje zrakopropusnosti zgrade	Proračunske vrijednosti za n_{50} [h ⁻¹]
I	a) 2 ; b) 1
II	4
III	6
IV	10

Kategorija I:

Zgrade kojih se testiranje zrakopropusnosti izvodi nakon završetka zgrade

- a) zgrade bez HVAC sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 3 \text{ h}^{-1}$)
- b) zgrade sa HVAC sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 1.5 \text{ h}^{-1}$)

Kategorija II:

Zgrade, ili dijelovi zgrada koje će tek biti završene, za koje se ne planiraju raditi testiranja zrakopropusnosti

Kategorija III :

Zgrade koje ne spadaju u kategorije **I**, **II** ni **IV**

Kategorija IV :

Zgrade s očitim otvorima kroz koje slobodno ulazi zrak, kao što su pukotine u ovojnici zgrade.

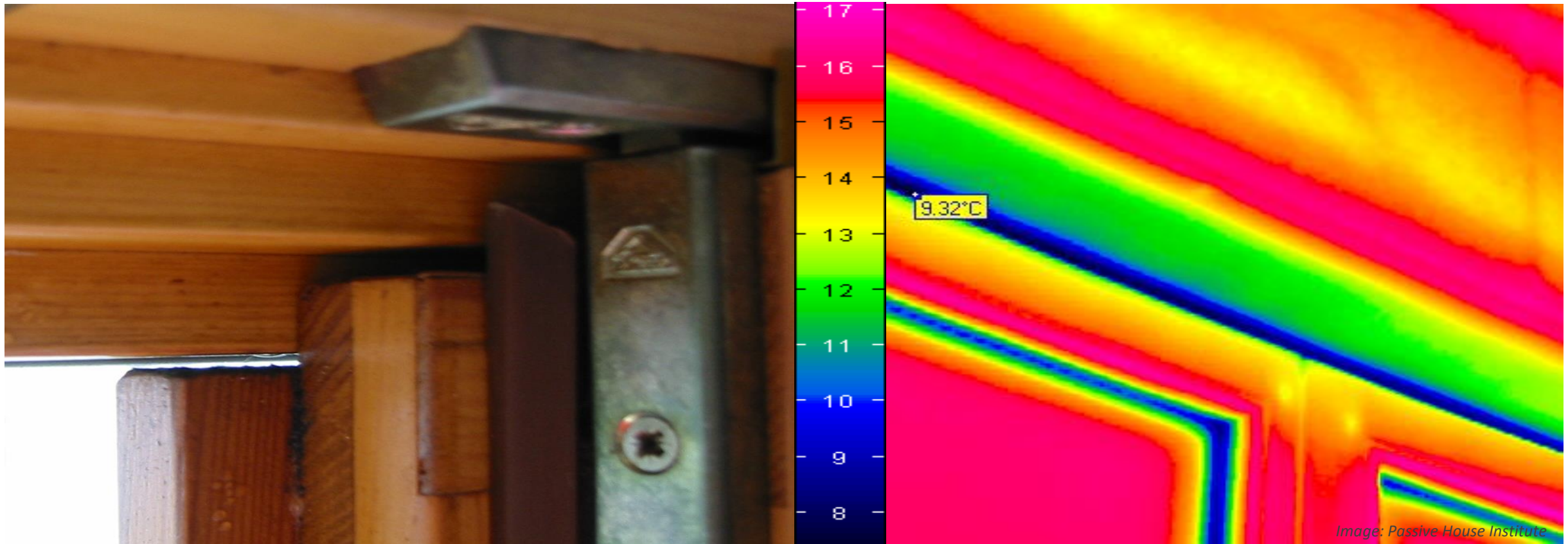
Lokacija	Mjereno – srednja (n ₅₀)	Procjena prema Metodologiji tabl. 5-25	Tablica 5-25 Ventilacijski gubici zgrade pri razlici tlakova od 50 Pa.	Procjena prema Algoritmu
Totovec	5,82	8+1+1+1-1 = 10	Zidana konstr (8) + negr. podrum (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Ivanovec	2,64	8+1+1+1+1+1-1 = 12	Zidana konstr (8) + negr. podrum (1) + razvedeni tlocrt (1) + otvoreni dimnjak (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Palovec	1,94	8+1+1+1-1 = 10	Zidana konstr (8) + negr. podrum (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Mursko Središće	8,75	8+3+1+1+1-1 = 13	Zidana konstr (8) + bez vjetrovne brane (3) + negr. podrum (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	10
Kotoriba	8,40	8+1+1-1 = 9	Zidana konstr (8) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	10
Lenti	11,56	8+0+1+1-1 = 9	Zidana konstr (8) + loše brtvljenje spojeva (0) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Muraszeme nye	7,23	8+1+1-1 = 9	Zidana konstr (8) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Nagykanizsa	8,40	3+0+1+1+1-0-1 = 5	Drvena skeletna (3) + loše brtvljenje spojeva (0) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Tornyiszent miklós	4,18	8+1+1+1-1-1 = 9	Zidana konstr (8) + negr. podrum (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6
Vaspör	4,85	8+1+1+1-1 = 10	Zidana konstr (8) + negr. podrum (1) + nezabrtvljeni prozori i vrata (1) + nezabrt. prodori instalacija (1) – žbukani zidovi (-1)	6



ZRAKOPROPUSNOST

- Tijekom energetske obnove starih zgrada, **preporuča se poboljšati i zrakonepropusnost.**
- **Bolja razina zrakonepropusnosti uvijek ide ruku pod ruku s načinom ventilacije prostora - po mogućnosti ugradnjom ventilacijskog sustava s mehaničkim povratom topline.**
- Ako se to zanemari, smanjuje se kvaliteta zraka u prostoru.
- ako se vlaga koju stvaraju stanari ne izventilira, može doći do vrlo visoke RH zraka,
 - povećan rizik od rasta plijesni na toplinskim mostovima.
 - Pri RH zraka od 60%, rast plijesni može se dogoditi na površinskim temperaturama ne višim od 15,5 ° C.
 - Takve se površinske temperature često javljaju u starim zgradama s malo ili nimalo izolacije.

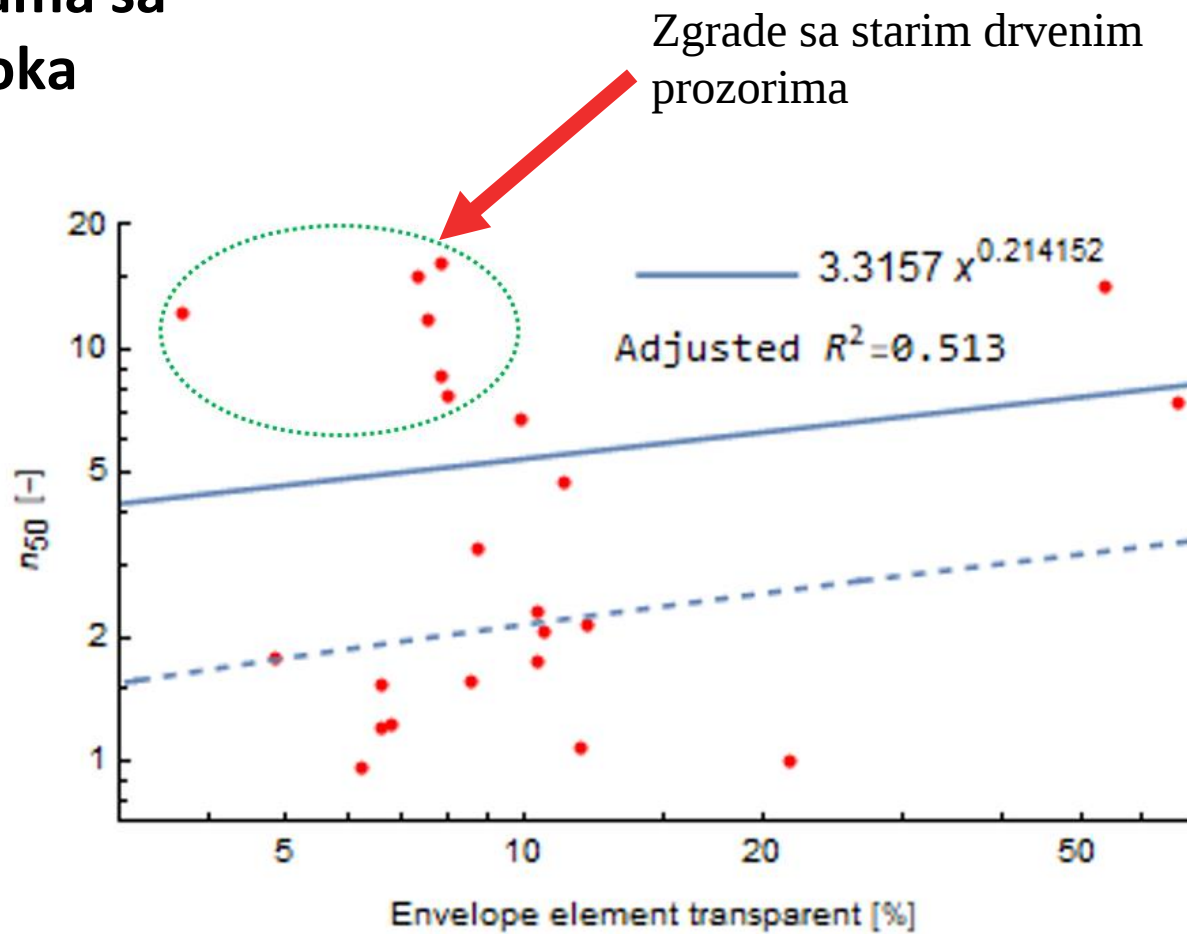
ZRAKONEPROPUSNOST - PRONALAZENJE MJESTA PROPUŠTANJA



ZRAKOPROPUSNOST

- Primjer analize rezultata ispitivanja n_{50} na zgradama u Hrvatskoj

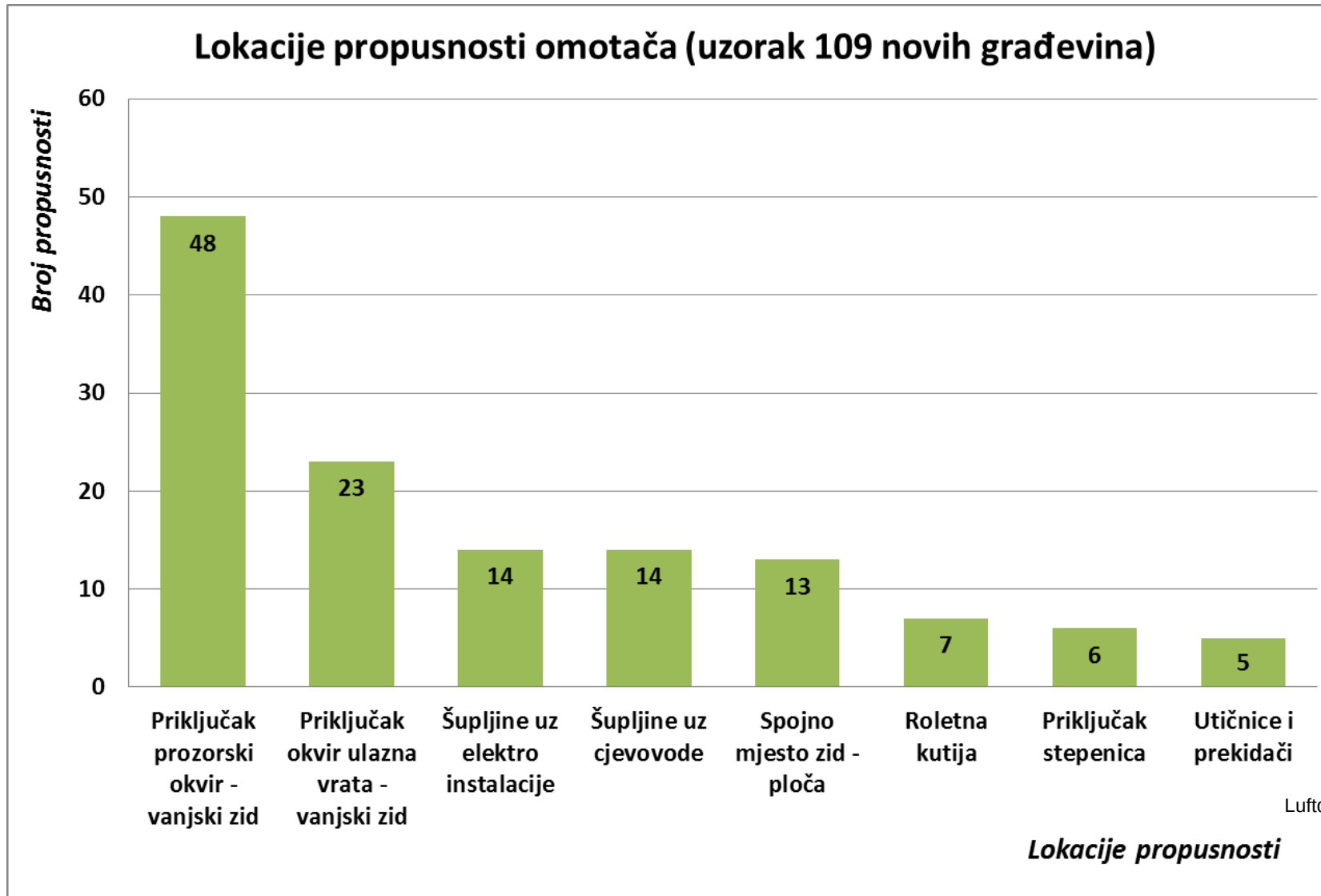
- **Zrakopropusnost u zgradama sa starim prozorima vrlo visoka**



- Ventilacijski gubici infiltracijom česti su u starim zgradama s visokom zrakopropusnosti.
- Gubici topline zbog infiltracije mogu se **kretati od 20 do 50 kWh/m²a u starim zgradama.**
 - [Izvor: Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings – A handbook; Edited by Alexandra Troi, Eurac research, and Zeno Bastian, Passive House Institute; Birkhäuser, Basel, 2015]

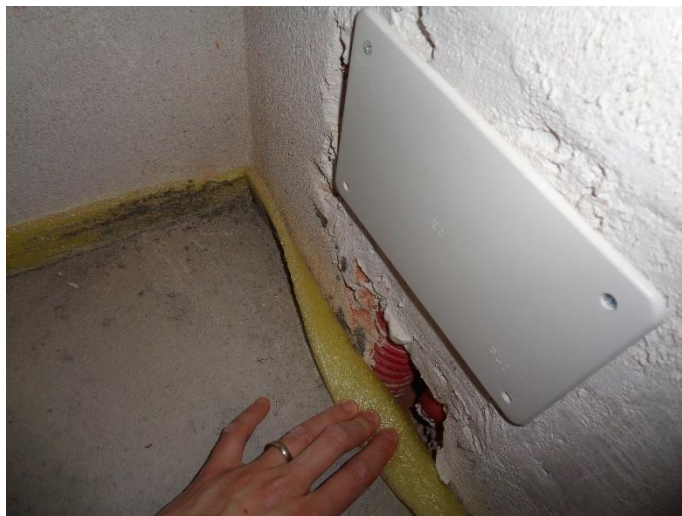


UOBIČAJENE LOKACIJE PROPUŠTANJA



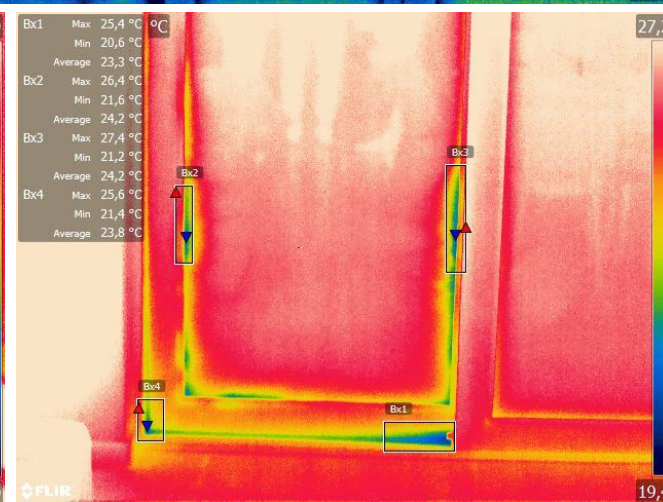
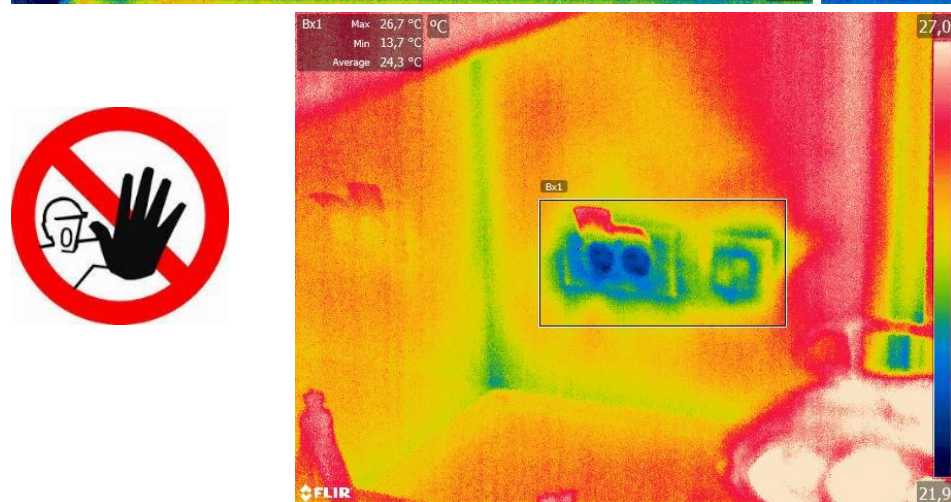
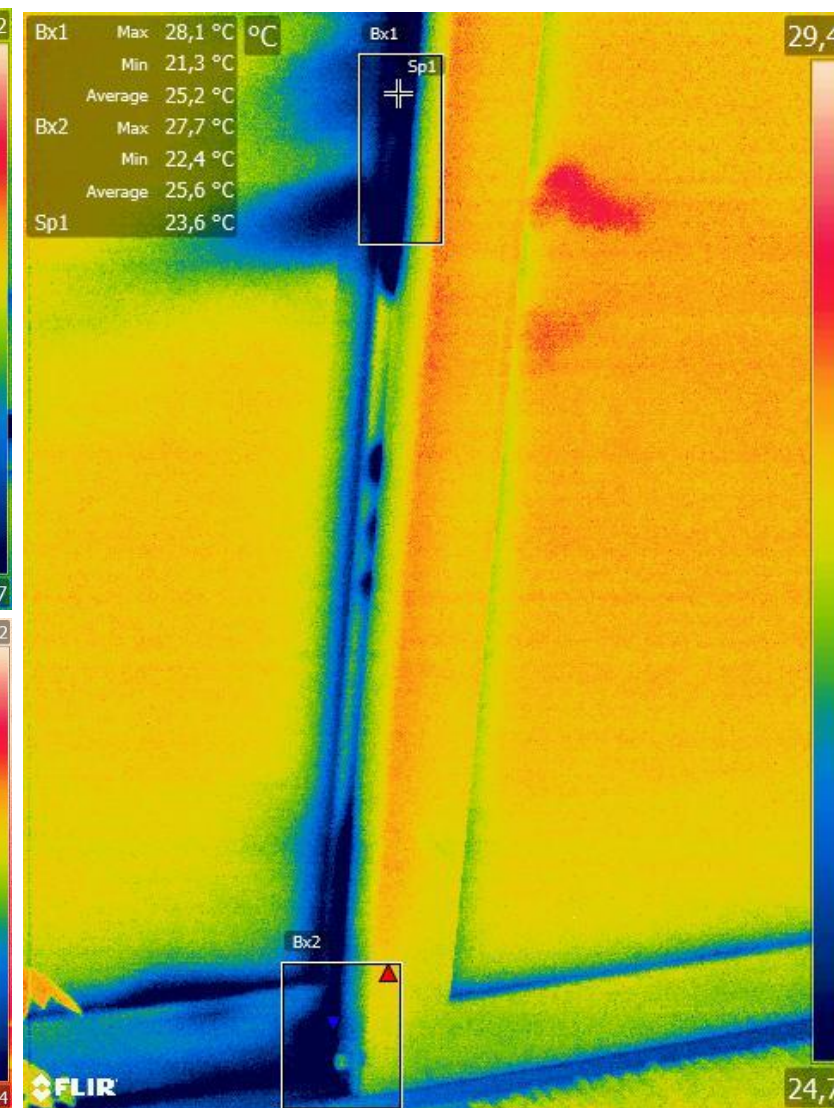
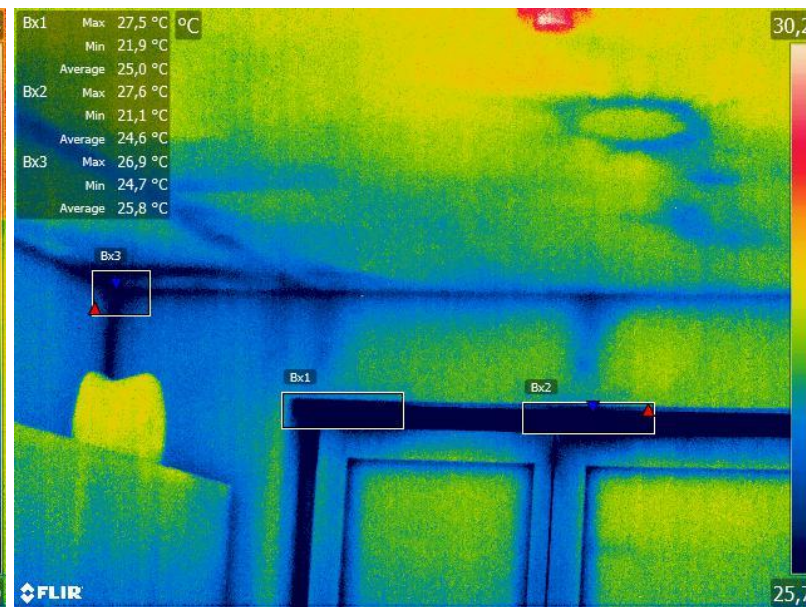
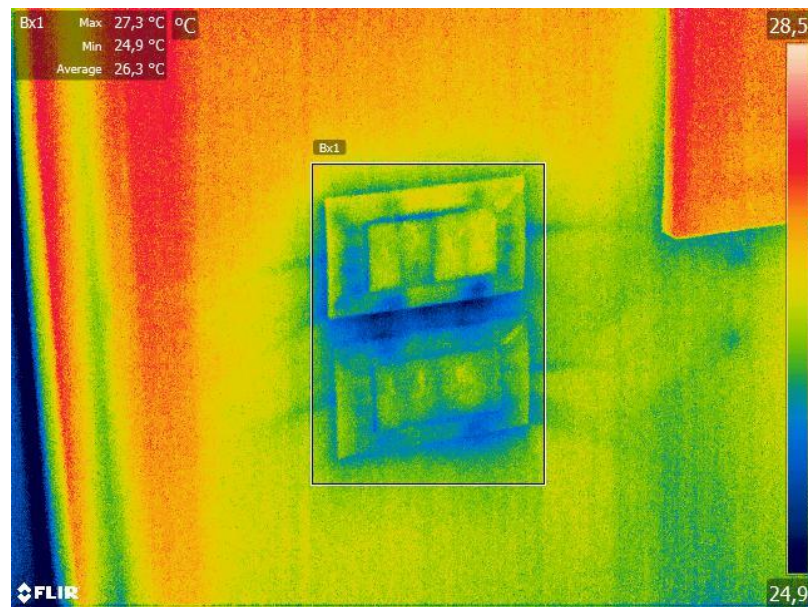
Izvor:
H. Böhmer, T. Brinkmann-Wicke, et al.
Luftdichtheitsmessung in der Praxis: Für Neubauten und energetische
Gebäudemodernisierungen
von Hannover Institut für Bauforschung e.V. (Herausgeber),

Primjeri **zrakopropusne** ovojnice

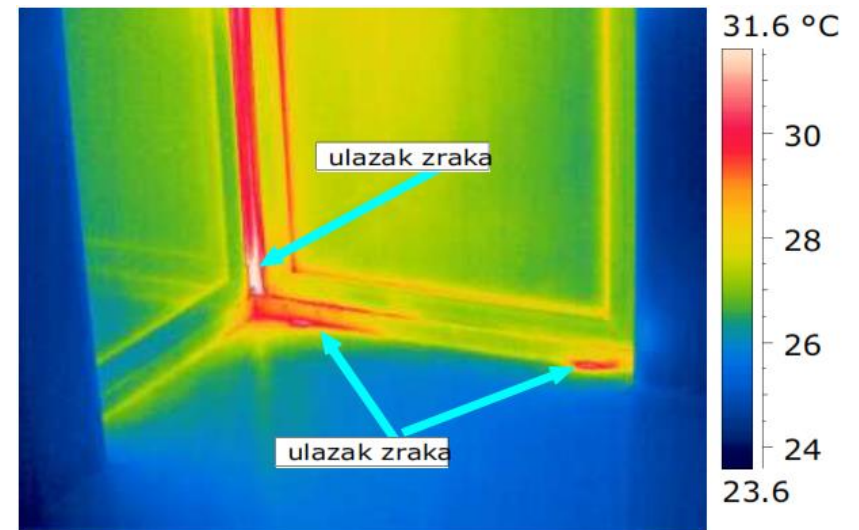
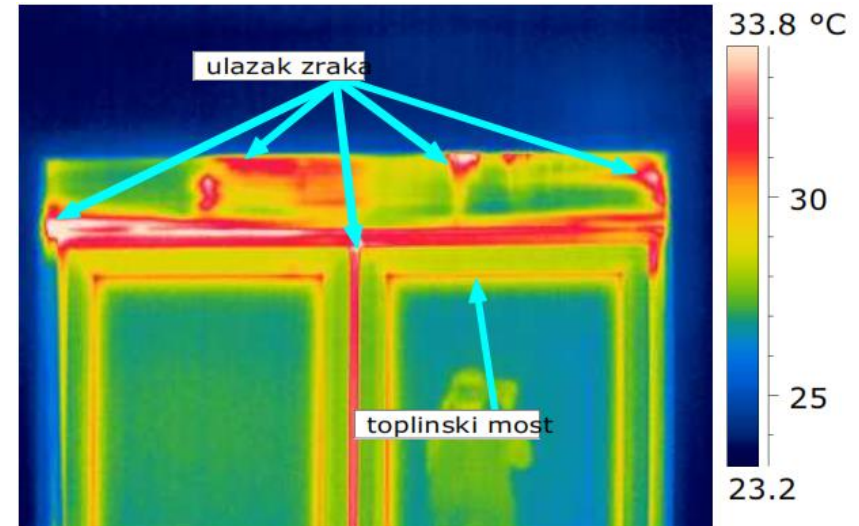
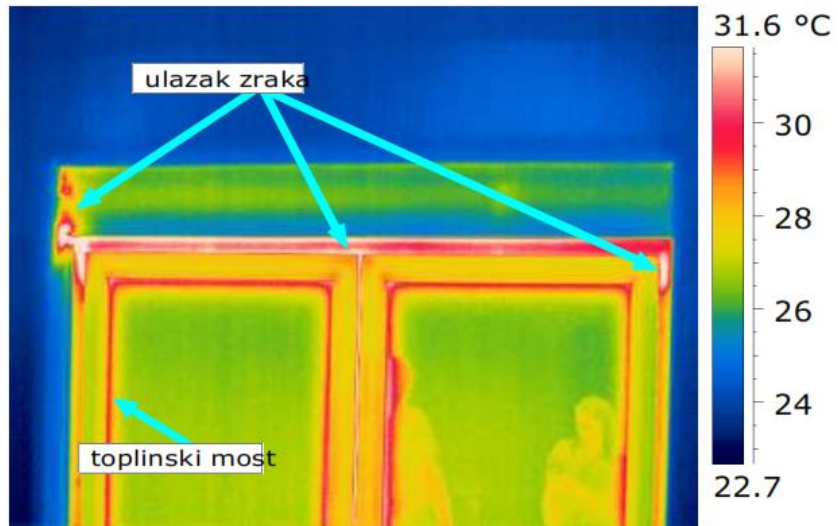




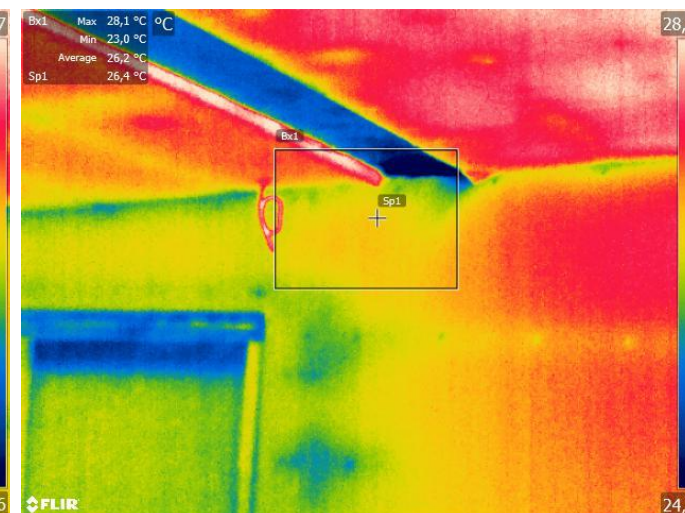
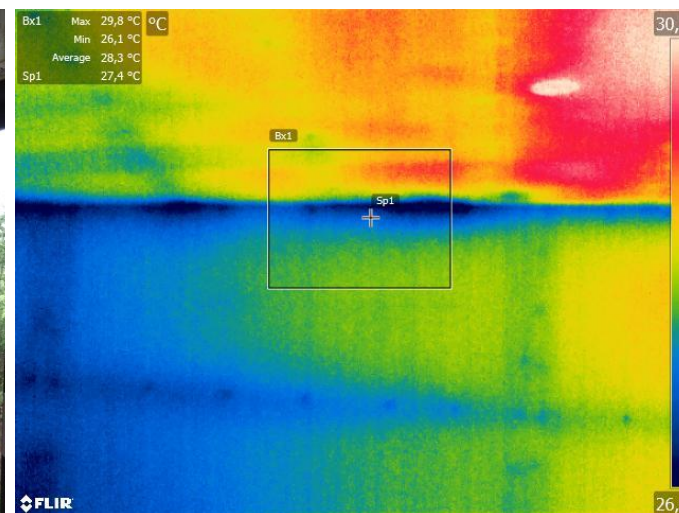
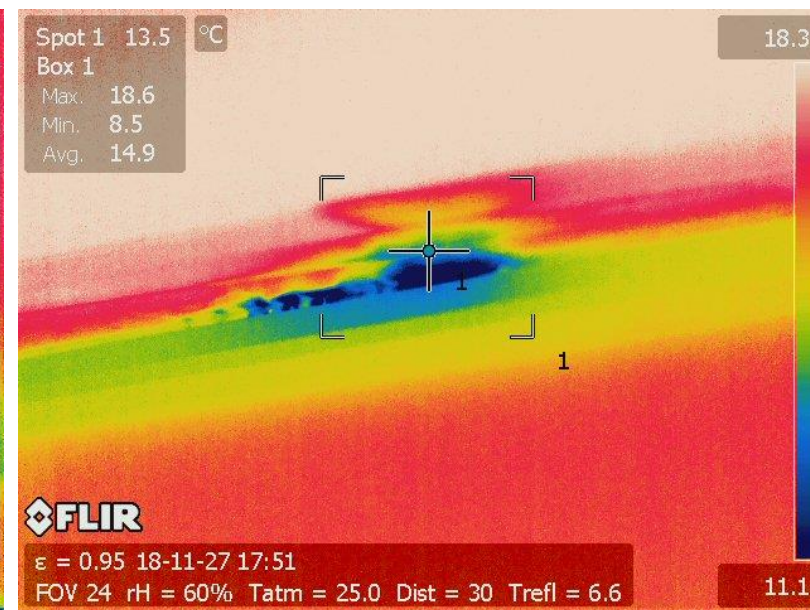
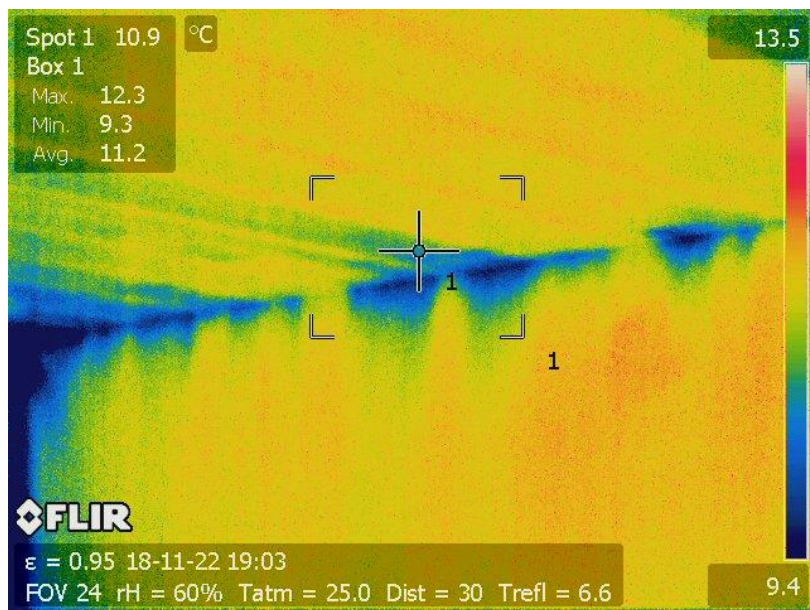
Ziđe s ventiliranom fasadom i GK pločama iznutra



Rezultati ispitivanja

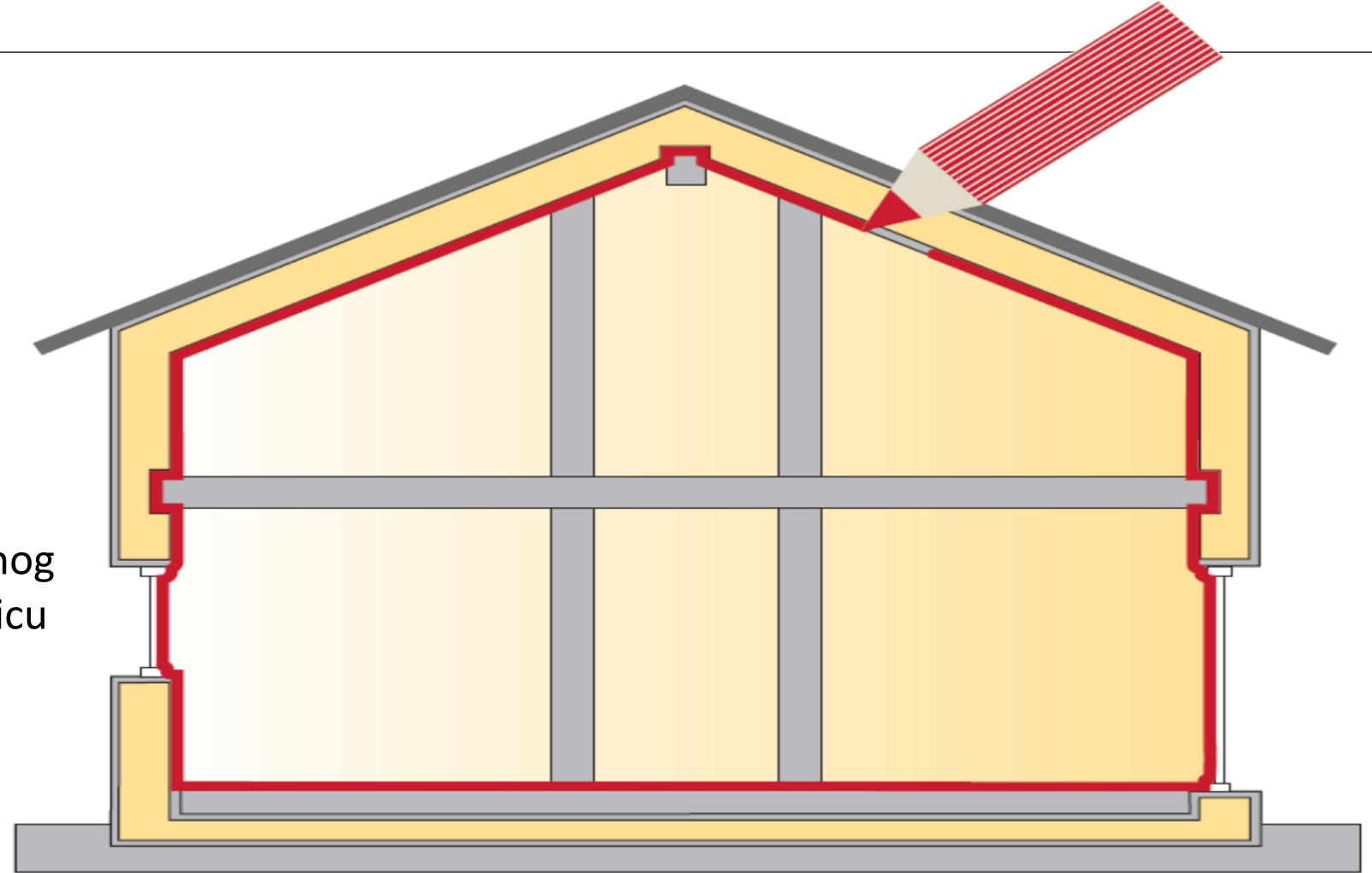


Drvena kuća - NZEB



ZRAKONEPROPUSNOST - PROJEKTIRATI JEDINSTVENI ZRAKONEPROPUSNI SLOJ

Neprekinuta linija zrakonepropusnog
sloja koja obuhvaća vanjsku ovojnicu
zgrade



OSTVARITI ZRAKONEPROPUSNU VANJSKU OVOJNICU ZGRADE

- **Razlikovati zrakonepropusnost od paronepropusnosti**
 - dobro izvedena paronepropusna ovojnica je istovremeno i zrakonepropusna, ali obrnuto ne vrijedi nužno
 - primjer žbuke je takav da ona može biti zrakonepropusna, ali obično nije paronepropusna.
- **postavite cilj za n_{50}** - na temelju energetske modele, te realnog sagledavanja mogućnosti ostvarenja prilikom gradnje
 - (korišteni proizvodi, kompetencije izvođača i podizvođača, troškovi),
- Ispitati pomoću tzv. **Blower door** testa.

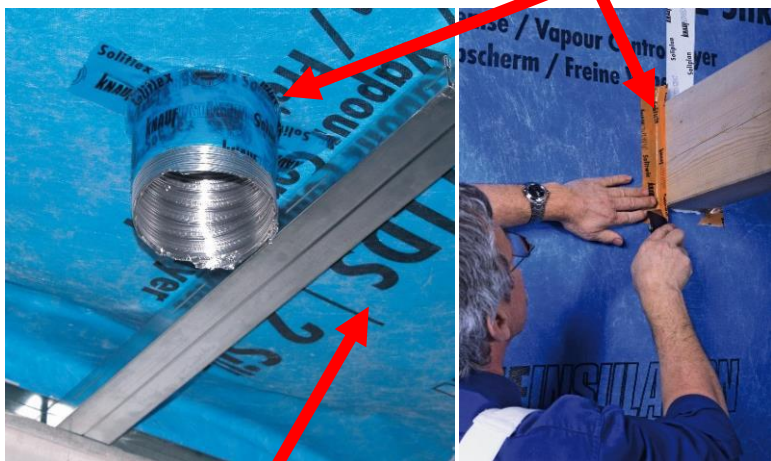


PROIZVODI KOJIMA **JE MOGUĆE** OSTVARITI ZRAKONEPROPUSNOST VANJSKE OVOJNICE ZGRADE



ZRAKOPROPUSNOST - BRTVLJENJA

Brtviti proboje, spojeve i preklope



Parnu branu treba okrenuti
na pravu stranu

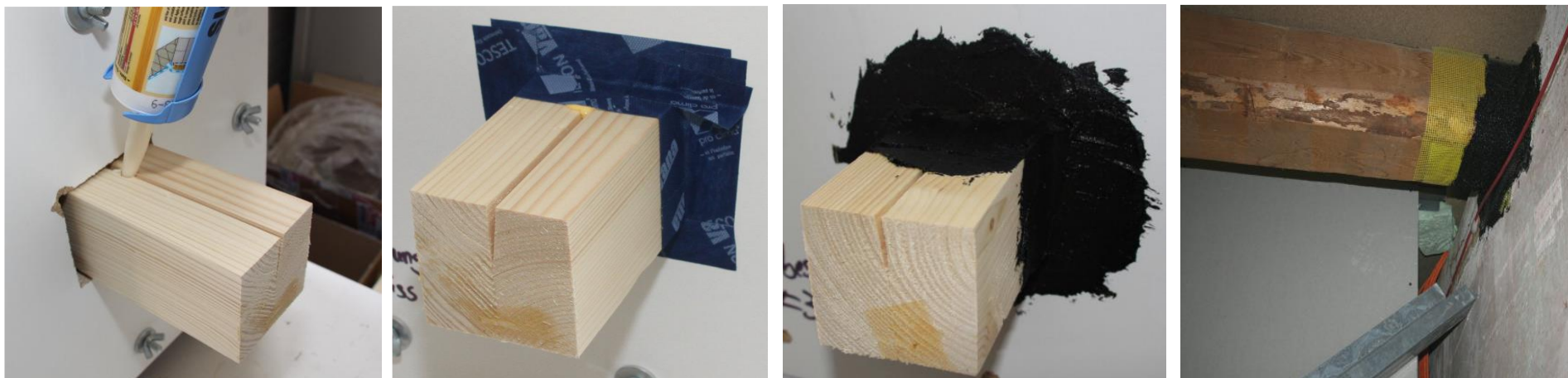


To **nisu obične** ljepljive trake i kitovi !!!



ZRAKONEPROPUSNOST

Primjeri brtvljenja pukotine drvene grede prije nanošenja trake za brtvljenje



PRIMJERI NEZABRTVLJENIH PROBOJA GREDA DRVENIH STROPOVA PRILIKOM ENERGETSKE OBNOVE ZGRADE



„Obične“ folije, ljepljive trake i kitovi - **uzrokuju** **ŠTETE !!!**





ŠTETA!

Nepravilna izvedba paro- i zrakonepropusne
krovne konstrukcije s donje strane



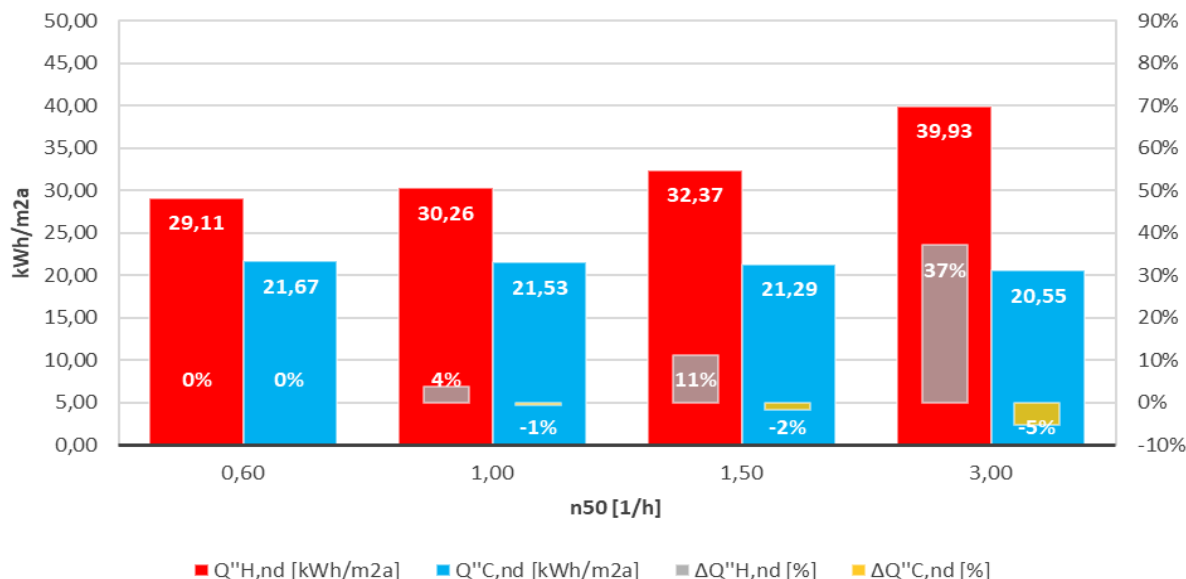
Razvoj gljivica nakon
skidanja sloja unutarnje TI



Ostvariti zrakonepropusnu vanjsku ovojnicu zgrade

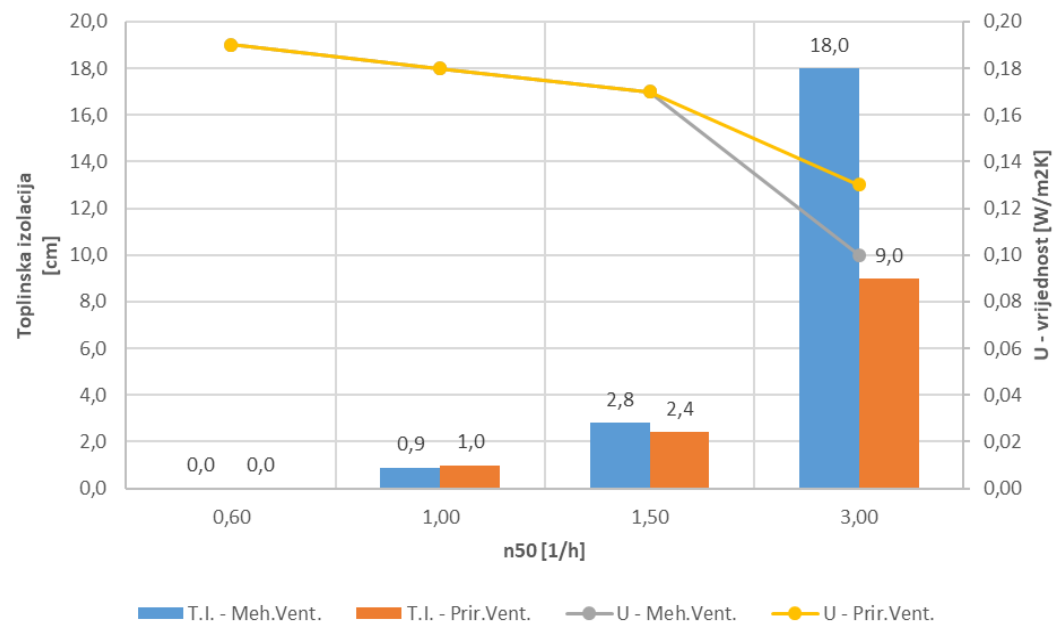
- Isplativa mjera i smanjuje mogućnost štete**

Porotherm 38 IZO PROFI + Lag.žbuka + Meh. vent. s povratom topline (84%) - Zagreb



Usporedba potrebne energije za grijanje i hlađenje za obiteljsku kuću smještenu u Zagrebu ovisno o zrakopropusnosti vanjske ovojnice zgrade (n50)– s prikazom relativnog povećanja (smanjenja) u odnosu na n₅₀=0,60 1/h u %

Potrebna debljina toplinske izolacije za ostvarenje cca jednake Q"H,nd - za različite vrijednosti n50 // PTH 38 IZO PROFI + lag.žbuka - Zagreb



Usporedba potrebne debljine toplinske izolacije vanjskih zidova (potrebne U-vrijednosti zidova) za ostvarenje jednake potrebne energije za grijanje kao u slučaju PTH 38 IZO PROFI + Terca i n₅₀=0,60 1/h, za obiteljsku kuću smještenu u Zagrebu i vrsti ventilacije

Pravi trenutak za ispitivanje zrakopropusnosti



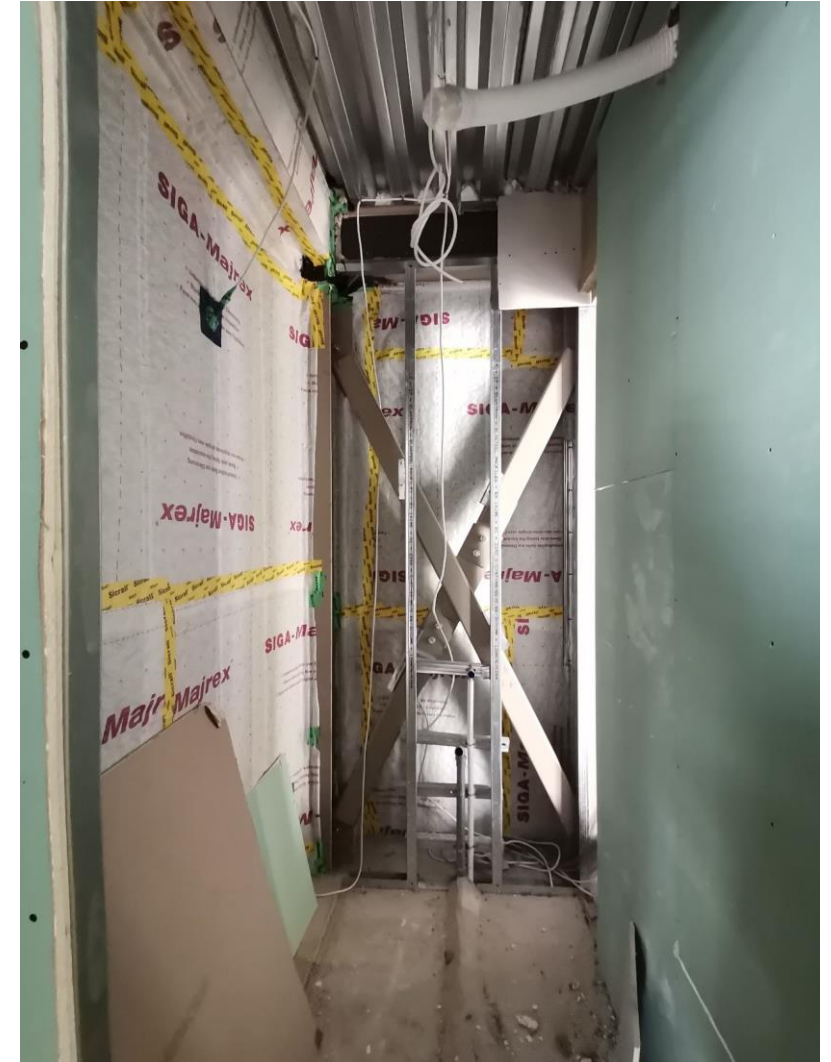
NAPOMENA!!

Ispitivanje provesti prije izvođenja završnih radova (visoki "Rochbau")

*Zračna barijera je još vidljiva;
idealno vrijeme za ispitivanje
Blower Doorom!*



Mjerenje prije završnog žbukanja i gletanja, **omogućava jednostavnije i jeftinije popravke te brtvljenje mjesta infiltracije** u odnosu na popravke nakon završetka završnih radova ili nakon početka upotrebe zgrade.



Mjerenje U-vrijednosti elemenata
ovojnice zgrade

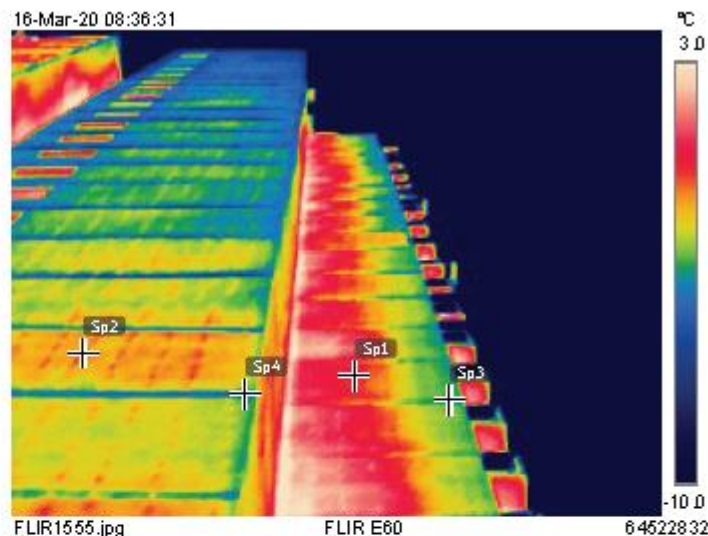
Primjer lošeg pristupa

Measurements

Sp1	0.1 °C
Sp2	-0.6 °C
Sp3	-3.1 °C
Sp4	-4.7 °C

Parameters

Emissivity	0.95
Refl. temp.	-4 °C



16-Mar-20 08:36:31



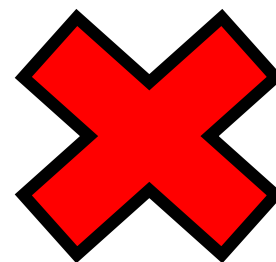
FLIR1555.jpg

FLIR E80

64522832

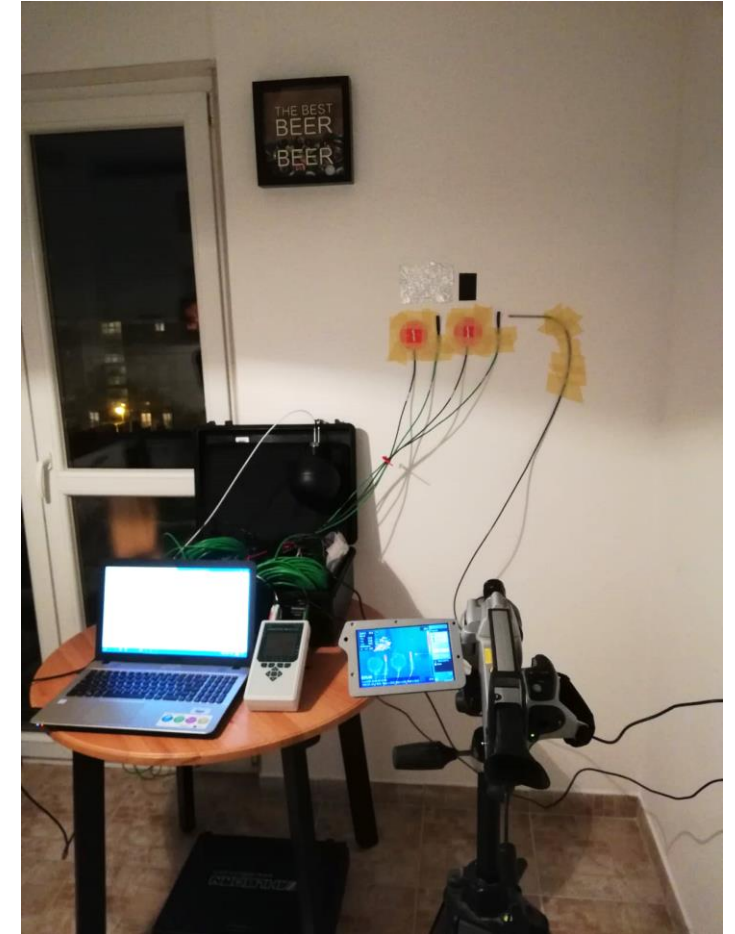
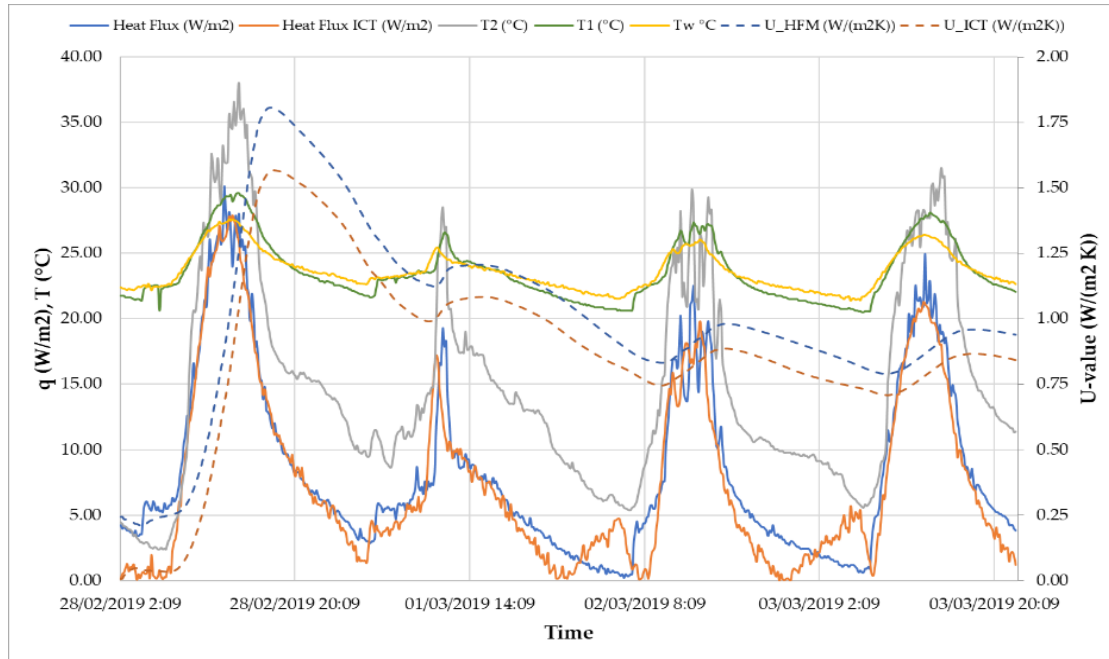
Dobiveni rezultati proračuna stvarnih koeficijenata su prikazani u tablici usporedno s projektiranim vrijednostima koeficijenata:

R.br.	Naziv građevnog dijela	Debljina (cm)	Vrijednost koeficijenta prema projektiranim slojevima zida	Vrijednost koeficijenta prema stvarno izmjeranim vrijednostima
1	VZ 1	32,0	0,86	1,17
2	VZ 1	32,0	0,86	1,34
3	VZ 1	32,0	0,86	1,97
4	VZ 2	24,0	1,17	1,94
5	VZ 2	24,0	1,17	1,87
6	VZ 3	24,0	3,49	3,35
7	K 1	33,0	1,44	1,46
8	K 1	33,0	1,44	1,43



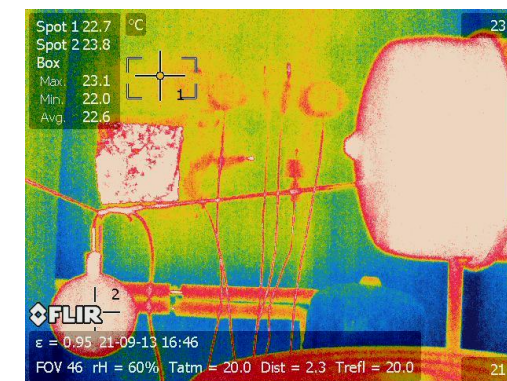
- diskretno mjerenje temperature u nekom trenutku u vremenu,
- bez analize konteksta mjerenja (u smislu djelovanja okoline na zgradu, a i onoga što se događalo u samoj zgradi).

Mjerenje toplinskog toka



Rezultati U-vrijednosti

Lokacija	HFM1 [W/(m ² K)]	HFM2 [W/(m ² K)]	Procjena iz dokumentacije ili pregledom [W/m ² K]
Totovec	0,92	0,83	0,71
Ivanovec	0,22	0,21	0,45
Palovec	0,79	0,69	1,31
Mursko Središće	1,15	1,12	1,18
Kotoriba	1,38	1,35	1,63
Lenti	0,35	0,33	0,37
Muraszemenye	1,69	1,71	1,31
Nagykanizsa	0,39	0,34	0,37
Tornyiszentmiklós	1,76		1,31
Vaspör	1,20	1,31	1,31



HVALA NA PAŽNJI!

Bojan Milovanović

bmilovanovic@grad.hr

