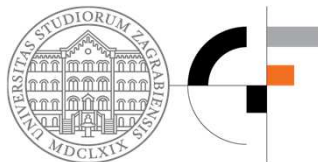


Usavršavanje energetske pregledi

Izv.prof.dr.sc. Bojan Milovanović

Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet



1

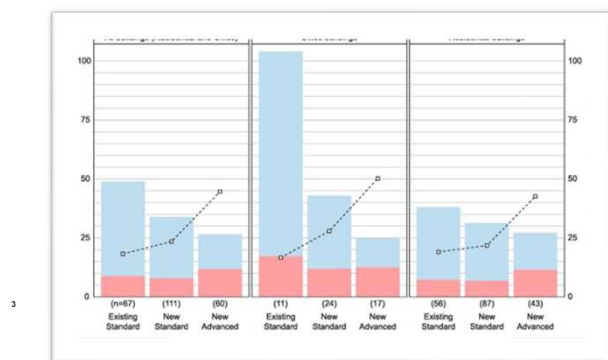


Recast EPBD Whole Life-Cycle Global Warming Potential

BUNTHAN IEA, Ph.D., Policy Officer
DG ENER.B.3 - Buildings and Products
Contact : Bunthan.IEA@ec.europa.eu

2

Buildings are responsible for greenhouse gas emissions before, during & after their operational lifetime



Go beyond current focus on operational carbon

Embodied carbon more and more important

Need whole life cycle to get the right balance



Röck M, Soode MRM, Bolouktsi M, Rossmussen FN, Birgisdottir H, Frischknecht R, et al. Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. Appl Energy 2020;258:114107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

3

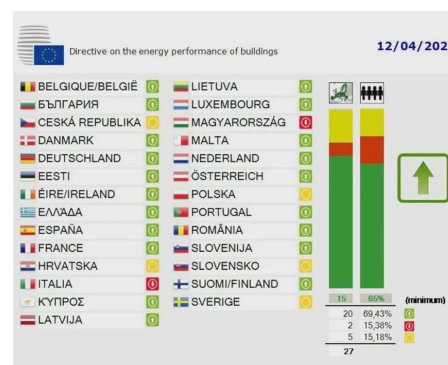
EPBD RECAST – 12. TRAVANJ 2024

MEPS - obnova najgorih 16% zgrada do 2030. i najgorih 20–22% do 2035. u usporedbi s 2020. Sve veća potražnja za projektima obnove i održivosti, gdje će izvođači imati igraju ključnu ulogu.

Standardi zgrada nulte emisije (ZEB): Od 2030. sve nove zgrade moraju biti ZEB. To se odnosi na zgrade koje koriste tijela javne vlasti od **1. 1. 2028.**, a na sve ostale nove zgrade od **1. 1. 2030.**

Postupno gašenje kotlova na fosilna goriva. To će potaknuti potražnju za održivim sustavima i hibridnim rješenjima.

Revidirani EPBD uključuje nove odredbe za promicanje primjene solarne energije uz obveznu ugradnju sustava solarne energije.



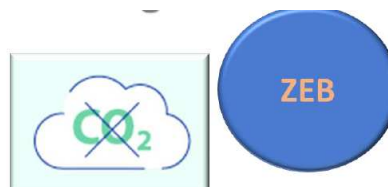
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

4

4

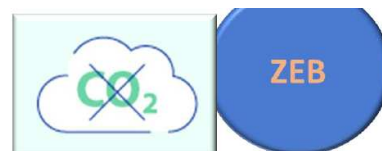
ZEB – ZERO EMISSION BUILDINGS (ZGRADE S NULTIM EMISIJAMA)

▪ „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

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 !**

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 ($\text{kgCO}_2\text{e/m}^2$)

- potencijal globalnog zagrijavanja tijekom životnog ciklusa **izračunava u skladu s Prilogom III.** revidirane EPBD i **objavljuje putem EPC:**



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

7

MEPS – min standardi energetske svojstava Min energy performance standards

POSTOJEĆE ZGRADE

Novo !!!

MEPS

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;**



Iz Općeg prisupa preinake EPBD

8

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

Iz Općeg pristupa preinake EPBD



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Solarna energija u zgradama

Solar energy in buildings

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./

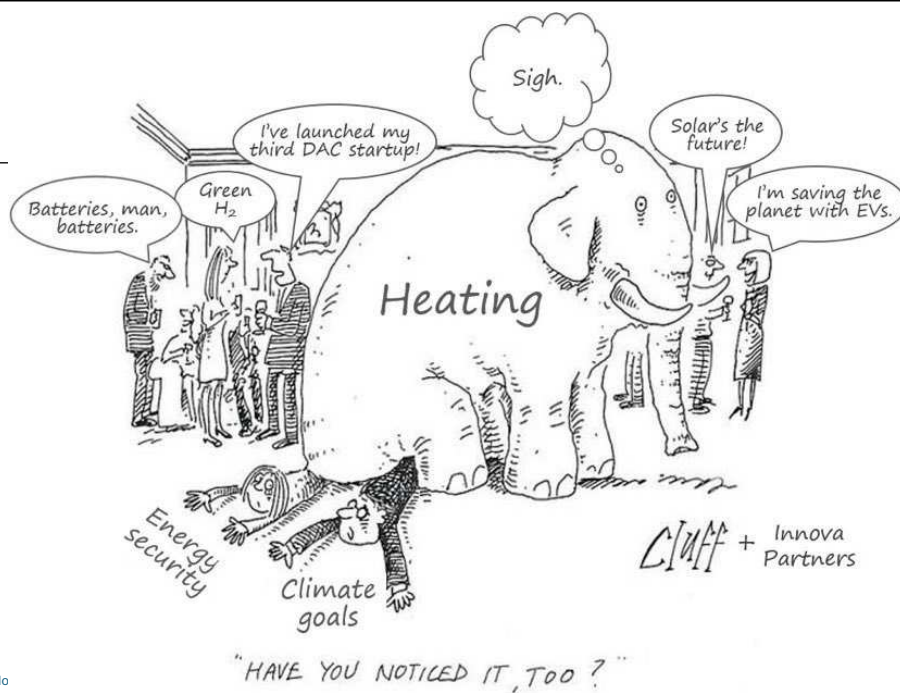


Bojan Milovanović

Iz Općeg pristupa preinake EPBD

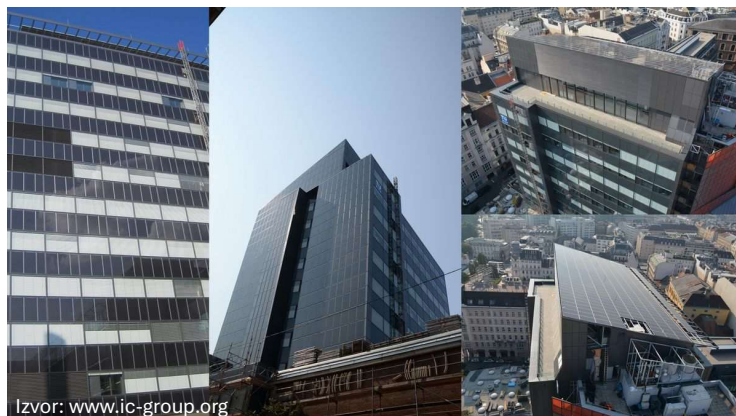


11



12

OIE SU ŠLAG NA TORTU, NE TORTA!



Izvor: www.ic-group.org

- 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.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

13

13

Vrste ZEB-a



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

14

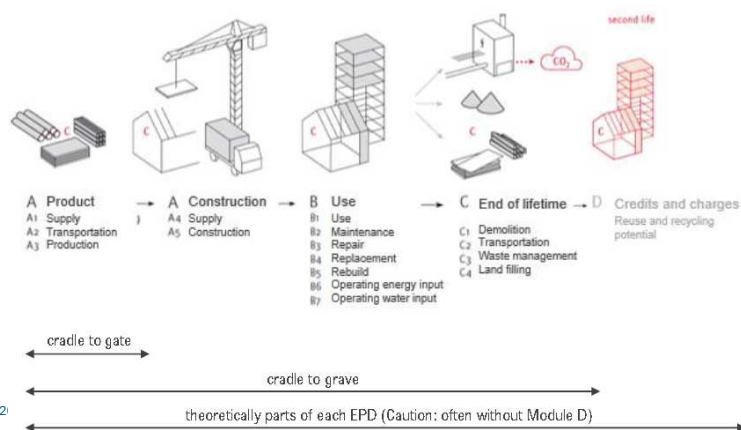
KAKO ZEB?



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

15

**Svaka uporaba materijala
rezultira potrošnjom energije i
utjecajem na okoliš**



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

16

Several articles in the EPBD recast relates to LC-GWP

Article 7(2)

Member States shall ensure that the life-cycle GWP is calculated in accordance with Annex III and disclosed in the energy performance certificate of the building:
(a) from 1 January 2028, for all new buildings with a useful floor area larger than 1000 m²;
(b) from 1 January 2030, for all new buildings.

Article 7(3)

The Commission is empowered to adopt delegated acts in accordance with Article 32 to amend Annex III to set out a Union framework for the national calculation of life-cycle GWP with a view to achieving climate neutrality. The first such delegated act shall be adopted by 31 December 2025.

Annex III (shortened)

For the calculation of the life-cycle GWP of new buildings [...], the total life-cycle GWP is [...] for each life-cycle stage expressed as kgCO₂eq/(m²) (of useful floor area) calculated over a reference study period of 50 years. The data selection, scenario definition and calculations shall be carried out in accordance with EN 15978 (EN 15978:2011 [...]). The scope of building elements and technical equipment is as defined in the Level(s) common EU framework for indicator 1.2. Where a national calculation tool or method exists, [...], that tool or method may be used to provide the required disclosure. Other calculation tools or methods may be used if they fulfil the minimum criteria established by the Level(s) common EU framework. Data regarding specific construction products calculated in accordance with Regulation (EU) No 305/2011 [...] shall be used when available.

Part I on LC-GWP
methodology

17

Article 7(5)

By 1 January 2027 Member States shall publish and notify to the Commission a roadmap detailing the introduction of limit values on the total cumulative life-cycle GWP of all new buildings and set targets for new buildings from 2030, considering a progressive downward trend, as well as maximum limit values, detailed for different climatic zones and building typologies. Those maximum limit values shall be in line with the Union's objective of achieving climate neutrality. The Commission shall issue guidance, share evidence on existing national policies and offer technical support to Member States, at their request.

Part II on
roadmap

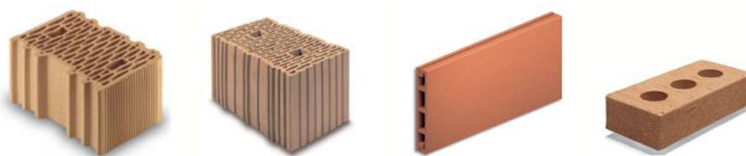


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Link to the EPBD recast: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32024L1275>

17

Što je potrebno?



Poznavati „ekološki profil” proizvoda!



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

18

„Ekološki profil” proizvoda?

HRN EN ISO 14020 «Environmental labels and declarations - General principles»

**komunicira određene aspekte održivosti proizvoda na certificiran i
zajamčen način putem dobrovoljnih alata:**

- Ekološke oznake **Tipa I**
 - izdaje se samo za proizvode koji zadovoljavaju minimalne zahtjeve (granične vrijednosti)
 - ovjerava ga neovisno tijelo
 - Marka namijenjena krajnjem korisniku (B2C)
- Ekološke samodeklaracije **Tipa II**
 - deklarirani od strane proizvođača - nisu certificirani od strane neovisnog tijela
 - nema minimalnog praga
- Ekološke deklaracije proizvoda **Tipa III**
 - nema minimalnog praga
 - certificirano od strane akreditiranih tijela treće strane + neovisna kontrola



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



19

Što je izjava o utjecaju proizvoda na okoliš – EPD?



- Izjava o utjecaju proizvoda na okoliš (EPD)
dokumentira utjecaj materijala na okoliš.
- U to se ubrajaju korištenje resursa, emisije, učinak staklenika, zakiseljavanje vode i tla, itd.



- EPD kvantificira utjecaj nekog proizvoda na okoliš,
 - proizlazi iz LCA analize
- Slično kao u slučaju izjave o svojstvima (Declaration of performance)

20

Struktura EPD-a

Razmatrane faze životnog ciklusa

Utjecaji na okoliš

Potrošnja resursa

Proizvodnja otpada

DESCRIPTION OF THE SYSTEM BOUNDARY (X = INCLUDED IN LCA; MND = MODULE NOT DECLARED)																	BENEFITS AND LOADS BEYOND THE SYSTEM BOUNDARIES	
PRODUCT STAGE			CONSTRUCTION ON PROCESS STAGE			USE STAGE					END OF LIFE STAGE							
Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport from the gate to the site	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement ⁽¹⁾	Refurbishment ⁽¹⁾	Operational energy use	Operational water use	De-construction demolition	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse-Recovery-Recycling-potential		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D		
X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	MND	X	MND		

RESULTS OF THE LCA - ENVIRONMENTAL IMPACT: 1 m ³ GMW 040 unfaced rolls																
Parameter		Unit	A1-A3	A4	C2	C4										
Global warming potential		[kg CO ₂ -Eq]	11.40	0.04	0.04	0.16										
Depletion potential of the atmospheric ozone layer		[kg CFC11-Eq]	9.30E-9	3.07E-12	1.83E-13	2.12E-12										
Acidification potential of land and water		[kg SO ₂ -Eq]	1.08E-1	1.77E-3	1.10E-4	9.91E-4										
Eutrophication potential		[kg (PO ₄ -P)-Eq]	1.84E-2	3.64E-4	2.46E-5	1.36E-4										
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants		[kg ethene-Eq]	5.94E-3	4.54E-4	-3.30E-5	9.30E-5										
Abiotic depletion potential for non-fossil resources		[kg Sb-Eq]	7.15E-4	2.41E-8	1.43E-9	5.94E-9										
Abiotic depletion potential for fossil resources		[MJ]	184.00	8.86	0.53	2.05										

RESULTS OF THE LCA - RESOURCE USE: 1 m ³ GMW 040 unfaced rolls																
Parameter		Unit	A1-A3	A4	C2	C4										
Renewable primary energy as energy carrier		[MJ]	23.79	-	-	-										
Renewable primary energy resources as material utilization		[MJ]	0.00	-	-	-										
Total use of renewable primary energy resources		[MJ]	23.79	0.35	0.02	0.18										
Non-renewable primary energy as energy carrier		[MJ]	230.00	-	-	-										
Non-renewable primary energy as material utilization		[MJ]	16.20	-	-	-										
Total use of non-renewable primary energy resources		[MJ]	246.00	8.87	0.53	2.14										
Use of secondary material		[kg]	0.83	-	-	-										
Use of renewable secondary fuels		[MJ]	0.00	0.00	0.00	0.00										
Use of non-renewable secondary fuels		[MJ]	0.00	0.00	0.00	0.00										
Use of net fresh water		[m ³]	7.75E-2	2.45E-4	1.46E-5	-8.17E-3										

RESULTS OF THE LCA - OUTPUT FLOWS AND WASTE CATEGORIES: 1 m ³ GMW 040 unfaced rolls																
Parameter		Unit	A1-A3	A4	C2	C4										
Hazardous waste disposed		[kg]	1.20E-2	2.02E-5	1.20E-6	9.61E-5										
Non-hazardous waste disposed		[kg]	4.74E-1	1.19E-3	6.64E-5	1.15E-1										
Radioactive waste disposed		[kg]	2.45E-2	1.10E-5	6.02E-7	3.74E-5										
Components for re-use		[kg]	-	-	-	-										
Materials for recycling		[kg]	-	-	-	-										
Materials for energy recovery		[kg]	-	-	-	-										
Exported electrical energy		[MJ]	-	-	-	0.00										
Exported thermal energy		[MJ]	-	-	-	0.00										



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Temeljni zahtjevi za građevinu

• 3. Higijena, zdravlje i okoliš

- Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da tijekom svog vijeka trajanja ne predstavlja prijetnju za higijenu ili zdravlje i sigurnost radnika, korisnika ili susjeda te da tijekom cijelog svog vijeka trajanja **nema iznimno velik utjecaj na kvalitetu okoliša ili klimu, tijekom građenja, uporabe ili uklanjanja**, a posebno kao rezultat bilo čega od dolje navedenog:
 1. istjecanja otrovnog plina
 2. emisije opasnih tvari, **hlapljivih organskih spojeva (VOC)**, **stakleničkih plinova** ili **opasnih čestica u zatvoreni i otvoreni prostor**
 3. emisije opasnog zračenja
 4. **ispuštanja opasnih tvari u podzemne vode, morske vode, površinske vode ili tlo**
 5. ispuštanja opasnih tvari u pitku vodu ili tvari koje na drugi način negativno utječu na pitku vodu
 6. pogrešno ispuštanje otpadnih voda, emisije dimnih plinova ili nepropisno odlaganje krutog ili tekućeg otpada
 7. prisutnost vlage u dijelovima građevine ili na površini unutar građevine.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Temeljni zahtjevi za građevinu

• 6. Ušteda energije i očuvanje topline

- Građevina i njezine instalacije grijanja, hlađenja, rasvjete i ventilacije moraju biti **projektirane i izgrađene tako da je količina energije koju one zahtijevaju u upotrebi mala**, uzimajući u obzir korisnike i klimatske uvjete lokacije.
- Građevina mora biti i energijski učinkovita, tako da **upotrebljava što je moguće manje energije tijekom svoje gradnje i razgradnje**

- **Uredba 305/2011** Europskog parlamenta i Vijeća od 09.03.2011. koja propisuje usklađene uvjete trgovanja građevnim proizvodima i ukida
- **Zakon o gradnji**



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Temeljni zahtjevi za građevinu

• 7. Održiva upotreba prirodnih izvora

- Građevina mora biti **projektirana, izgrađena i srušena tako da je upotreba prirodnih izvora održiva** i da je posebno zajamčena:
 - **ponovna upotreba ili recikliranje građevine, njezinih materijala i dijelova nakon rušenja**
 - **trajnost građevine**
 - **upotreba sirovina i sekundarnih materijala u građevini u skladu s okolišem**



- **Uredba 305/2011** Europskog parlamenta i Vijeća od 09.03.2011. koja propisuje usklađene uvjete trgovanja građevnim proizvodima i ukida
- **Zakon o gradnji**



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Revidirana Uredba o građevnim proizvodima

- **Nova Uredba o građevinskim proizvodima** (CPR) nalaže da se četiri pokazatelja potencijala globalnog zagrijavanja (**GWP**) navedu u "izjavama o svojstvima": ukupni GWP, fosilna goriva, biogeni izvori i korištenje/promjena zemljišta, počevši od sredine 2025. godine.
 - Dodatni okolišni pokazatelji, poput oštećenja ozona, potencijala acidifikacije i iscrpljivanja abiotskih resursa, postat će obvezni 4 do 6 godina kasnije.
- Od proizvođača će se tražiti da daju informacije o proizvodu putem digitalne putovnice proizvoda
 - što bi moglo olakšati praćenje materijala, kružno gospodarstvo i integraciju s alatima za procjenu životnog ciklusa.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

25

Revidirana Uredba o građevnim proizvodima

NOVA

1. Structural integrity of construction works
2. Fire safety of construction works
3. Workers, consumer and occupant protection against adverse hygiene and health impacts related to construction works
4. Workers, consumers and occupants protection against physical injuries of construction works
5. Resistance to the passage of sound and acoustic properties of construction works
6. Energy efficiency and thermal performance of construction works
7. Hazardous emissions into the outdoor environment of construction works
8. Sustainable use of natural resources of construction works

STARA

CPR 305/2011	
1	Mechanical and resistance stability
2	Safety in case of fire
3	Hygiene, health, environment
4	Safety and accessibility in use
5	Protection against noise
6	Energy economy and heat retention
7	Sustainable use of natural sources

<https://ec.europa.eu/docsroom/documents/49315/attachments/3/translations/en/renditions/native>

26

Revidirana Uredba o građevnim proizvodima

• NOVI TEMELJNI ZAHTJEV

• 1.7. Hazardous emissions into the outdoor environment of construction works

- The construction works and any part of them shall be designed, constructed, used, maintained and demolished in such a way that, throughout their life cycle, they are not a **threat to the outdoor environment**, as a result of any of the following:
 - a) the release of hazardous substances or radiation into ground water, marine or surface waters or soil;
 - b) faulty discharge of waste water, emission of flue gases or faulty disposal of solid or liquid waste to the outdoor environment;
 - c) damage to the building, including damage through the transport of water-borne contaminants to the foundations of the building;
 - d) the **release of net greenhouse gas emissions** into the atmosphere

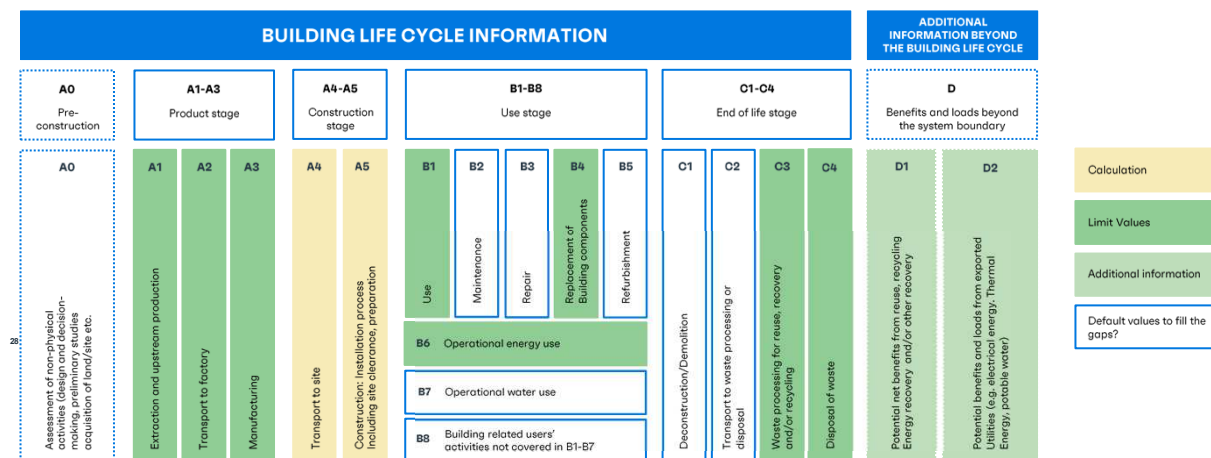


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

27

Scope of life cycle stages and modules

Overview of the proposed minimum requirement of modules



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

28

Minimum scope of building elements (building model)

Level(s) scope of building elements is specified, but need a realistic minimum scope.

This is our recommended minimum scope of building elements for the DA (except orange):

Building components	Sub-components
Foundations (substructure)	Piles
	Basements
	Retaining walls
Loadbearing structural frame	Frame (beams, columns and slabs)
	Upper floors
	External walls
Non-load bearing elements	Balconies
	Ground floor slab
	Internal walls, partitions and doors
	Stairs and ramps
Facades	External wall systems
	Cladding and shading devices
	Façade openings (including windows and external doors)
	External paints, coatings and renders

Question for the discussion later:

Why is it so difficult to get a bill of materials? Could there be a link to the cost calculation?

Building components	Sub-components
Roof	Structure Weatherproofing
Parking facilities (when independent construction of the assessed building)	Above ground and underground (within the curtilage of the building and servicing the building occupiers)
Fittings	Sanitary fittings
	Ceilings
	Wall and ceiling finishes
	Floor finishes, coverings and coatings



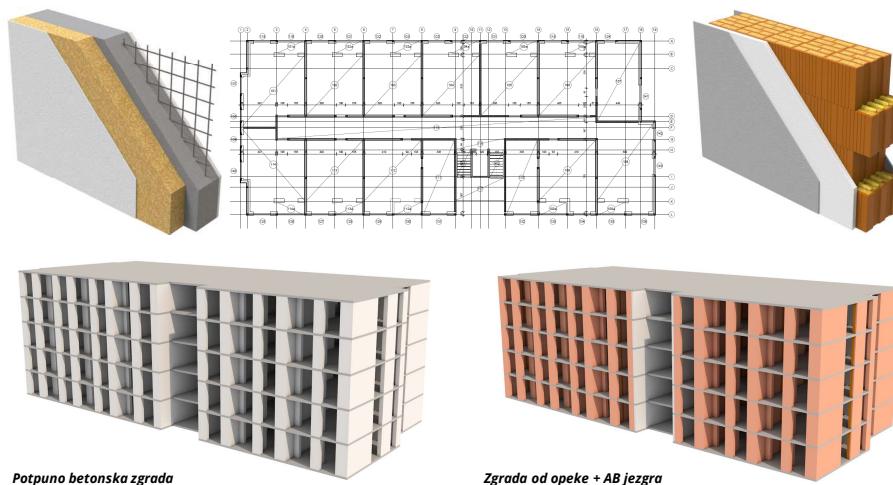
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Primjer proračuna GWP



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

Ugrađeni CO₂ na primjeru višestambene zgrade u Zagrebu

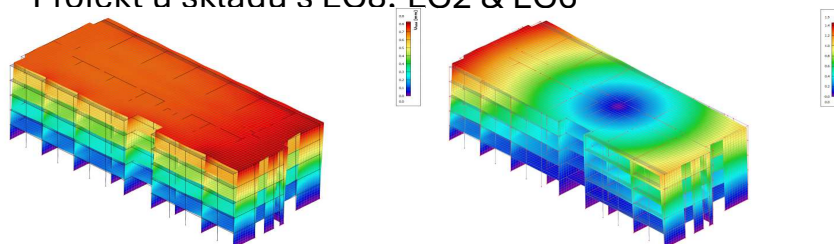


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

31

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

32

NZEB

- NZEB kriteriji zadovoljeni za obje varijante

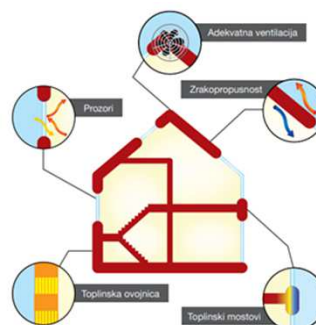
Građevni element	U-vrijednost [W/m²K]
Vanjski AB zid / zid od OPEKE Porotherm 38 IZO Profi	0.18
Ravni krov	0.16
Pod na tlu	0.19
Prozori (sa 3×IZO staklom i dva low-e premaza)	0.80

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

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

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

$$E_{prim} = 36.38 \text{ kWh/m}^2\text{y}$$



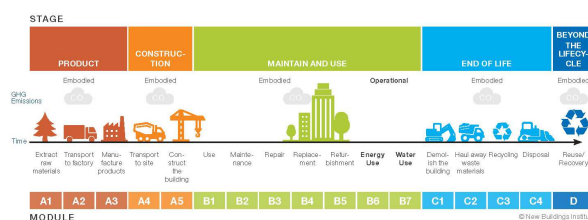
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

33

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 Ecolnvent
- 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

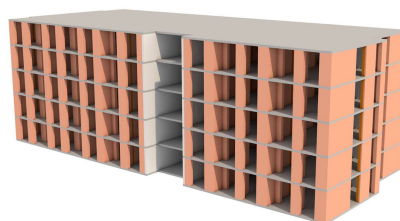


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

34

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

35

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

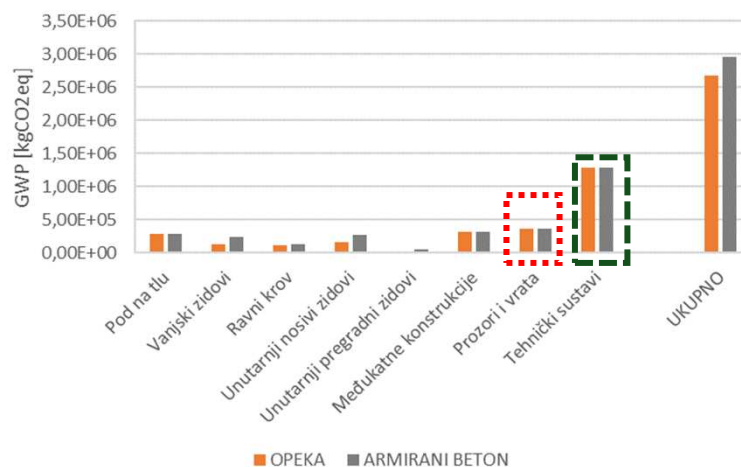


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

36

Rezultati - GWP

Građevni elementi ukupno A-D



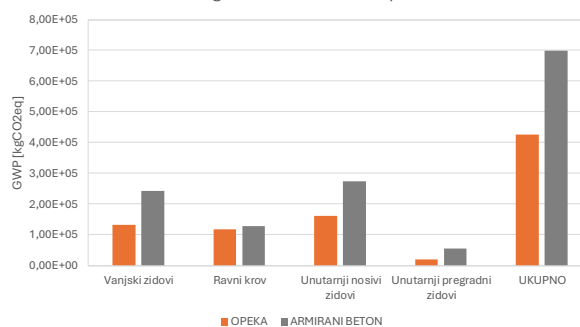
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

37

Rezultati - GWP

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

Različiti građevni elementi ukupno A-D



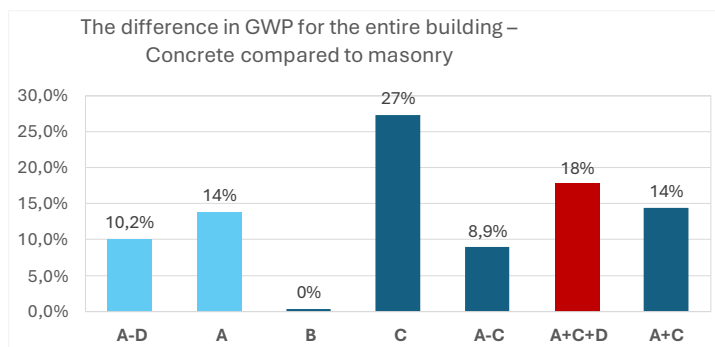
GWP za module A, B, C & D
za obje zgrade
- za građevne elemente koji
se međusobno razlikuju



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

38

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 %)



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

39



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



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



Godišnja potrošnja
energije za
175 domaćinstava



180 auta;
godina dana;
10.000 km/auto

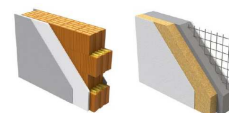
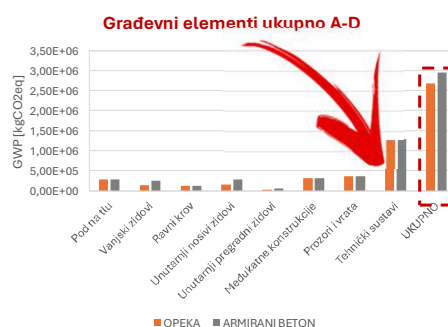
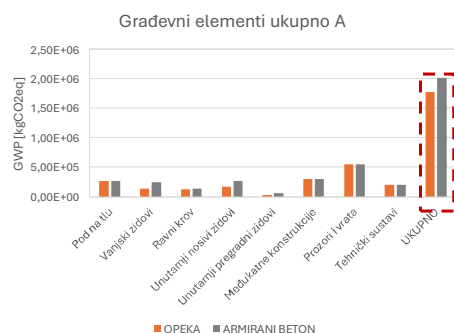
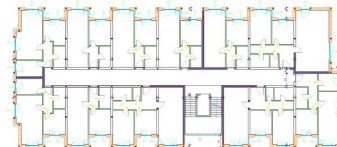


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

40

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

41

Kriteriji?



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

42

Kriteriji?

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

43

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)
- Dizalica topline COP = 3; MVHR
- korištenje zgrade - 60 godina

Smanjiti ugrađene emisije u građevne proizvode ili
Smanjiti E_{prim} na $< 30 \text{ kWh/m}^2\text{y}$

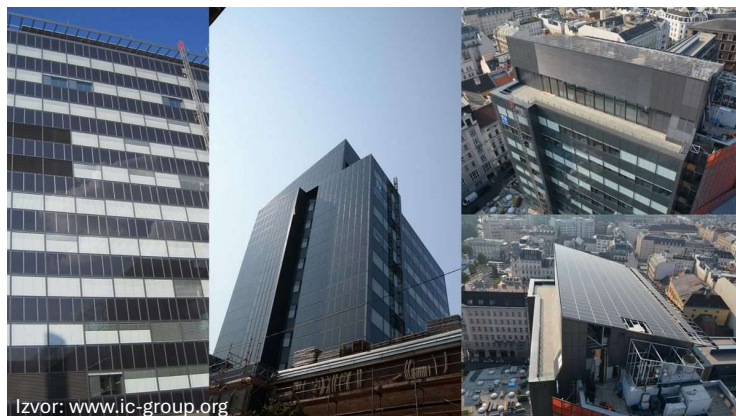
	Potencijal globalnog zatopljenja (GWP) za module A-D [kg CO _{2,eq}]	Specifična godišnja emisija CO _{2,eq} /m ² y]
AB:	$2,95 \times 10^6$	14,46
Om. Zide:	$2,68 \times 10^6$	13,13



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

44

OIE SU ŠLAG NA TORTU, NE TORTA!



Izvor: www.ic-group.org

- 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.



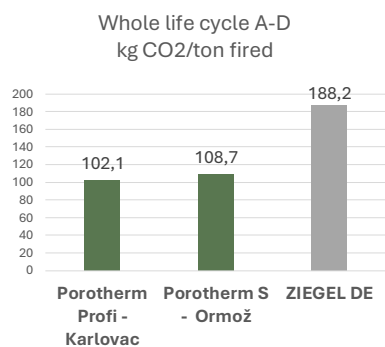
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

45

45

Važnost ulaznih podataka

Plant level of EPD
(all products from individual plant)



Cca 45 % - manje



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

46

Neki od pristupa „energetskoj obnovi”

Prosudite sami...



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

47

Iz izvješća o
energetskom
pregledu...



Vanjski zidovi 1 - Z1

Opći podaci o građevnom dijelu

	$A_{gd} [m^2]$	A_i	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}
	220,94	93,11	58,66	34,21	34,96	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplinska zaštita:	$U [W/m^2 K] = 0,20 \leq 0,30$						ZADOVOLJAVA		
Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)	$fR_{si} = 0,76 \leq 0,95$						ZADOVOLJAVA		
Unutarnja kondenzacija:	$\Sigma M_{a,god} = 0,00$						ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:	$315,67 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,20 \leq 0,30$						ZADOVOLJAVA		

	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	1.10 Šuplihi blokovi od gline	29,000	900,00	0,420	0,690
3	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,500	500,00	0,500	0,010
4	Tekuće pluto	0,500	860,00	0,001	4,167
5	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
6	Impregnacijski predpremaz	0,002	1100,00	1,600	0,000
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	1800,00	0,900	0,002
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,040$
					$R_T = 5,065$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,20$		$U = 0,20 \leq U_{max} = 0,30$			ZADOVOLJAVA
Plošna masa građevnog dijela 315,67 [kg/m ²]		$315,67 \geq 100 kg/m^2$ $U = 0,20 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

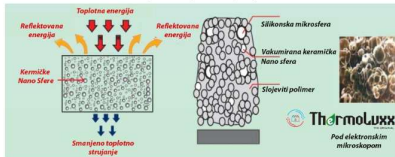
48

Korišteni građevni proizvod



Tečna termoizolacija Thermoluxx

Thermoluxx se sastoji od keramičkih nano sfera ispunjenih razređenim zrakom, povezanih sa visokovalentnim akrilnim vezivom i originalno razvijene kompozicije katalizatora i fiksatora.



Karakteristike termoizolacije Thermoluxx :

1mm Thermoluxx = 50 - 60mm stiropora ili mineralne vune

- ☐ Koeficijent toplotne provodljivosti $\lambda = 0.0012$ (bazirano na velikoj pokrivnoj površini)
- ☐ Vodonepropusnost - štiti površine od vlage i padavina
- ☐ Otpornost na UV zračenje
- ☐ Ekološka sigurnost, nije otrovna, ne sadrži štetne materije
- ☐ Reflektuje do 85% toplotne energije iz zraka
- ☐ Nanosi se na sve materijale (metal, plastiku, beton, ciglu, lim, itd.)
- ☐ Nanosi se na površine svih oblika
- ☐ Efikasno rješava pojavu hladnih mostova
- ☐ Sprječava stvaranje kondenzacije, vlage, buđi, i gljivica
- ☐ Tonira se akrilnim tonovima
- ☐ Na metalnim površinama ima antikoroziivna svojstva
- ☐ Sprečava deformacije i umanjuje opterećenja metalnih konstrukcija



Sigurnosni list

Ime proizvoda: Thermoluxx Premium

datum izdavanja: 22.10.2020

revidirano: 22.01.2020

Tehnička informacija od strane proizvođača moraju biti posmatrane.

1. Opšta informacija o proizvodu

1.1. Parametri koji se moraju pratiti

Ne sadrži sastojke koji nisu bezopasni.

1.2. Kontrola ispodnosti i praćenje

Lična zaštitna oprema:

Zaštita lica i očiju:

Zaštita ruku:

Respiratorna zaštita:

Ne zahtijeva nikakvu specijalnu zaštitnu opremu. Preporučuje se zaštitne naočale. Preporučuje se zaštitni odijelo i zaštitne rukavice. Preporučuje se filter za disajnerske maske.

2. Fizikalne i hemijske svojstva

2.1. Informacije o osnovnim fizikalnim i hemijskim svojstvima

Agregatno stanje:

Boja:

Miris:

Jačina mirisa:

Prilazna para:

PH vrijednost:

Tačka topljenja tačka smrzavanja:

Ključna na:

Tačka zapaljenja:

Stopa isparavanja:

Zapaljivost:

Donja granica eksplozivnosti:

Donja granica eksplozivnosti:

Oxidaciona svojstva:

Opasnost od požara:

Opasnost od eksplozije:

Opasnost od otrovanosti:

Opasnost od iritacije:

Opasnost od alergije:

Opasnost od kancerogenosti:

Opasnost od mutagenosti:

Opasnost od reproduktivne sposobnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

Opasnost od drugih vrsta opasnosti:

*n.a. = nije primjenljivo

Page 4 of 8

7. Izvedba prema izjavi

Osnovne karakteristike	Izvedba	Standard testiranja	Uskladen tehnička specifikacija
Svojstvo prijenosa vodene pare	V ₂	EN 7783:2011	EN 15824:2010
Tekućina-prijenos vode (propusnost)	W ₂ je $\leq 0,5 \text{ kg/(m}^2\text{h}^{0,5})$	EN 1062-3:2008	EN 15824:2010
Prianjanje na substrat	$\geq 0,3 \text{ MPa}$	EN 1542:2002	EN 15824:2010
Koeficijent termalne provodljivosti	$\lambda = 0,057 \text{ W/(mK)}$	EN 12667:2004	
Reakcija na vatru	NPD		EN 15824:2010

8. Izvedba proizvoda koja se navodi u tačkama 1 i 2 je u skladu sa izvedbom navedenom u tački 7. Ova izjava o izvedbi se izdaje na odgovornost proizvođača navedenom u tački 4.

Potpisao za i u ime proizvođača
Martineš Murišić, director/CEO, neštak svojeručni potpis i pečat sadržaja:
AG THERMOLUXX SWITZERLAND
Adresa: Grutstrasse 14b 4562, Biberist/SO, Švicarska

Datum: 25.10.2017. godine

Kraj prevoda

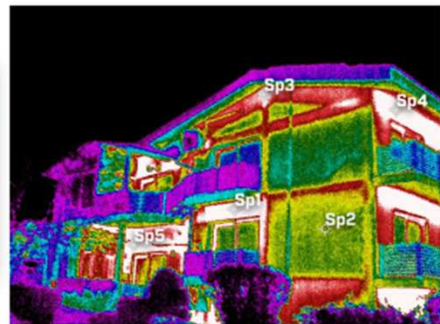
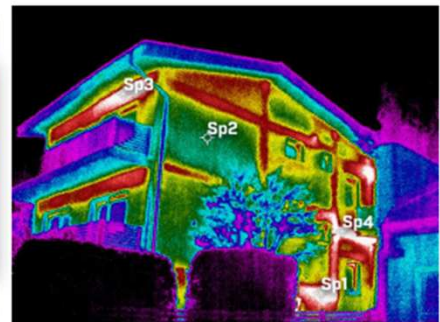
Potvrđujem da ovaj prevod potpuno odgovara izvorniku koji je sastavljen na engleskom jeziku.
Ukupno br. strana: 2

Dnevnik br. 772/20
Sarajevo, 15.02.2020.god.

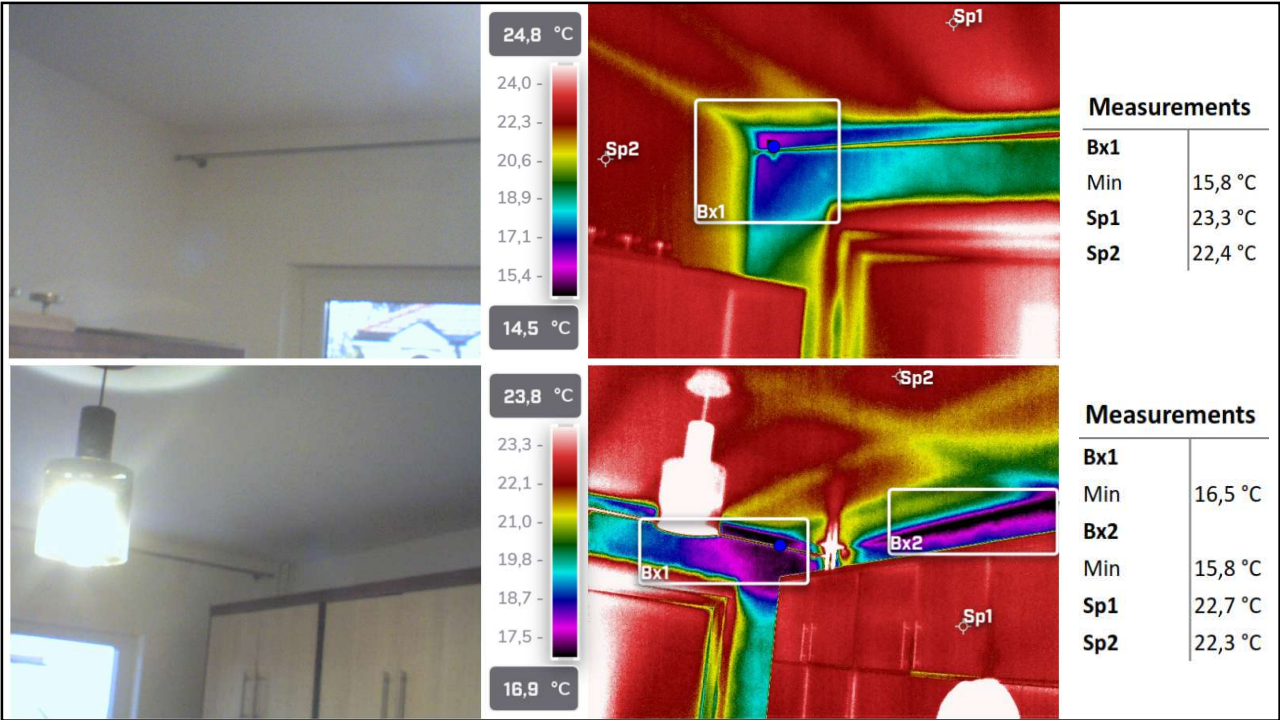
Azra Avdibegović
Stalni sudski tumač za engleski jezik



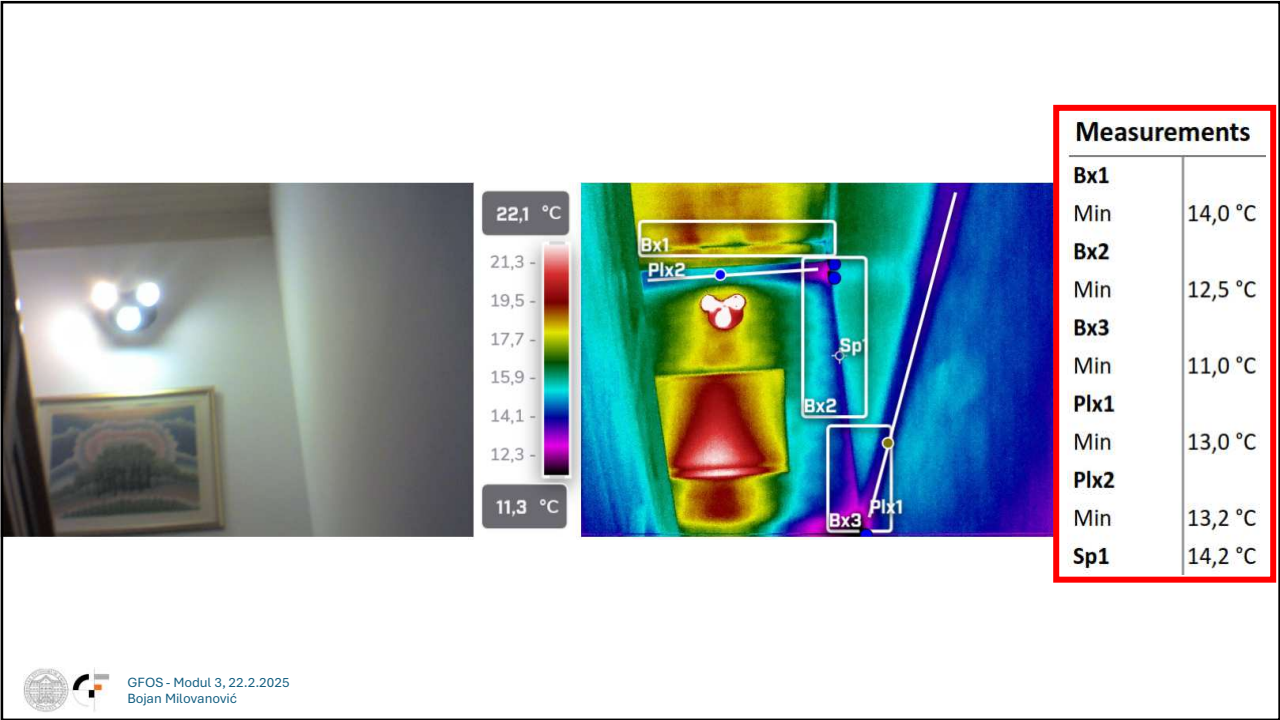
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



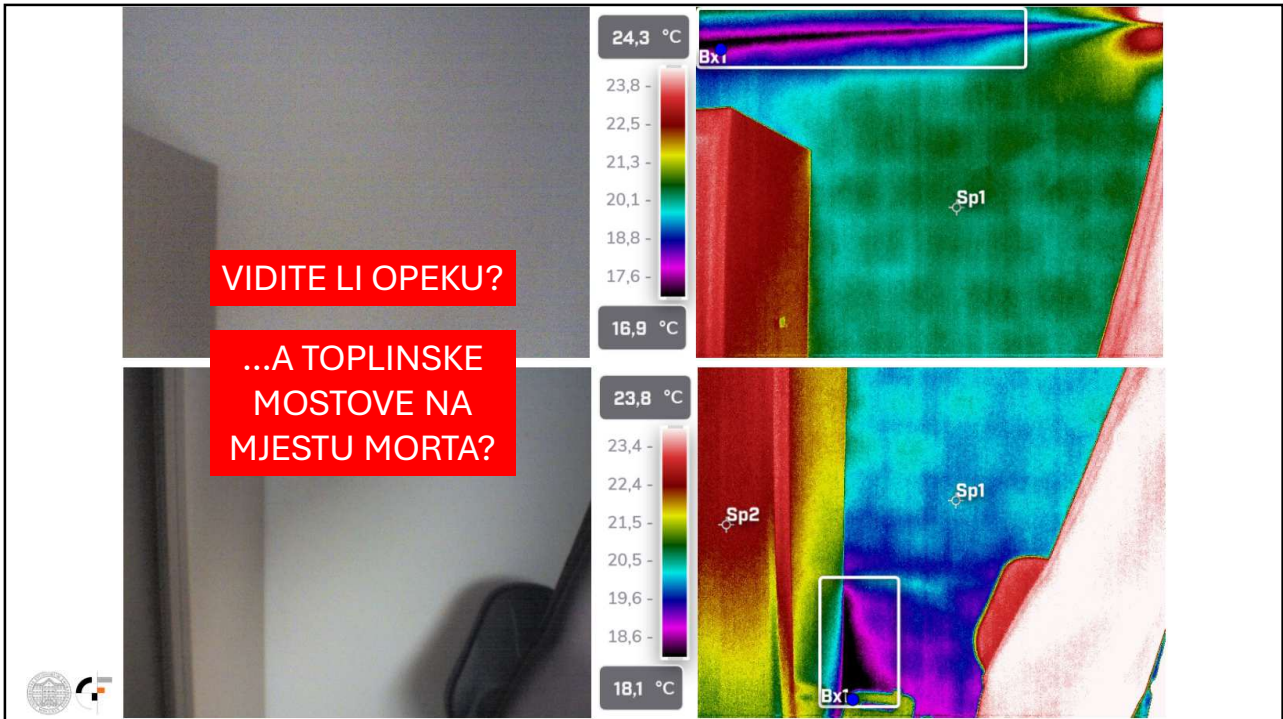
IR_28162.jpg



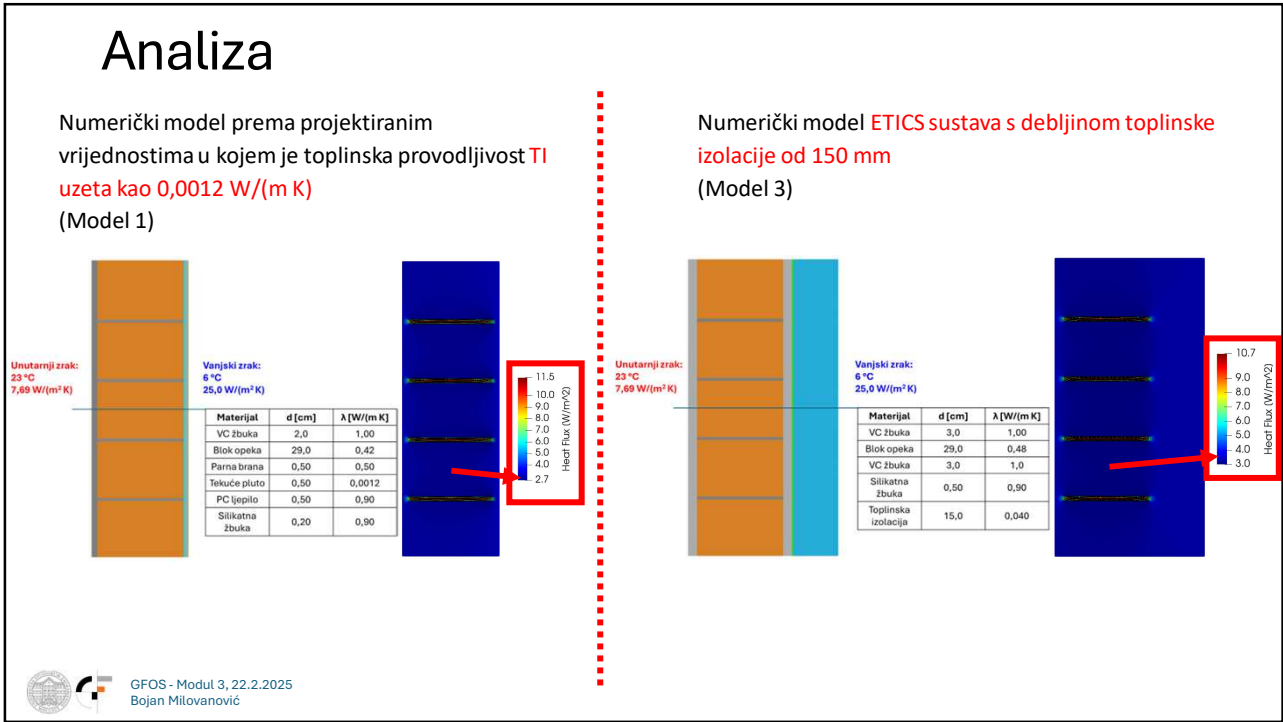
51



52



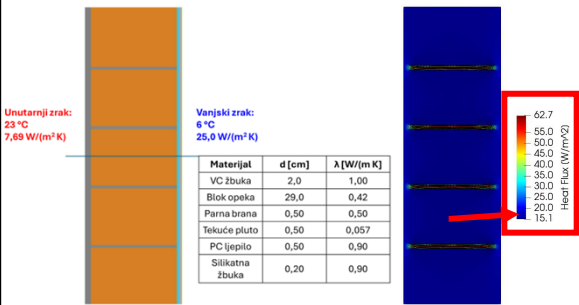
53



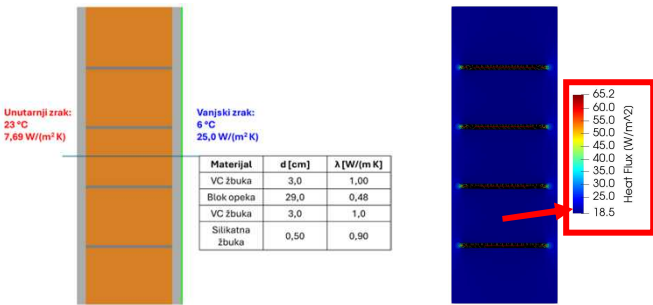
54

Analiza

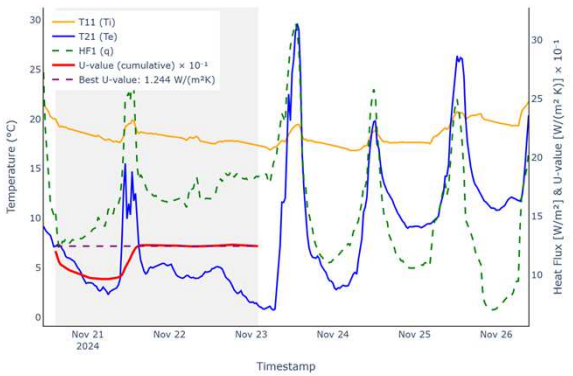
Numerički model prema u kojem je **toplinska provodljivost T1 uzeta s 0,057 W/(m K)** (Model 2)



Numerički model zida bez toplinske izolacije prema mjerenoj debljini zida – **neobnovljena kuća** (Model 4)



A što smo izmjerili?



Model	Numerički proračun			Mjereno	
	T _{pov,np,min}	T _{pov,np,max}	q _{np}	T _{pov,ICT}	q _{HFM1}
	°C		W/(m² K)	°C	W/(m² K)
1	22,53	22,58	3,35 / 3,61	19,0	24,8
2	20,44	20,73	18,23 / 19,60		
3	21,52	21,56	3,50 / 3,65		
4	20,10	20,32	21,40 / 22,22		

Mjerenje U-vrijednosti elemenata ovojnice zgrade



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

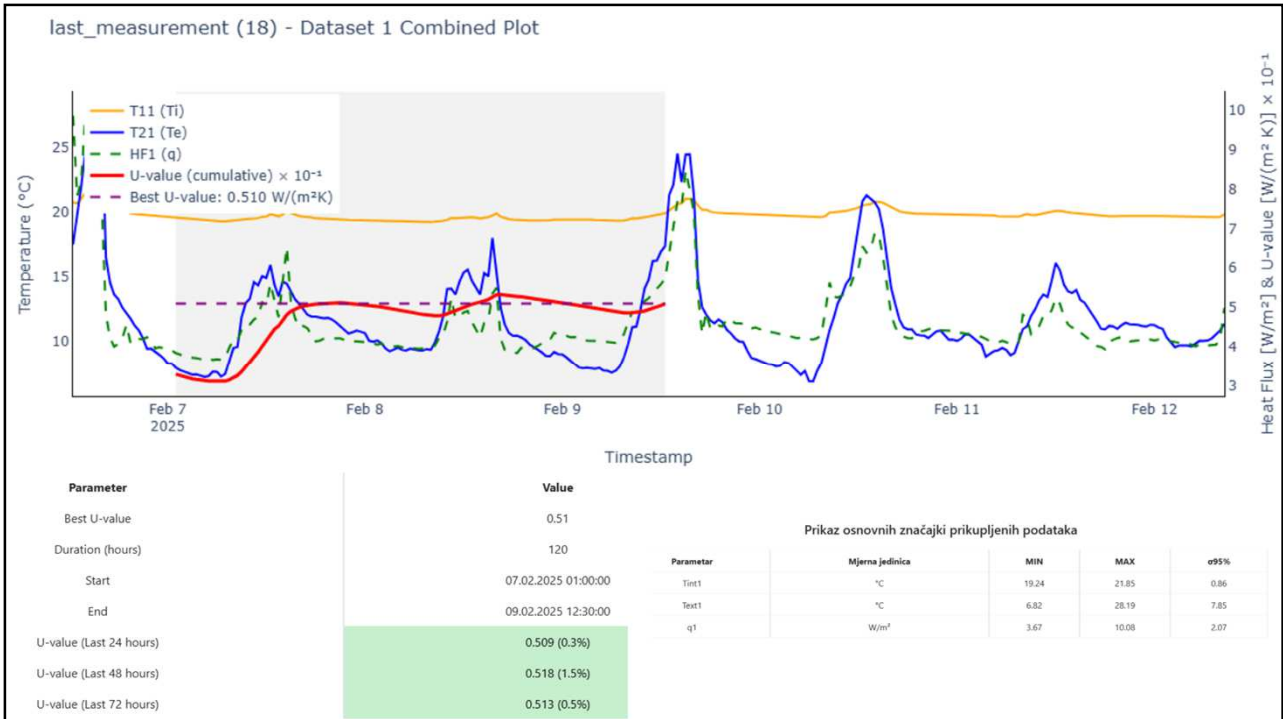
57

Mjerenje toplinskog toka

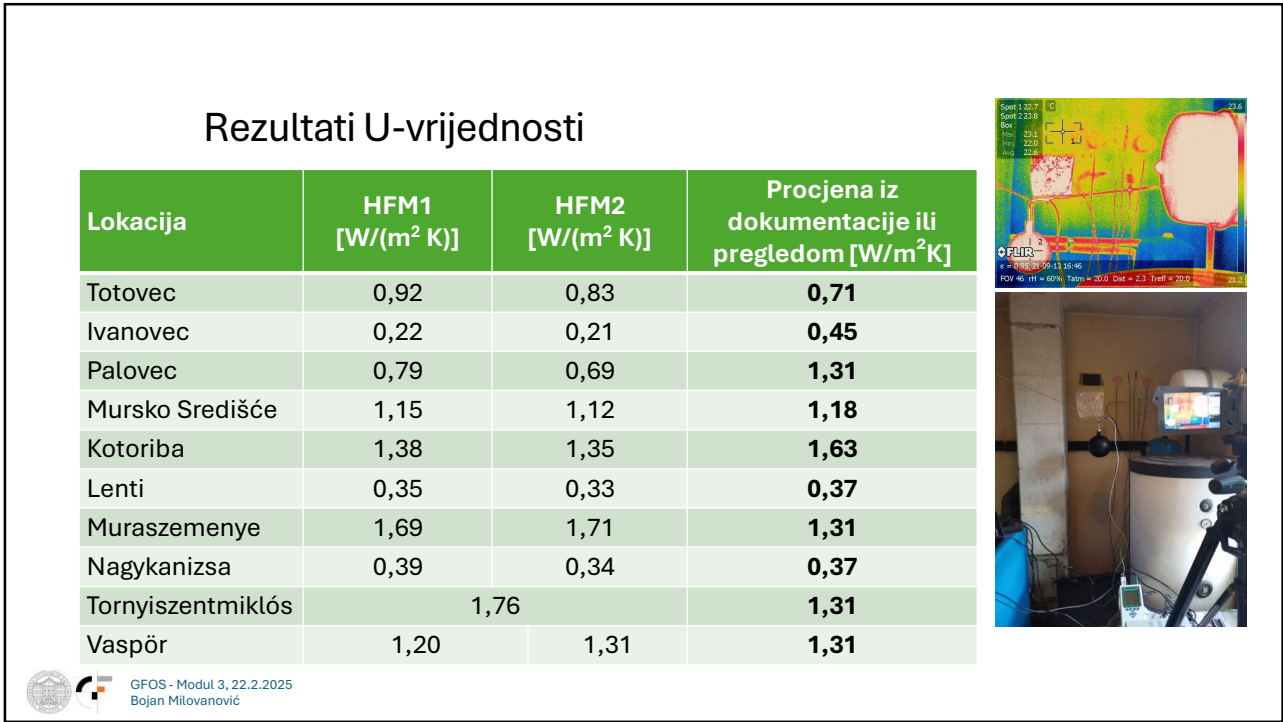


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

58



59



60

Primjer mjerenja



	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka	d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1800,00	1,000	0,020
2	2.20 Porobeton	7,500	750,00	0,240	0,313
3	Neprovjetravan sloj zraka	0,500	-	-	0,000
4	2.01 Armirani beton	17,000	2500,00	2,600	0,065
5	3.15 Polimerna žbuka	2,000	1100,00	0,700	0,029
6	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
7	Knauf Insulation ploča za kontaktne fasade FKD-N Thermal	10,000	95,00	0,034	2,941
8	Polimerno-cementno ljepilo _ dvostruko armirano	0,500	1650,00	0,900	0,006
9	3.16 Silikatna žbuka	0,300	1800,00	0,900	0,003
					R _{si} = 0,130
					R _{se} = 0,040
					R _T = 3,552
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,28		U = 0,28 ≤ U _{max} = 0,45		ZADOVOLJAVA	
Plošna masa građevnog dijela 570,65 [kg/m ²]		570,65 ≥ 100 kg/m ² U = 0,28 ≤ 0,45		ZADOVOLJAVA	



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

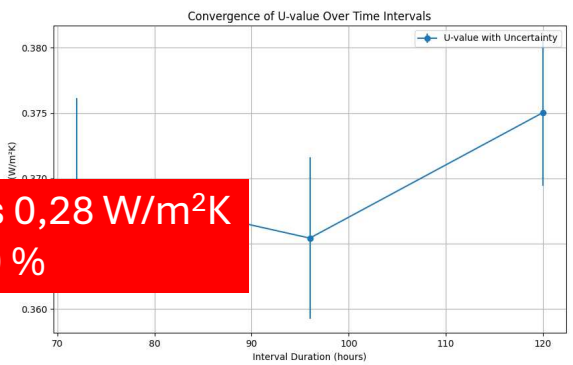
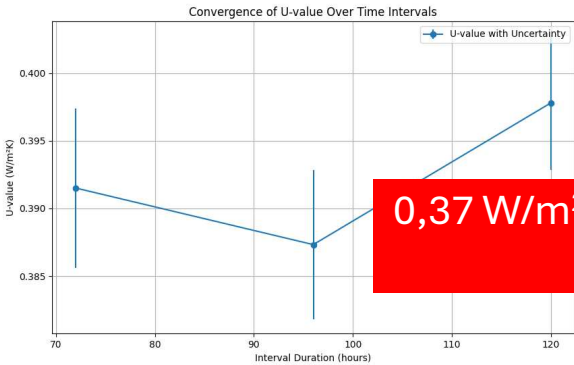


61

Varijacija utjecajnih parametara

1 m/s (unutarnji zrak)

0 m/s (izmjereno anemomentrom) i
sunčevo zračenje s WU:



Recap Table of All Analyzed Intervals:

Duration (hours)	U-value	Uncertainty (I)	r	M	p	S2	R^2	Standard Error
0	72.0	0.391511	0.006802	5	30	20163.900188	-6.726510	2.590454
1	96.0	0.387326	0.005521	5	30	46056.179045	-7.507688	2.828678
2	120.0	0.397888	0.004984	5	30	56406.796694	-8.625891	2.799756

Plots generated and saved successfully.
All intervals analyzed!

Recap Table of All Analyzed Intervals:

Duration (hours)	U-value	Uncertainty (I)	r	M	p	S2	R^2	Standard Error
0	72.0	0.369419	0.006739	5	30	36499.214626	-8.662387	2.908044
1	96.0	0.365429	0.006175	5	30	55304.836958	-9.232657	3.102232
2	120.0	0.375030	0.005597	5	30	68362.467798	-10.666142	3.082218

Plots generated and saved successfully.
All intervals analyzed!

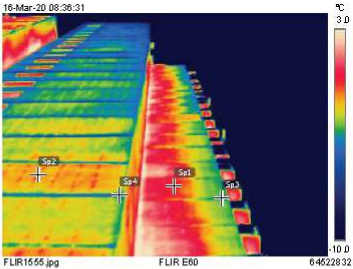


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

62

Primjer lošeg pristupa

Measurements	
Sp1	0.1 °C
Sp2	-0.6 °C
Sp3	-3.1 °C
Sp4	-4.7 °C
Parameters	
Emissivity	0.95
Ref. temp.	-4 °C



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

R.br.	Naziv građevnog dijela	Debljina (cm)	Vrijednost koeficijenta prema projektnim slojevima zida	Vrijednost koeficijenta prema stvarno izmjerenim 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

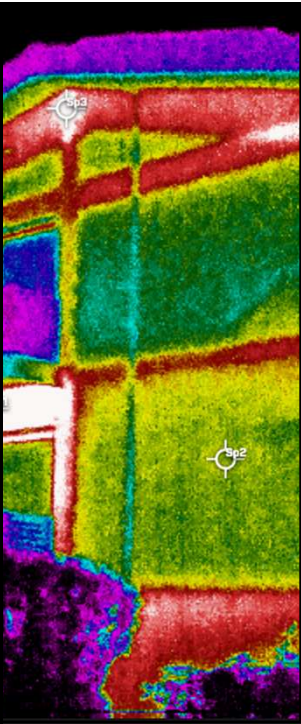


- diskretno mjerenje temperature u nekom trenutku u vremenu,
- bez analize konteksta mjerenja (u smislu djelovanja okoline na zgradu, a i onoga što se događalo u samoj zgradi).

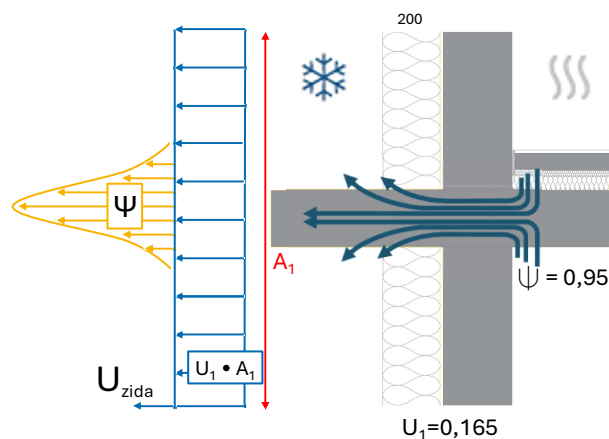


Bojan Milovanović

TOPLINSKI MOSTOVI



Što je toplinski most: fizički mehanizam



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

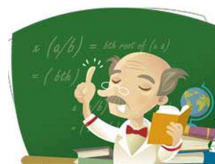
65

Kod projektiranja i građenja zgrada vrijedi načelo:

**TOPLINSKI MOSTOVI SE MORAJU IZBJEĆI, ODNOSNO
NJIHOVO DJELOVANJE TREBA ŠTO VIŠE OSLABITI**

Koristiti sve ekonomski prihvatljive tehničke i tehnološke mogućnosti!

• **ZAŠTO?**



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

66

66

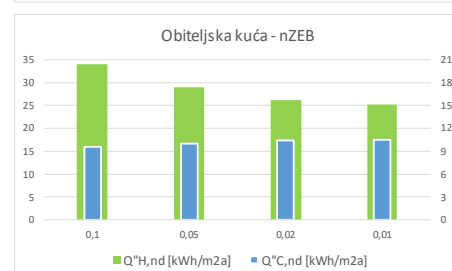
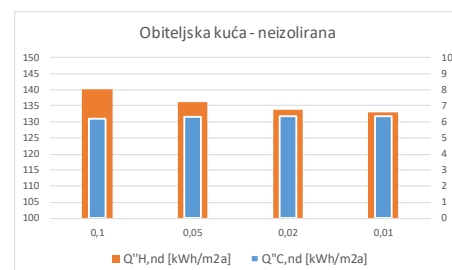
Primjer: - utjecaj TM na potrošnju energije

Kuća u Varaždinu

- $A_k = 182,40 \text{ m}^2$
- $A = 407,45 \text{ m}^2$
- $V_e = 570 \text{ m}^3$

Paušalni dodatak

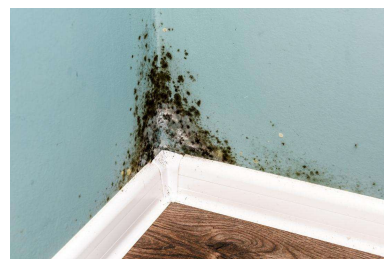
- $\Delta U_{TM} = 0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$
- $\Delta U_{TM} = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

67

Građevinska šteta!



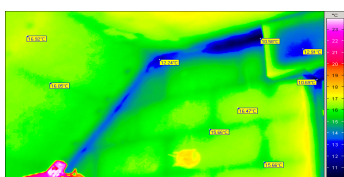
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

68

68

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 jakom, 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.

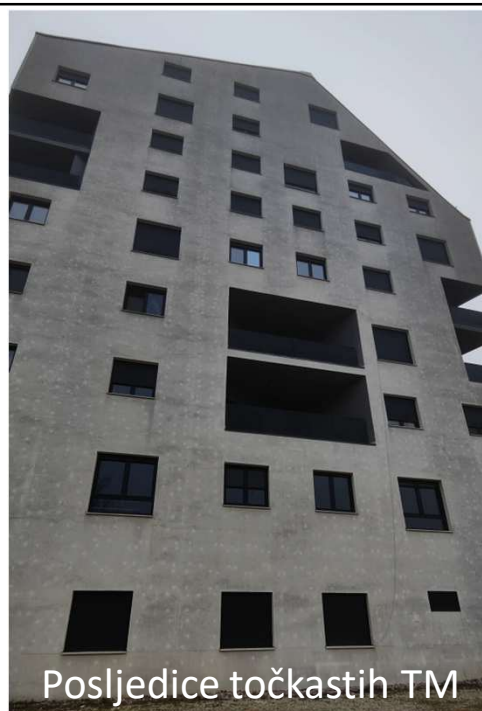


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

69

69

Posljedice linijskih TM



Posljedice točkastih TM

70



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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

71

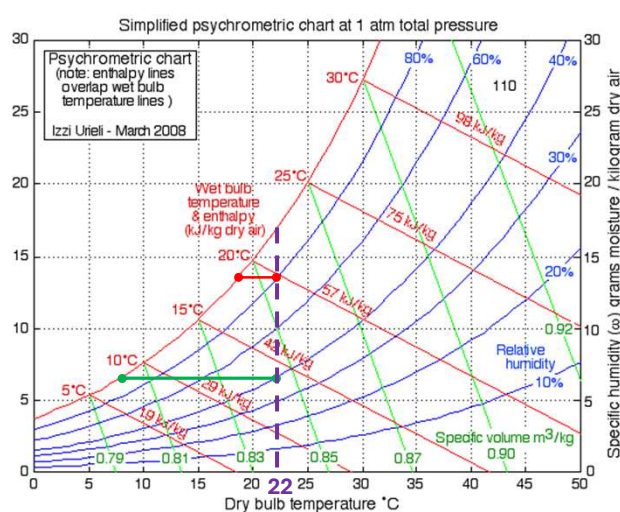
Rast plijesni objašnjen psihometrijskim grafom

Na 22°C unutarnjoj temperaturi (točkasta ljubičasta okomita crta):

- @40% RH, kondenzacija će se dogoditi na površinama hladnijim od 8°C (**zelena crta**)
- @80% RH, kondenzacija će se dogoditi na površinama hladnijim od 18°C! (**crvena crta**)

Ako se prekorači točka zasićenja, vodena para će se kondenzirati.

Vlažne površine savršena su hrana za plijesan.



source: <https://www.ohio.edu/mechanical/thermo/Applied/Chapt.7.11/Chapter10b.html> [4]



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

72

Kako smanjiti utjecaj toplinskih mostova?

...ako ih se ne može izbjeći u projektiranju



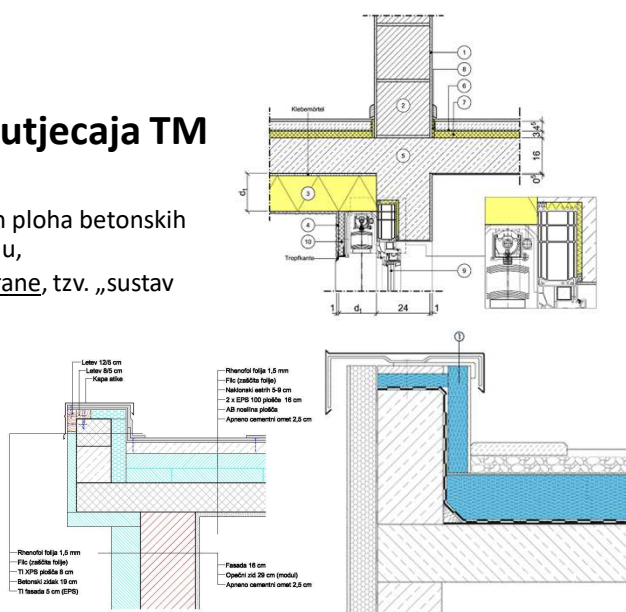
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

73

73

Načini i sredstva za smanjenje utjecaja TM

- **Obavijanjem slojem toplinske izolacije** svih ploha betonskih istaka koje probijaju glavnu toplinsku branu,
 - tj. izvedbom sekundarne toplinske brane, tzv. „sustav pakiranja“;



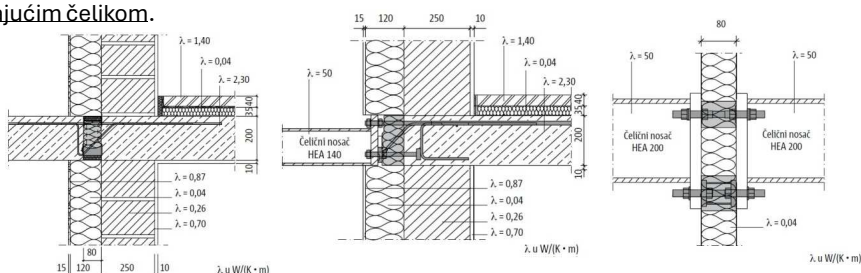
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

74

74

Načini i sredstva za smanjenje utjecaja TM – prekid konstrukcije

- **nosivi toplinsko-izolacijski element** koji se sastoji od nosive čelične konstrukcije (armatura) i izolacijskog sloja od EPS-a, XPS-a ili MW.
 - **Schöck Isokorb®**, ...
 - Ovakvi elementi se **upotrebljavaju za toplinsko odvajanje** vanjskih dijelova od grijanog dijela zgrade, tj. za **sprečavanje nastanka TM**.
 - Izolacijsko tijelo Isokorb-a u ravni toplinske izolacije **beton zamjenjuje EPS-om, a uobičajeni betonski čelik specijalnim nehrđajućim čelikom**.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

75

Kako znam koliko je ozbiljan moj toplinski most?



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

76

76

Proračun duljinskih koeficijenata prolaska topline iz 3D proračuna

- Vrijednost duljinskog koeficijenta prolaska topline, ψ , određuje se iz izraza:

$$\psi = L_{2D} - \sum_{j=1}^{N_j} U_j l_j$$

- gdje je
 - L_{2D} koeficijent toplinske veze dobiven iz 2-D proračuna komponente koja razdvaja dva promatrana okoliša, u $W/(m \cdot K)$,
 - U_j plošni koeficijent prolaska topline 1-D komponente j koja razdvaja dva promatrana okoliša, $[W/(m^2 \cdot K)]$
 - l_j duljina na koju se odnosi vrijednost U_j , [m]
 - N_j broj 1-D komponenata.



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

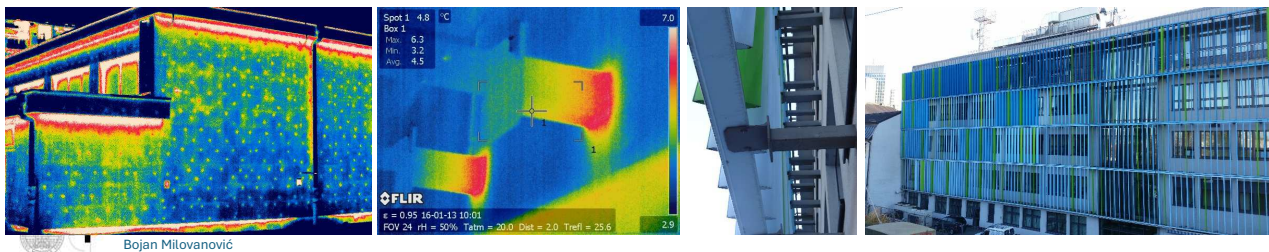
$$\psi = \begin{array}{c} \text{3D model with hole} \\ Q = 0,321 \text{ W/mK} \end{array} - \begin{array}{c} \text{3D model without hole} \\ Q = 0,317 \text{ W/mK} \end{array} = 0,004 \text{ W/mK}$$



Točkasti koeficijent prolaska topline, χ

- χ kvantificira utjecaj točkastog toplinskog mosta (povećanje prolaska topline) na ukupni toplinski tok
 - jednak je povećanju stacionarnog toplinskog toka kroz točkasti toplinski most, u odnosu na neporemećeno područje

$$\chi = L_{3D} - \sum_{i=1}^{N_i} U_i A_i - \sum_{j=1}^{N_j} \psi_j l_j$$



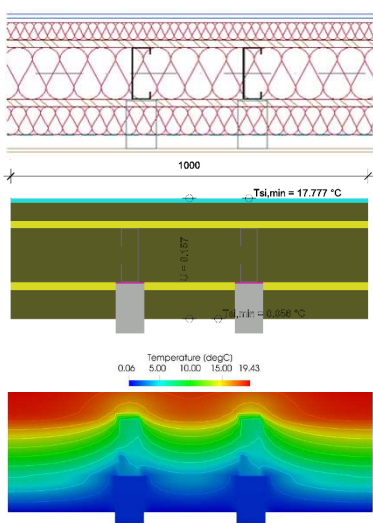
79

Efektivna U-vrijednost -> uključivo linijske TM

Proračun toplinskih mostova numeričkim metodama



Building Element	Steel Stud Spacing [cm]	U_{eff} [W/(m² K)]	R_{eff} [m² K/W]	U [W/(m² K)]	R [m² 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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

80

Karakteriziranje (opisivanje) TM s obzirom na površinsku temperaturu u prostoriji

- Temperatura na površini TM sa strane prostorije karakterizira se:
 - **Faktorom temperature na unutarnjoj površini f_{Rsi} :**

$$f_{Rsi} = \frac{(\theta_{si} - \theta_e)}{(\theta_i - \theta_e)}$$

- $f_{Rsi} = 1$
 - površinska temperatura sa strane prostorije jednaka je temperaturi zraka u prostoriji
- $f_{Rsi} = 0$
 - površinska temperatura sa strane prostorije jednaka je temperaturi vanjskog zraka

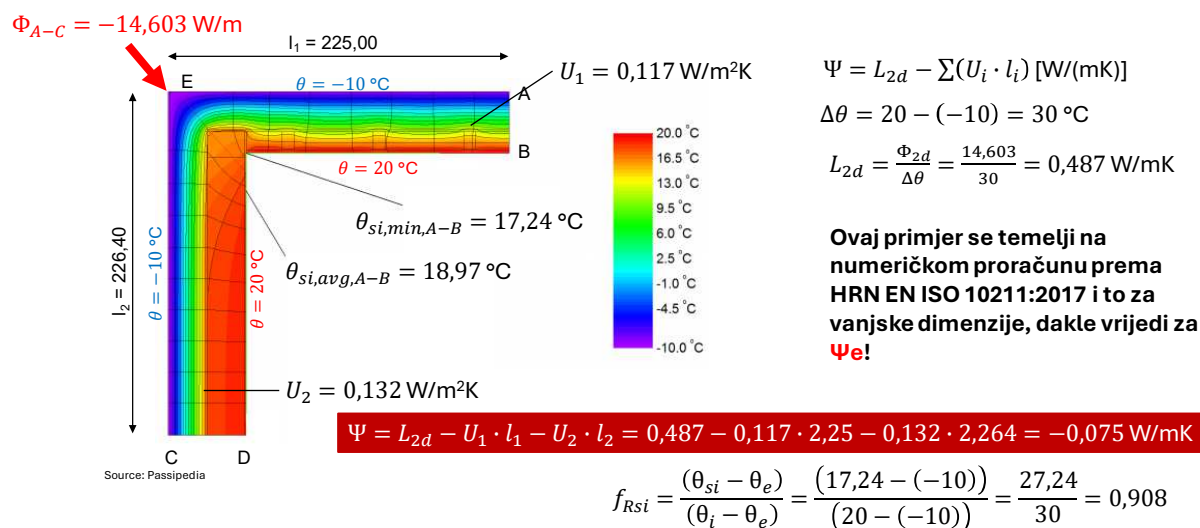
$f_{Rsi} \geq 0.70$ na najnepovoljnijoj točki za sve toplinske mostove



Primjeri proračuna i usporedbe



Primjer: proračun Ψ vrijednosti



83

Primjer oblaganje 5 cm vs. Isokorb

Rezultati iz CRORAL-a

84

Primjer višestambene zgrade

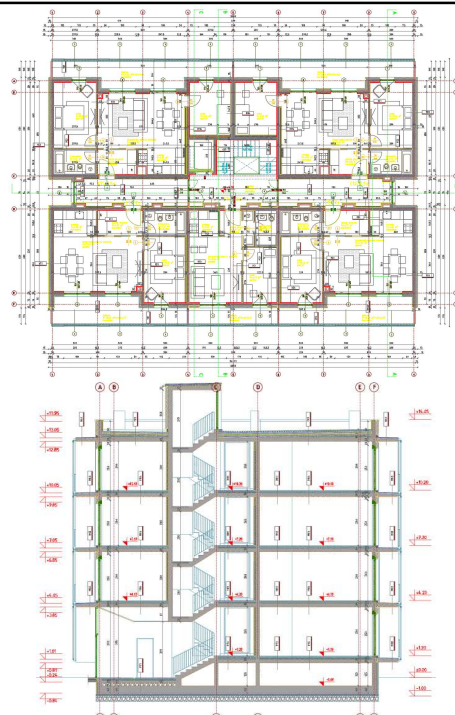


Osnovne geometrijske karakteristike:

- $A_k = 1204,23 \text{ m}^2$
- $A = 2179,3 \text{ m}^2$
- $V = 3578,13 \text{ m}^3$
- $V_e = 4472,66 \text{ m}^3$



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



85

Kratka analiza za prethodni slučaj

U ove detalje JE moguće ugraditi Schoeck														
	H	Detalji balkona, nadstrešnice i atike nose 80 – 90 % ukupnih gubitaka preko TM za slučaj ove zgrade												m
Duljine [m]													Ψ_{xL}	
22,8													11,6508	
30,7													8,08024	
66,1													41,6489	
77,9													23,6567	
20,7													-1,68229	
26,78													8,68208	
32,8													1,79416	
3,12	0,6	1,872	Detalj 80	0,2893	0,90262	Detalj 1081	0,20252	0,631862	Detalj 81	0,14067	0,4389	Detalj 2081	0,123	0,38376
	Suma Ψ_{xL}	218,94		Suma Ψ_{xL}	114,133		Suma Ψ_{xL}	112,1446		Suma Ψ_{xL}	85,578		Suma Ψ_{xL}	94,2144



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

86

86

U ove detalje NIJE moguće ugraditi Schoeck								
Duljine [m]	HRN EN ISO 14683		HRN EN 10211 (CRORAL) - TI 15 cm			HRN EN 10211 (CRORAL) - TI 30 cm		
	Ψ	Ψ_{xL}	Oznaka detalja	Ψ	Ψ_{xL}	Oznaka detalja	Ψ	Ψ_{xL}
2,9	0,6	1,74	Detalj 5	0,2059	0,59711	Detalj 7	0,18	0,522
38,5	0,6	23,1	Detalj 51	0,16538	6,36713	Detalj 52	0,2276	8,7626
12,35	0,05	0,6175	Detalj 6	-0,0308	-0,38038	Detalj 6a	-0,0333	-0,41126
16,9	-0,05	-0,845	Detalj 7	-0,0731	-1,23539	Detalj 7a	-0,0602	-1,01738
11,3	0,05	0,565	Detalj 8	0,0228	0,25764	Detalj 8a	0,0224	0,25312
1	0,05	0,05	Detalj 9	0,399	0,399	Detalj 9a	0,264	0,264
3,52	0,05	0,276	Detalj 14	0,042	0,23184	Detalj 14a	0,06	0,3312
33,12	-0,05	-1,656	Detalj 15	-0,025	-0,828	Detalj 15a	0,017	0,56304
19,32	0,45	8,694	Detalj 16	0,109	2,10588	Detalj 16a	0,096	1,85472
3,95	0	0	Detalj 17	0,0132	0,05214	Detalj 17a	0,0256	0,10112
5,52	0,05	0,276	Detalj 18	0,08431	0,465391	Detalj 18a	0,1558	0,860016
108,96	0	0	Detalj 20	0,0086	0,937056	Detalj 20a	0,0273	2,974608
	Suma Ψ_{xL}	29,2435	Suma Ψ_{xL}	11,87405		Suma Ψ_{xL}	19,49776	

HRN EN 14683

- Precjenjuje utjecaj TM za predmetnu zgradu
- Ograničen izbor detalja (projektirani detalji TM znatno kompleksniji od onih ponuđenih)

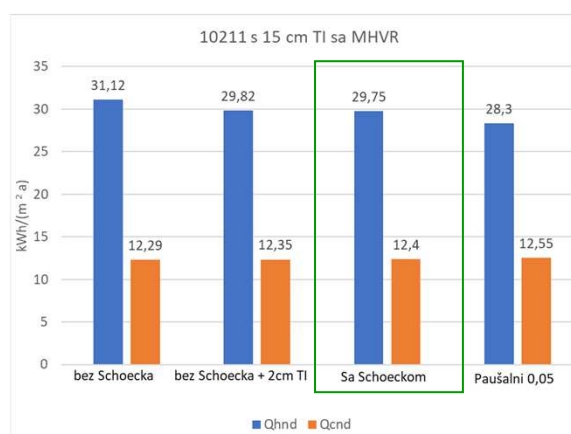
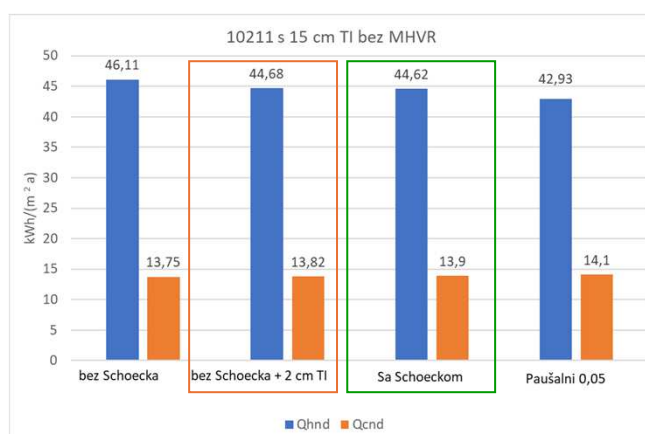


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

87

87

AB + 15 cm TI na zidovima → Oblaganje 5 cm vs. Isokorb



Svi toplinski mostovi na predmetnoj zgradi uzeti u obzir i proračunati u Croralu

Schoeck – balkon, nadstrešnica i atika

Balkon & nadstrešnica - Oblaganje iznad i ispod s 5 cm TI

Atika – fasada 15 cm, krov 5 cm

$Q''_{H,nd}$
 $Q''_{C,nd}$

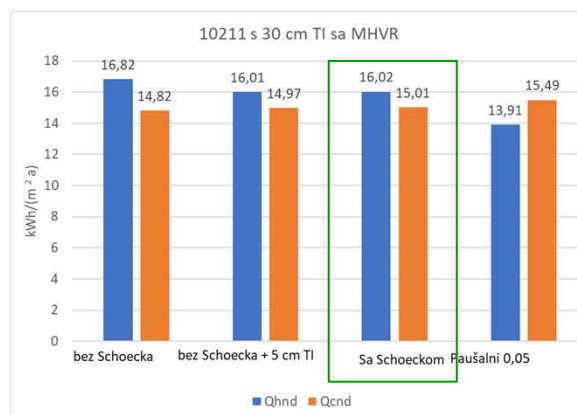
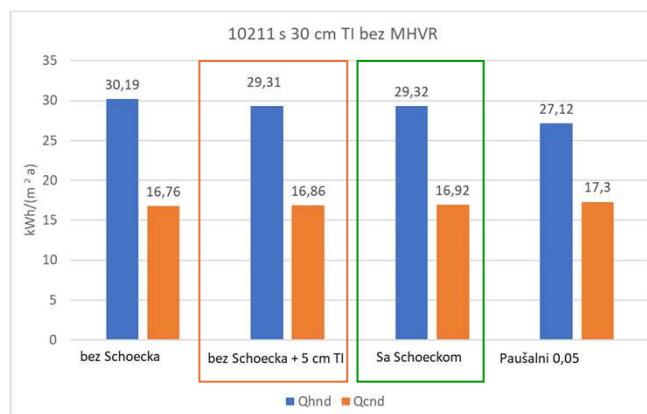


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

88

88

AB + 30 cm TI na zidovima → Oblaganje 10 cm vs. Isokorb



Svi toplinski mostovi na predmetnoj zgradi uzeti u obzir i proračunati u Corralu
 Schoeck – balkon, nadstrešnica i atika
 Balkon & nadstrešnica - Oblaganje iznad i ispod s 10 cm TI
 Atika – fasada 30 cm, krov 10 cm



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
 Bojan Milovanović

$Q''_{H,nd}$
 $Q''_{C,nd}$

89

89

Usporedba - balkon Isokorb vs. Oblaganje s 5 i 10 cm TI

Ψ vrijednosti & $T_{si, min}$

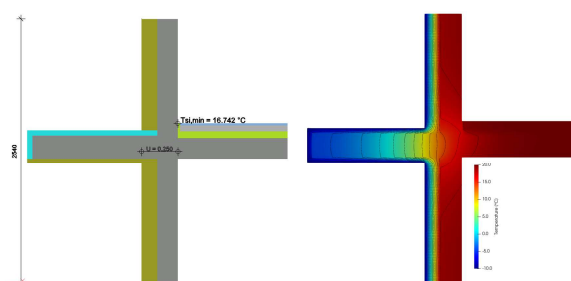


Figure 1. Detail 1a – 5 cm

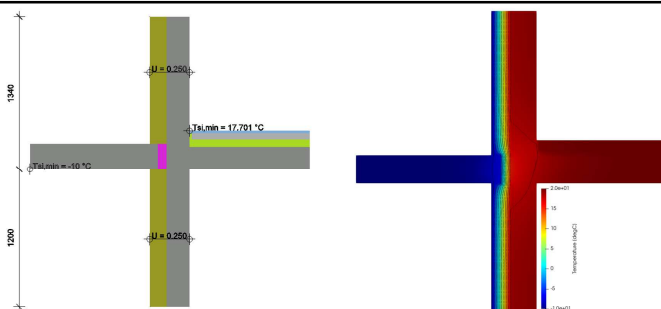


Figure 3. Detail 1c with thermal break

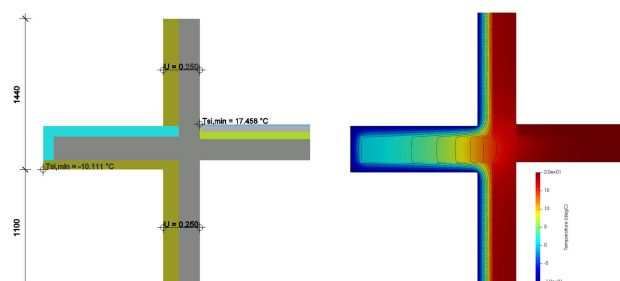


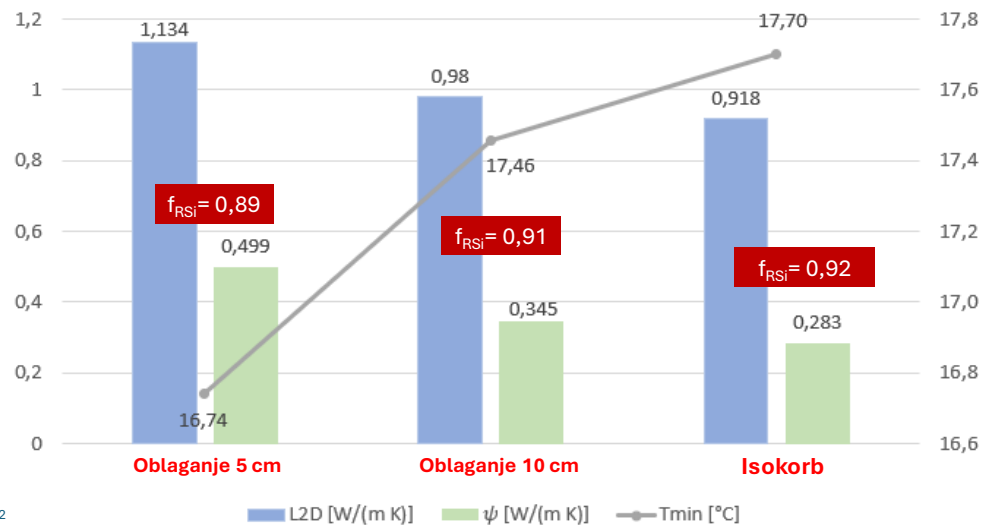
Figure 2. Detail 1b with thermal insulation – 10 cm



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
 Bojan Milovanović

90

Usporedba - balkon Isokorb vs. Oblaganje s 5 i 10 cm izolacije

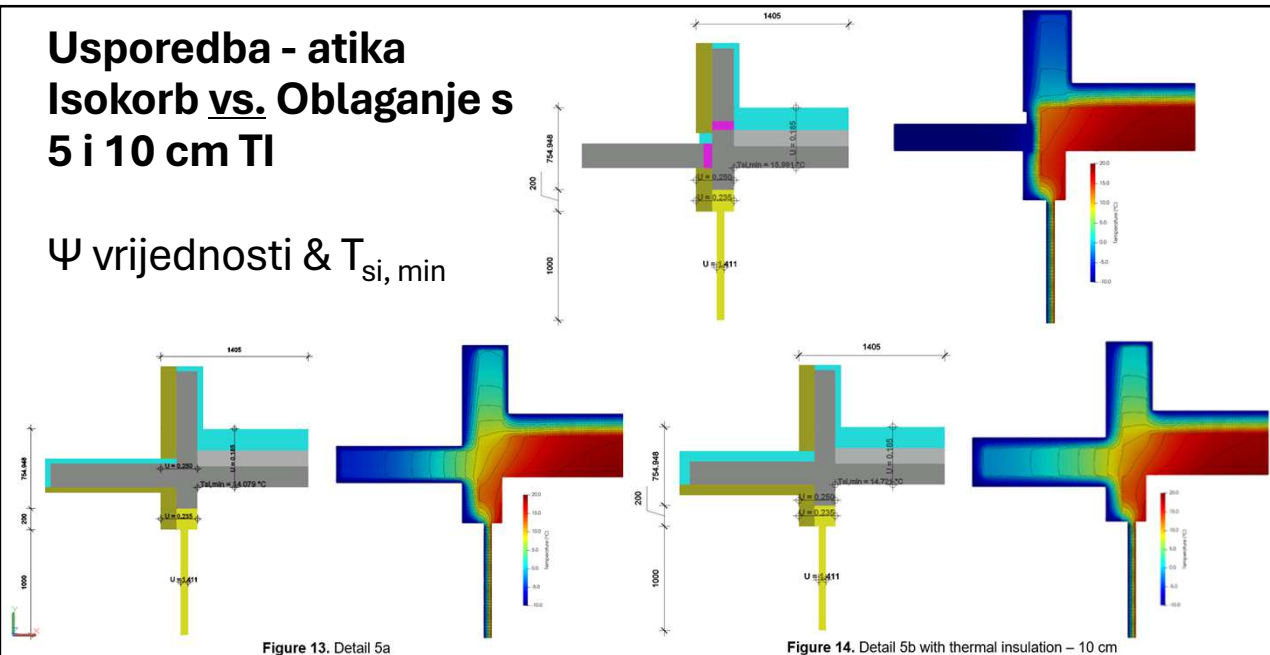


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

91

Usporedba - atika Isokorb vs. Oblaganje s 5 i 10 cm TI

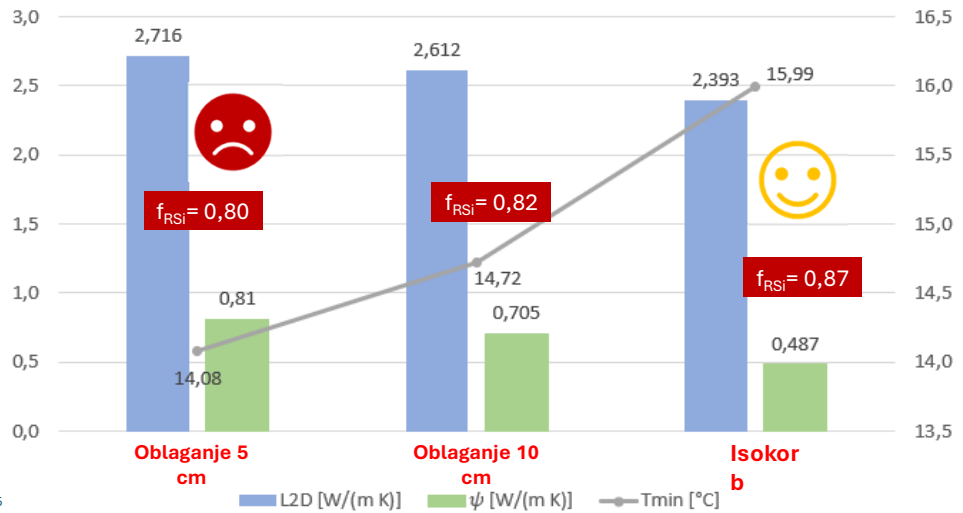
Ψ vrijednosti & $T_{si, min}$



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

92

Usporedba - atika Isokorb vs. Oblaganje s 5 i 10 cm izolacije



93

Dew Point Temperature: **12.0°C** (53.6°F or 285.1K)
Water Vapor Pressure : 1,403 Pa
Saturation Water Vapor Pressure: 2,338 Pa
Absolute Humidity: 10.3705 g/m³
Moisture Volume Concentration: 13,847 ppm (1.3847%)
Moisture Weight Concentration: 8,611 ppm (0.8611%)

Air Temperature	20	Celsius °C
Relative Humidity	60	%
Dew Point Temperature		Celsius °C

Dew Point Temperature: **11.6°C** (52.9°F or 284.7K)
Water Vapor Pressure : 1,366 Pa
Saturation Water Vapor Pressure: 1,607 Pa
Absolute Humidity: 10.3031 g/m³
Moisture Volume Concentration: 13,479 ppm (1.3479%)
Moisture Weight Concentration: 8,382 ppm (0.8382%)

Air Temperature	14.08	Celsius °C
Relative Humidity	85	%
Dew Point Temperature		Celsius °C

Dew Point Temperature: **11.8°C** (53.2°F or 284.9K)
Water Vapor Pressure : 1,382 Pa
Saturation Water Vapor Pressure: 1,818 Pa
Absolute Humidity: 10.3549 g/m³
Moisture Volume Concentration: 13,637 ppm (1.3637%)
Moisture Weight Concentration: 8,480 ppm (0.848%)

Air Temperature	16	Celsius °C
Relative Humidity	76	%
Dew Point Temperature		Celsius °C

94

Preduvjeti za rast gljivica i plijesi

✓ **Kondenzacija vodene pare nije preduvjet za rast gljivica i plijesni!**

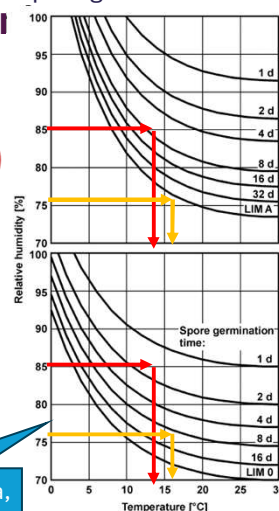
✓ Klijanje i rast ovise o mnogo faktora (dostupnost nutrijenata, temperatura, vrijeme, sadržaj vode u porama građevinskih materijala, ...).

✓ **Ključni faktor u zgradama: relativna vlažnost na površini!**

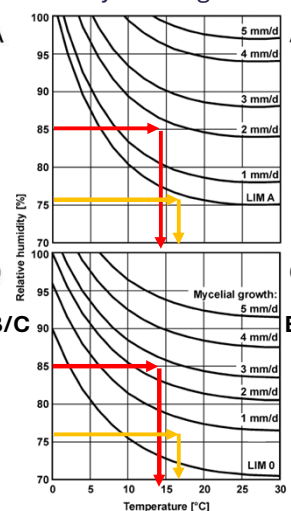


U optimalnim uvjetima, spore različitih razreda hazarda

Spore germination



Mycelium growth



Source: Sedlbauer



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

95

Substrate category 0: Optimal culture medium

Substrate category I: Biologically recyclable building materials like wall paper, plaster cardboard, building materials made of biologically degradable raw materials, material for permanently elastic joints;

Substrate category II: Building materials with porous structure such as renderings, mineral building material, certain wood as well as insulation material not covered by I;

Substrate category III: Building materials that are neither degradable nor contain any nutrients.

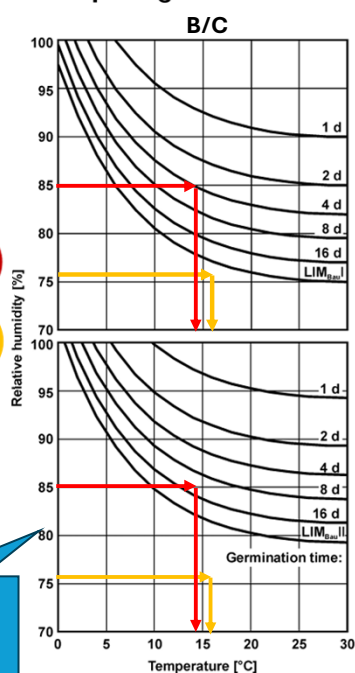
represent, the so-called „hazardous classes“ are defined as follows:

A. Fungus or its metabolic products are highly pathogenic; they are not allowed to occur in used dwellings.

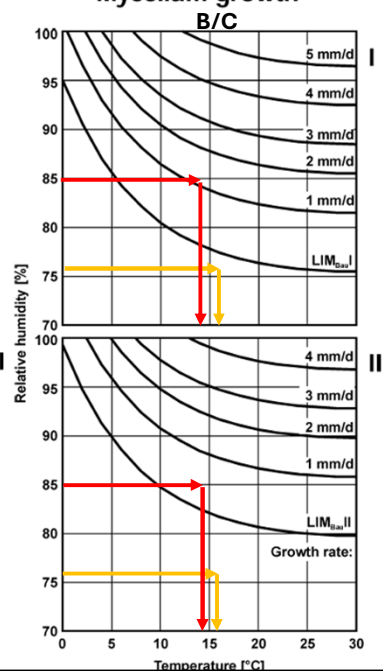
B. Fungus or its metabolic products are pathogenic when exposed in rooms over a long period or they may cause allergic reactions.

C. Fungus is not dangerous to health, fungus formation however, may cause economic damage.

Spore germination



Mycelium growth



U uvjetima I i II, spore razreda hazarda B/C



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

96

S PREKIDOM TOPLINSKOG MOSTA
ZNATNO MANJI RIZIK POJAVE
GRAĐEVINSKE ŠTETE



97

Troškovi?



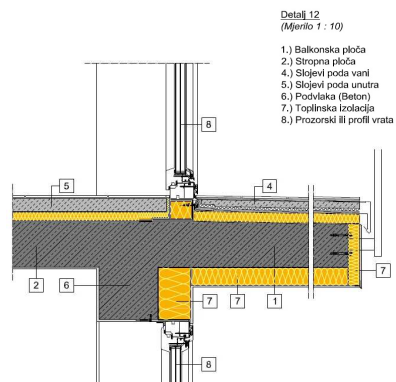
98

Oblaganje

Balkon	Lx (m)	Ly (m)	d (m)	
	5,8	2	0,2	
2. BALKON MONOLITNI BEZ ISOKORB ELEMENTA				
MATERIJAL	jed. mjere	količina	jed. cijena	ukupno
Keramika pod	m ²	11,60	60,00 €	696,00 €
Keramika sokl	m'	5,80	20,00 €	116,00 €
Maska slojeva i okap	m'	9,80	30,00 €	294,00 €
Hidroizolacijski premaz	m ²	11,60	30,00 €	348,00 €
Armirana glazura u padu 4-6 cm	m ²	11,60	80,00 €	928,00 €
Drenažna traka sa čepićima	m ²	11,60	4,00 €	46,40 €
Toplinska izolacija XPS 4 cm	m ²	11,60	45,00 €	522,00 €
Hidroizolacija	m ²	11,60	30,00 €	348,00 €
Beton C25/30	m ³	2,32	160,00 €	371,20 €
Armatura	kg	174,00	2,00 €	348,00 €
Oplata	m ²	13,56	30,00 €	406,80 €
Toplinska fasada s 5 cm EPS-a	m ²	13,56	40,00 €	542,40 €
SVEUKUPNO				4.966,80 €
SVEUKUPNO / m' balkona širine 2m				856,34 €



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



99

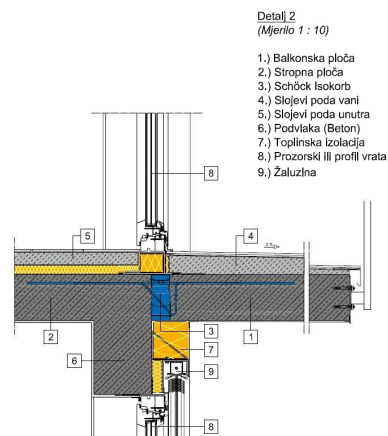
99

Isokorb

Balkon	Lx (m)	Ly (m)	d (m)	
	5,80	2	0,20	
2				
1.A. PODGLED - VIDNI BETON				
MATERIJAL	jed. mjere	količina	jed. cijena	ukupno
Isokorb K	m'	5,80	175,00 €	1.015,00 €
Keramika pod	m ²	11,60	60,00 €	696,00 €
Keramika sokl	m'	5,80	20,00 €	116,00 €
Tipski okap	m'	9,80	30,00 €	294,00 €
Hidroizolacijski premaz	m ²	11,60	30,00 €	348,00 €
Armirana glazura u padu 4-6 cm	m ²	11,60	80,00 €	928,00 €
Beton C25/30	m ³	2,32	160,00 €	371,20 €
Armatura	kg	174,00	2,00 €	348,00 €
Oplata	m ²	13,56	30,00 €	406,80 €
Zaštitni premaz	m ²	13,56	20,00 €	271,20 €
SVEUKUPNO				4.794,20 €
SVEUKUPNO / m' balkona širine 2m				826,59 €



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



100

100

Troškovi

~ 30 EUR/m' niža cijena za predmetni slučaj

(Samo za materijal)

+

Rad
&
Vrijeme



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

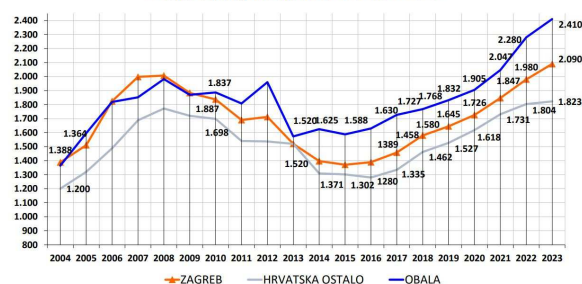
101

101

Troškovi / Zaključak

- **Povećanje korisne površine (Ak)** za iste bruto gabarite – veća prodajna kvadratura
- Na pokazanom primjeru **uštede su bile 2 cm odnosno 5 cm** u debljini izolacije vanjskih zidova
- Kompleksnost detalja kada je potrebno izvesti TI s obje strane
- Vizualno / funkcionalno

Prosječna postignuta cijena stanova 2002. - 2023.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

102

Zašto ne prekidamo toplinske mostove?



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

103

KAKO KONTROLIRATI KVALITETU NZEB-A?

1.

Provjera
zrakopropusnosti
ovojnice

Blower Door
test

2.

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

3.

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

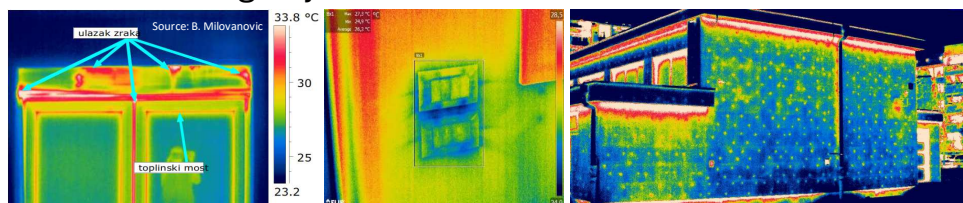


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

104

KAKO KONTROLIRATI KVALITETU NZEB-A

- Infracrvena termografija

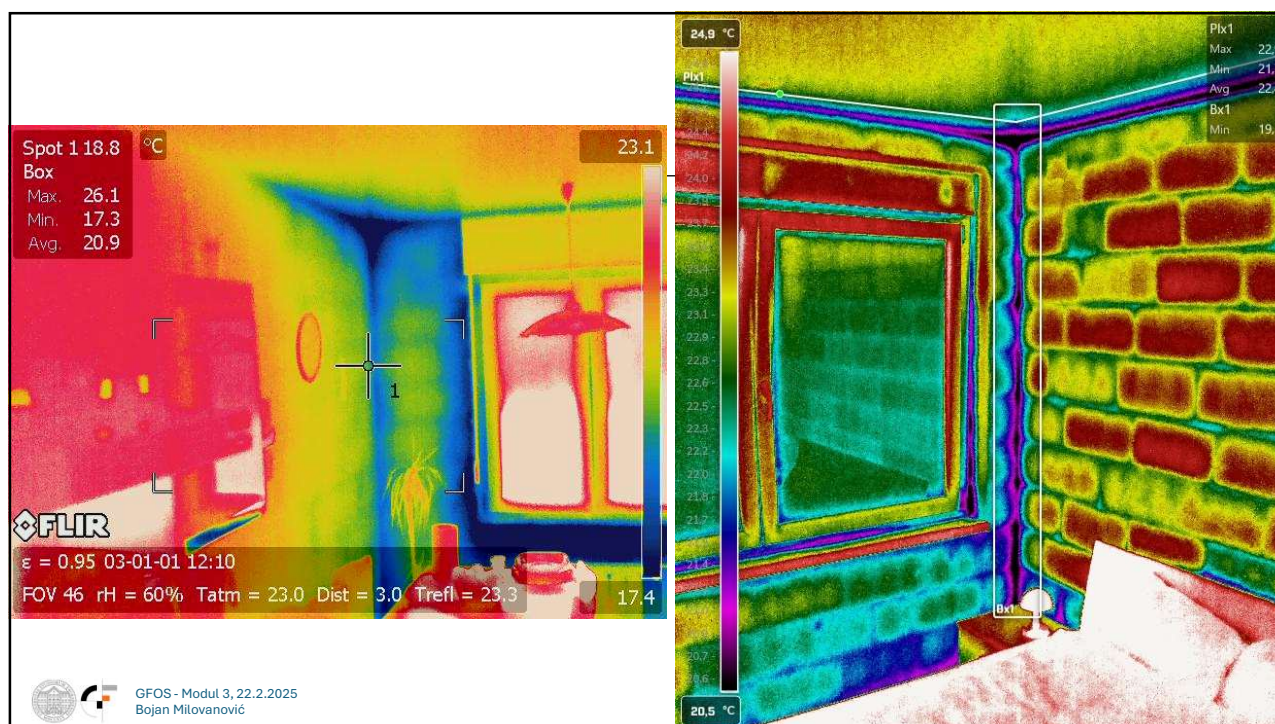


- Blower door



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

105



106

Zrakopropusnost vanjske ovojnice



107



AIRTIGHT BUILDING...

but don't we need air?

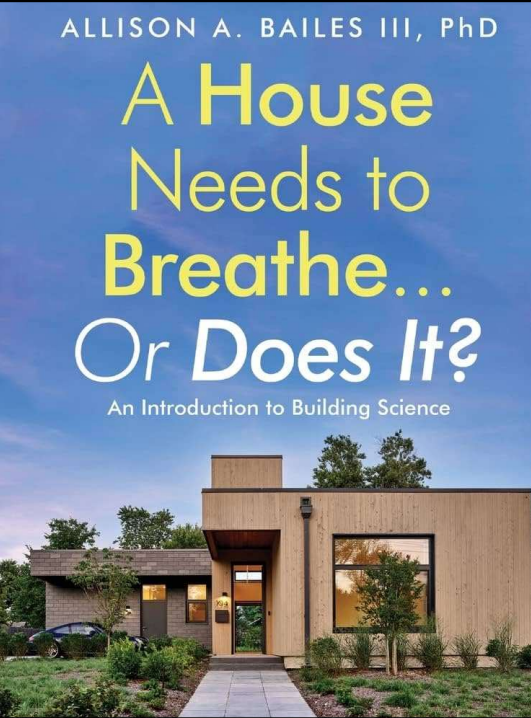
How does this work?



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

108

108





109

109

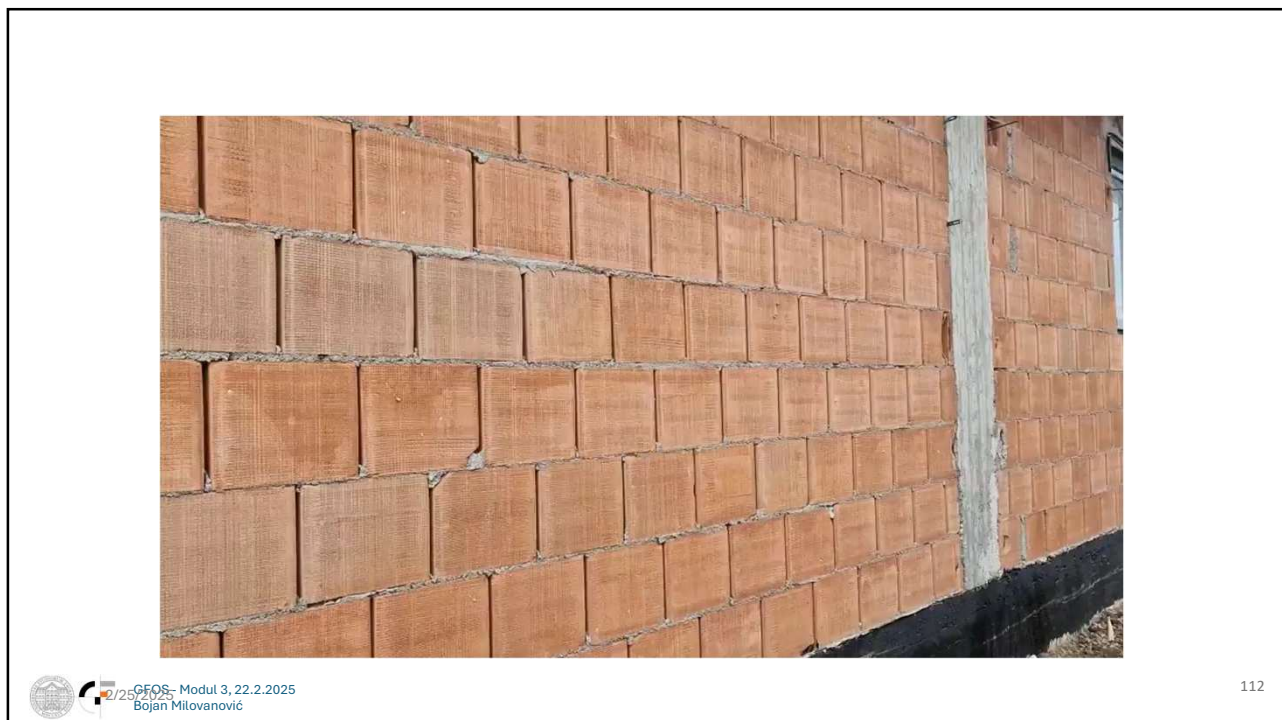
OSTVARITI ZRAKONEPROPUSNU VANJSKU OVOJNICU ZGRADE

- **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.

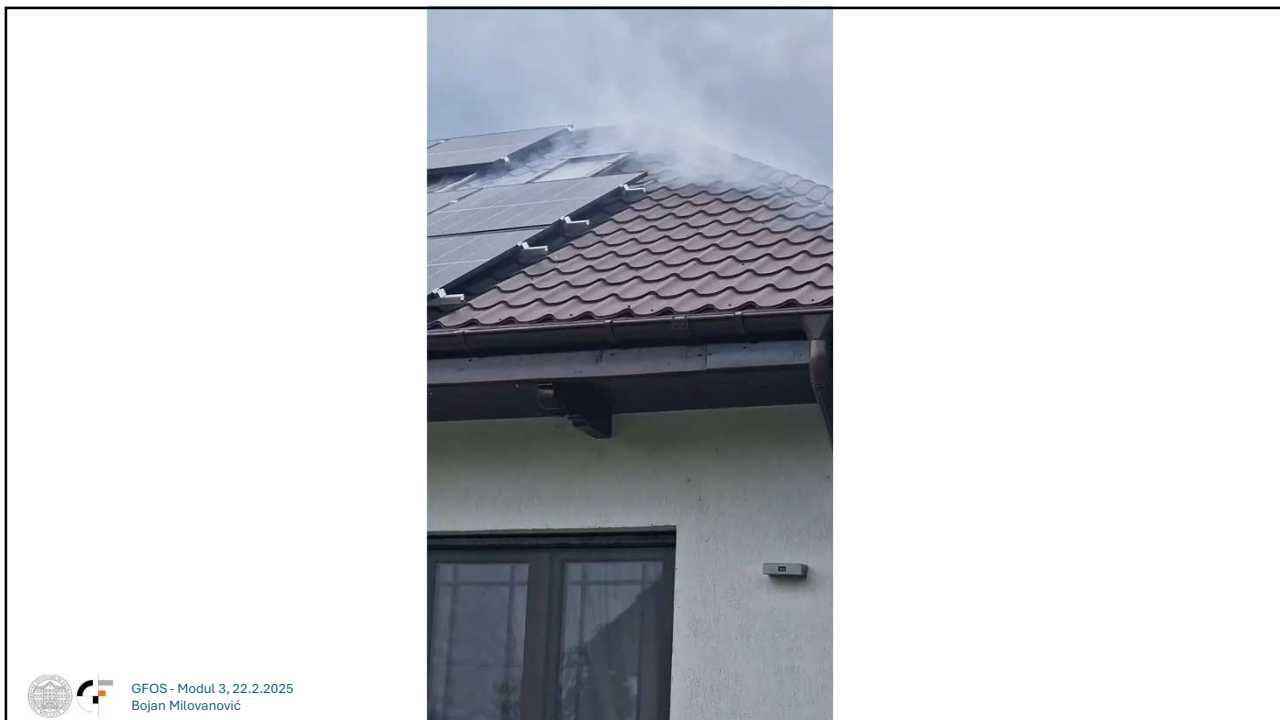




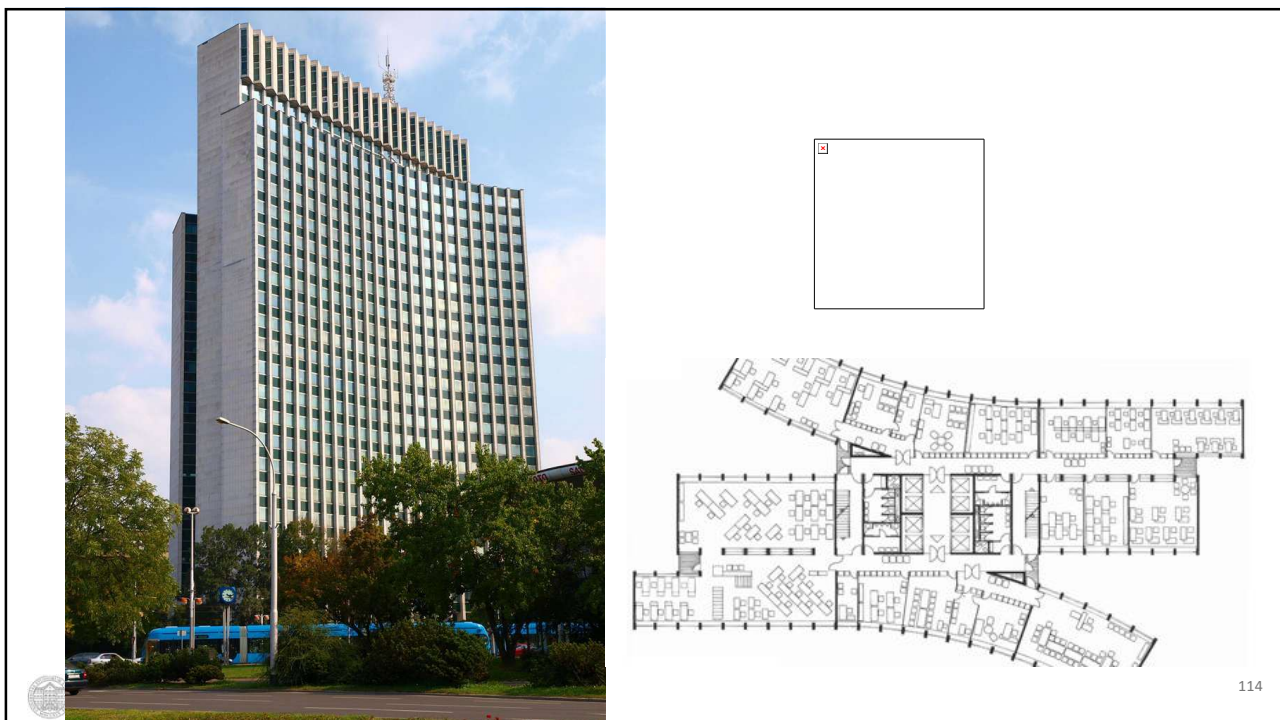
111



112



113



114



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






GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

115

115

GRAĐEVINSKI DIJELOVI ZGRADE				
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka $H_{tr,adi}$ [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 cjelina 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 ☐ etažno	☐ centralno	☐ nema	
Način pripreme potrošne tople vode	☐ lokalno	☐ centralno	☐ nema	
Izvor energije za grijanje zgrade	☐ prirodni plin ☐ loživo ulje ☐ drvo (cjepanice) ☐ daljinski izvor	☐ ukapljeni naftni plin ☐ električna energija ☐ drvena biomasa ☐	☐ nema	



Bojan Milovanović

16

116

METODOLOGIJA PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA ZGRADA 2021

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

117

117

Što sad izmišljaju?

DK 597.1.097.9

Ukupno strana 4

JUGOSLOVENSKI STANDARD SA OBAVEZOM 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.		
Heat in building constructions. Ventilating balance of apartment		
Ovaj standard je nastao revizijom standarda JUS U.J5.100 iz 1975. godine.		
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 ispuhati dovoljnu količinu vazduha za stvaranje potpritisaka od 50 Pa.	

Bojan Milovanović

5.2.5. Utikači, prekidači i drugi strujni otvori kod cevnje elektroinstalacije zaptivaju se na isti način.
Panel-ploča (zamena za ulazna vrata)

Polje 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

6 Postupak
Polje se zatvori ulazna vrata, odnosno zamena panel-pločom, uključuje se ventilator pri zatvorenom pri-gulnom elementu. Zatim se priključi element otvara mre 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.

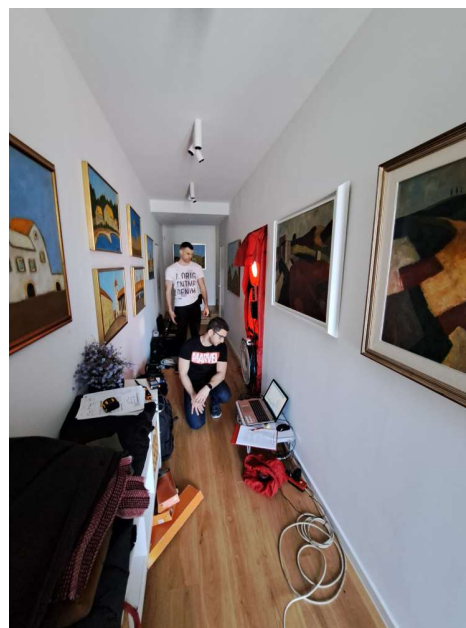
7 Broj ispitivanja
7.1 Izbor stanova
Stanovi koji se ispituju po ovom standardu određuju se žrebom.
7.2 Broj stanova koji se određuje žrebom
Ako zgrada ima manje od pet stanova istog tipa, žrebom se određuje jedan stan, iznad deset stanova određuje se na svakih deset stanova po jedan i na celokupni nedeljivi ostatak jedan stan.

118

118

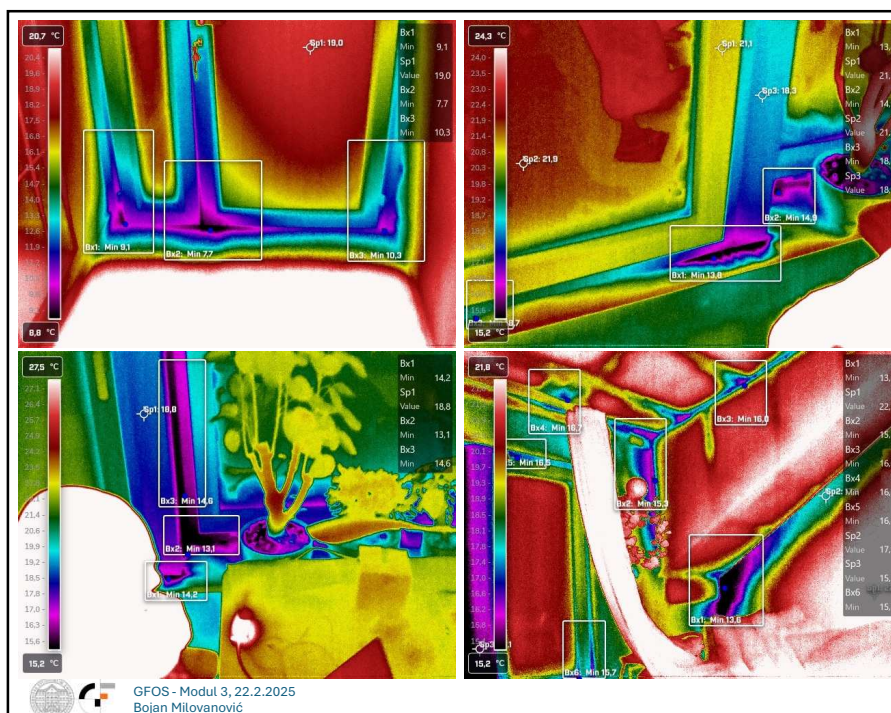
Energijska učinkovitost

Ušteda energije uz istu ili povećanu razinu ugodnosti!



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

119



- Investitor i korisnik zgrade tražili ispitivanje jer im je neudobno

120

- 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]



Bojan Mitovanović



121

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.

GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Mitovanović

122

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.

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

**BUILD TIGHT
VENTILATE RIGHT!**



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.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

123

METODOLOGIJA PROVOĐENJA ENERGETSKOG PREGLEDA ZGRADA 2021 - Procjena n_{50}

- 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)

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

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 $n_{50}(\text{h}^{-1})$	Brick and block low rise $n_{50}(\text{h}^{-1})$	Concrete/curtain wall high rise $n_{50}(\text{h}^{-1})$
Basic leakage	3	8	3
Leakage item adjustment:			
Floor 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 $n_{50} > 2,0$.

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 tlacrt	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

124

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

Tablica 1.5 (DIN V 18599-2) Proračunske vrijednosti n₅₀ 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.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

125

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 = 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
Muraszemenye	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
Tornyiszentmiklós	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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



126

Primjeri **zrakopropusne** ovojnice



Source: B. Milovanovic



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

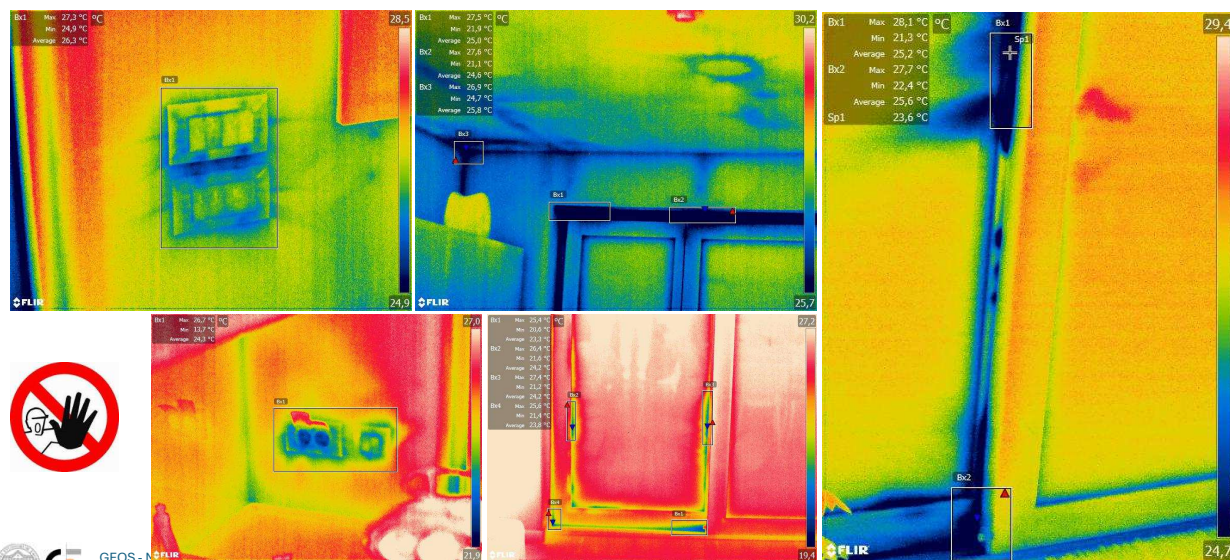
127



GFOS -
Bojan Milovanović

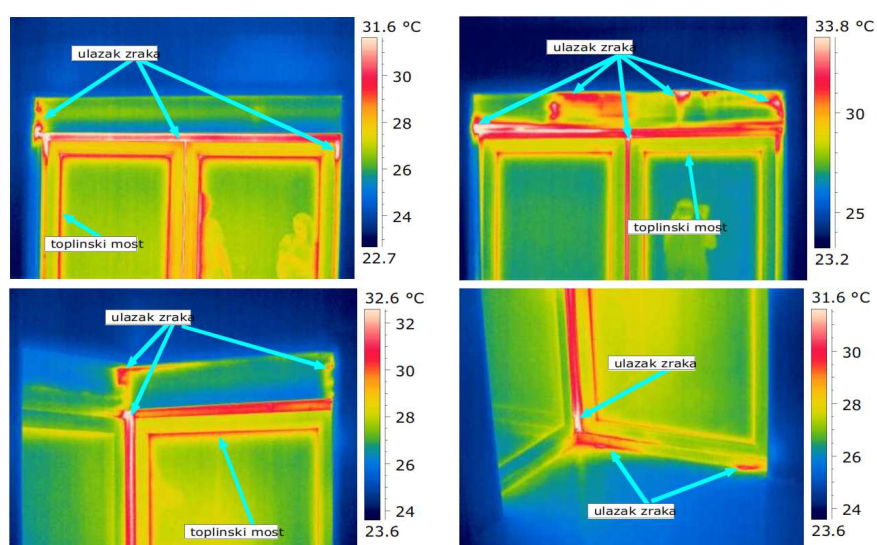
128

Zide s ventiliranom fasadom i GK pločama iznutra



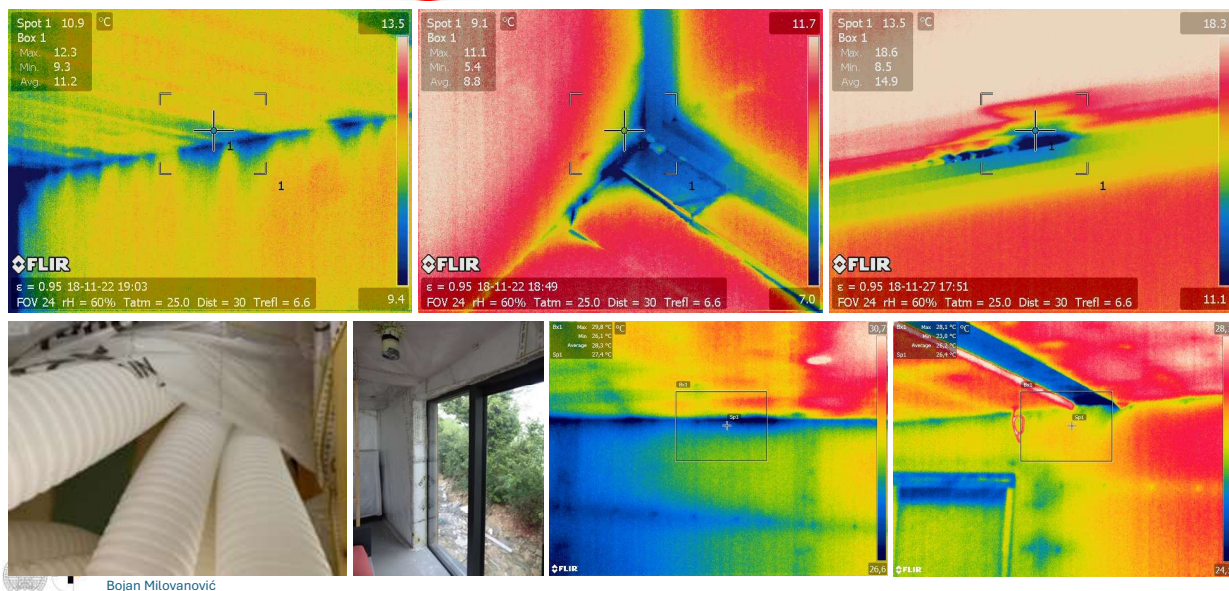
129

Rezultati ispitivanja



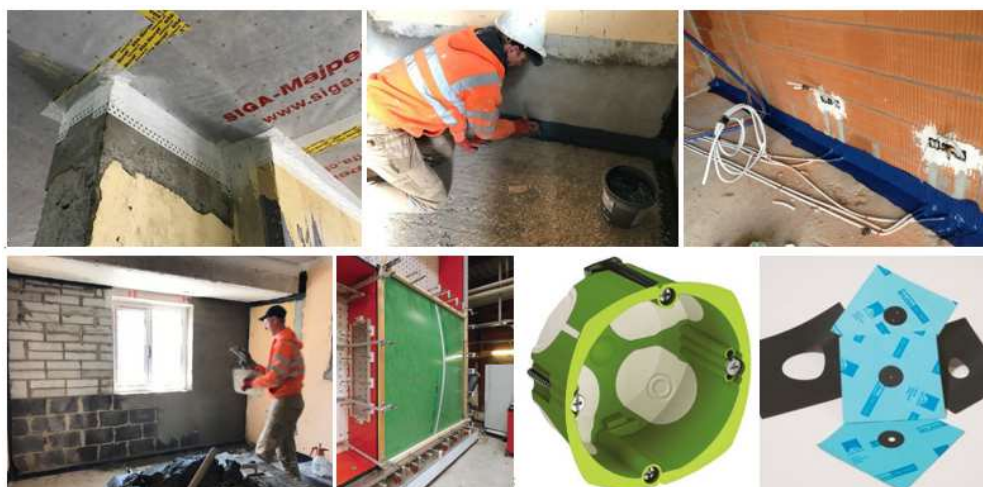
130

Drvena kuća - NZEB



131

PROIZVODI KOJIMA JE MOGUĆE OSTVARITI ZRAKONEPROPUSNOST VANJSKE OVOJNICE ZGRADE

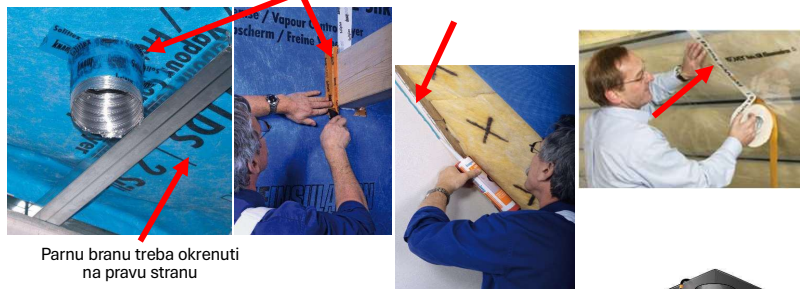


GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

132

ZRAKOPROPUSNOST - BRTVLJENJA

Brtviti proboje, spojeve i preklope



Parnu branu treba okrenuti na pravu stranu

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

133

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

134



135

ŠTETA!

Nepravilna izvedba paro- i zrakonepropusne
krovne konstrukcije s donje strane



Razvoj gljivica nakon
skidanja sloja unutarnje TI



136

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.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

137

I na kraju...

...ali ne manje bitno



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

138

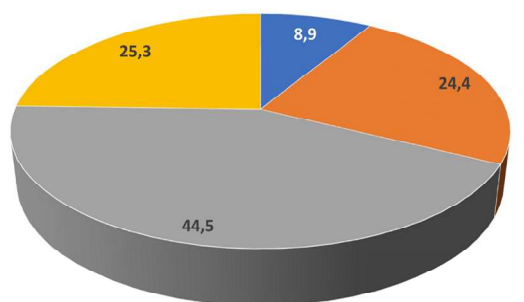
Postoje li uštede? – Subjektivni dojam

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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

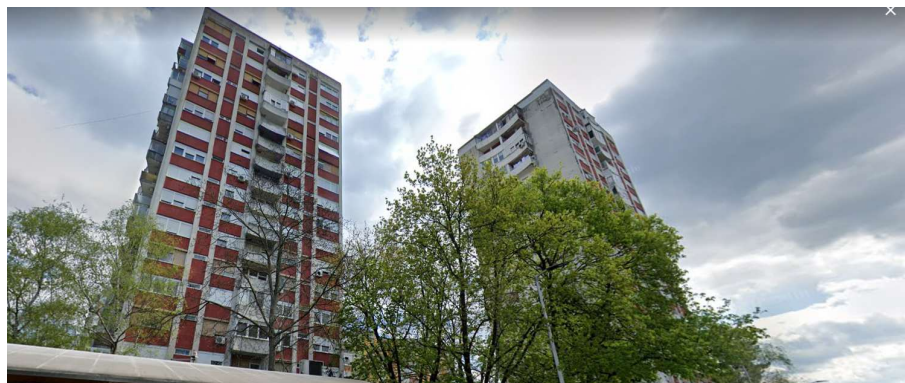
S obzirom da smo ovdje stručnjaci, moramo naučiti iz rezultata mjerenja i pokušati ih poboljšati u budućnosti.



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović

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%!!!



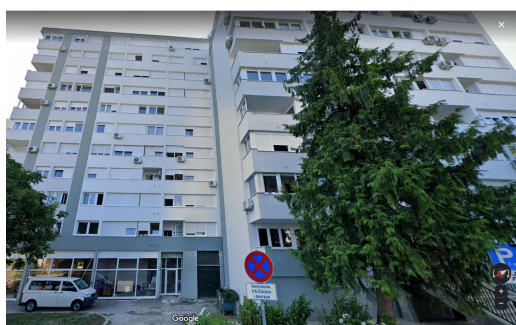
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



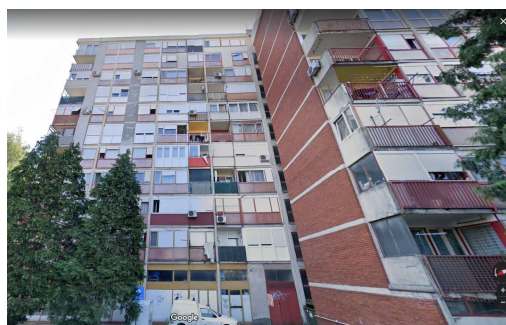
141

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%!



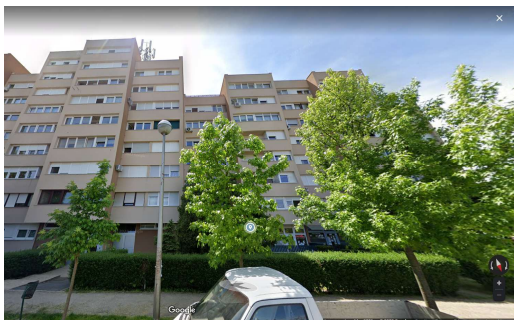
GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



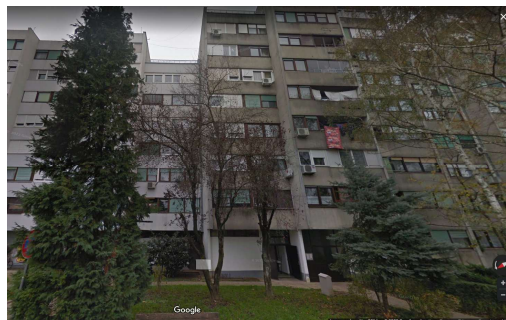
142

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%!



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



ENERGIJA

- Prvi 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:
 - projektним **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



GFOS - Modul 3, 22.2.2025
Bojan Milovanović



Hvala na pažnji!

Izv.prof.dr.sc. Bojan Milovanovic

