

INDUSTRIALIZACIJA ENERGETSKIH PRENOV STAVB KOT POSPEŠEVALEC PREHODA V NIZKOOGLJIČNO GOSPODARSTVO

Tatjana Marn

*Inovacijsko-razvojni inštitut Univerze v Ljubljani, Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana
tatjana.marn@iri.uni-lj.si*

Jure Vetršek

*Inovacijsko-razvojni inštitut Univerze v Ljubljani, Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana
jure.vetrsek@iri.uni-lj.si*

Rok Stropnik

*Inovacijsko-razvojni inštitut Univerze v Ljubljani, Kongresni trg 12, 1000 Ljubljana
rok.stropnik@iri.uni-lj.si*

POVZETEK

Grajeno okolje je v svoji življenjski dobi odgovorno za polovico rabe energije, emisij toplogrednih plinov in rabe snovi, zato je v povezavi z energetske učinkovitostjo in obnovljivimi viri energije eno ključnih področij, na katerih Evropska unija poskuša doseči spremembe. Da bi dosegli podnebne cilje razogljičenja, je potrebno v EU do leta 2050 obnoviti skoraj vse obstoječe stavbe. Prenova stavb bo v prihodnjih letih postopoma zajela celotni stavbni fond tudi v Sloveniji, saj jih je kar 860.000 (77% vseh stavb) zgrajenih pred letom 1990. Vse stavbe, pri katerih sta vsaj dva elementa toplotnega ovoja (stena, okna, streha) dosegla predvideno življenjsko dobo 30 let, predstavljajo potencial za energetske prenove. Na strani ponudbe prenov predstavlja izziv delovna sila in razdrobljenost gradbenega sektorja, pa tudi omejenost virov, kar nas usmerja k ponovni rabi materialov in lokalno dostopnih virov energije in snovi. Da bi zadostili povpraševanju, je smiselno, vzporedno s finančnimi spodbudami, ki so na voljo na državni ravni, proces prenov industrializirati. To bi omogočilo finančne in časovne prihranke, manj obremenjeno delovno silo ter, z uporabo vnaprej izdelanih gradbenih elementov, krajši čas obnove in s tem manj motenja uporabnikov stavbe med samim procesom prenove. Industrializacija prenov omogoča tudi lažjo vzpostavitev kratkih dobavnih verig za materiale, potrebne za prenovo, ter s tem zmanjšanje transportnih in skladiščnih stroškov ter ogljičnega odtisa.

V projektu H2020 INFINITE smo razvili pet različnih vnaprej izdelanih modulov, ki omogočajo industrializacijo prenov:

- zeleni ovoj stavbe,*
- distribucija energije in svežega zraka,*
- integrirana prilagodljiva pametna okna,*
- prilagodljiv fotovoltaični sistem z barvnimi moduli »plug and play« ter*
- prilagodljiv in optimiziran nadzorni sistem.*

Na podlagi rezultatov analize primernosti produktov glede na tipologijo stavb ter testiranja na večnamenskem objektu v Ravnah na Koroškem, bo projekt v Sloveniji podprl industrializacijo ovoja predvsem večstanovanjskih stavb.

Ključne besede: industrializacija, energetska prenova, stavbni sektor, prefabrikat

1 Uvod

Prefabrikacija večnamenskih fasad se je pokazala kot tehnično izvedljiv pristop za pospešitev in dvig kakovosti celovite prenove stanovanjskih stavb. Množično uveljavitev prefabriciranih rešitev še vedno omejujejo številni dejavniki. V okviru EU projekta INFINITE, sofinanciranega v okviru programa Horizon 2020, si raziskovalci prizadevajo spodbuditi področje prenove stavb s t.i. pristopom "*Prenove 4.0*", ki izkorišča tako digitalizacijo kot industrializacijo za ponudbo rešitev po meri. Ta omogoča visoko stopnjo svobode pri oblikovanju izdelkov, zmanjšuje stroške in čas prenove zahvaljujoč optimizaciji verige vrednosti ter spodbuja uporabo okolju prijaznih in trajnih izdelkov ter sistemov. Za doseg tega cilja se projekt INFINITE opira na tri glavne stebre: i) vključevanje trendov digitalizacije iz drugih segmentov (npr. BIM, Industrija 4.0), ii) izkoriščanje industrijskih zmogljivosti in iii) upoštevanje celotnega življenjskega cikla (Life-Cycle thinking). INFINITE bo sprostil potencial industrije prenove s povečanjem tržne prisotnosti trajnostnih, visokokakovostnih in trajnih izdelkov ter metod za prenovo stavb, kar bo prispevalo k razogljičenju evropskega stavbnega fonda.

2 Industrializacija energetskih prenov stavb

Industrializacija energetskih prenov v našem prostoru ni uveljavljen termin. Industrializacijo gradnje razumemo kot "uveljavljanje industrijskih postopkov pri gradnji in uporabo industrijskih izdelkov za gradnjo" (Urbanistični terminološki slovar, 2024). Če prevedemo gradnjo na prenove, bi industrializacija energetskih prenov pomenila uveljavljanje industrijskih postopkov in uporabo industrijskih izdelkov za prenovo stavb.

V angleški literaturi se pojavljajo besedne zveze, kot so "industrijske vnaprej izdelane rešitve za obnovo stavb" (Glicker in Broer, 2022) ter "industrializacija prenova ovoja stavb" (Konstantinou in Heesbeen, 2022). Gre za uveljavljanje industrijskih postopkov pri izdelavi večnamenskega ovoja stavbe v obliki modularnih lesenih okvirjev. Ti vsebujejo različne funkcionalne komponente (okna, sisteme za proizvodnjo in distribucijo energije, sončne panele, mehansko prezračevanje, zelene površine itd.), ki zagotavljajo visoko raven energetske učinkovitosti in udobja v zaprtih prostorih.

V okviru projekta INFINITE smo razvili naslednje module za prenovo stavb:

- a) "Zeleni ovoj stavbe", ki optimizira izdelavo in vgradnjo elementov z rastlinami, tako za fasade, kot za na strehe v kombinaciji z drugimi elementi za preprečevanje pregrevanja,
- b) "Distribucija energije in svežega zraka znotraj prefabriciranih lesenih panelov" za ogrevanje in hlajenje stanovanj,
- c) "Integrirana prilagodljiva pametna okna" je modul, sestavljen iz pametnih in prilagodljivih dinamičnih rešitev zasteklitve, ki ga je enostavno namestiti, in izboljšuje udobje v zaprtih prostorih ter omogoča visoke prihranke energije.
- d) "Prilagodljiv fotovoltaični sistem z barvnimi moduli »plug and play«" optimizira pridobivanje energije in rabo obnovljive energije na lokaciji stavbe. INFINITE PV paneli so na voljo v široki paleti barv in 3D tekstur,
- e) "Prilagodljiv in optimiziran nadzorni sistem".

Slika 1: Montaža večnamenskega modula na stavbo v Ravnah (Infinite Building Renovation, 2024a)



3 Izzivi prenov stavb zaradi pomanjkanja delovne sile in omejenosti virov

Da bi dosegli podnebne cilje razogljičenja, je potrebno v EU do leta 2050 obnoviti skoraj vse obstoječe stavbe. Prenova stavb bo v prihodnjih letih postopoma zajela celotni stavbni fond tudi v Sloveniji, saj je kar 860.000 (77% vseh stavb) zgrajenih pred letom 1990. S trenutnim tempom bi za razogljičenje stavbnega sektorja potrebovali stoletja. Spodbujanje prenove stavb, da se vsaj potroji sedanja stopnja obnov, vključno s preходом na brezemisijске ogrevalne sisteme, je zato ključni cilj Direktive o energijski učinkovitosti stavb (Direktiva Evropskega parlamenta in sveta o energijski učinkovitosti stavb, 2023).

Poleg ustrezne finančne podpore bo potrebno zagotoviti tudi dovolj delovne sile. Ob pomanjkanju le-te, bo v tako kratkem časovnem roku to precejšen izziv. Približno polovica podjetij v gradbeništvu poroča, da pomanjkanje kadra omejuje njihovo poslovanje (UMAR, 2023). Poleg tega zaradi staranja prebivalstva tako v Sloveniji kot v Evropi lahko pričakujemo kritično zmanjševanje delovno aktivnih ljudi. Tudi tuji delavci, ki predstavljajo skoraj polovico zaposlenih v gradbeništvu, rešujejo težavo le delno, saj se pogosto selijo v države z boljšimi pogoji dela in višjimi plačami.

Omejenost virov se v povezavi z geopolitičnimi razmerami kaže v nepredvidljivih skokih cen surovin in gradbenih materialov, predvsem pa energije. *“Zaradi izzivov, ki jih prinašajo podnebne spremembe in omejenost naravnih virov, je tudi v gradbeništvu smiselna uporaba obnovljivih materialov in načrtovanje objektov na način, ki med gradnjo, uporabo in po preteku njihove življenjske dobe čim manj obremenjujejo okolje.”*(FGG, 2024)

Kot opisujemo v nadaljevanju, morda prav industrializacija energetske prenov predstavlja rešitev.

3.1 Gospodarski

Energetska prenova stavb predstavlja pomemben element prednostnih področij "Pametne stavbe in dom z lesno verigo" in "*Pametna mesta in skupnosti*" Slovenske strategije trajnostne pametne specializacije (S5). Strategija S5 usmerja razvoj posameznih držav in zasleduje povečano produktivnost ob hkratnem zmanjševanju pritiska na naravne vire v smislu zelenega prehoda (Slovenska strategija trajnostne pametne specializacije S5, 2023). Prenova stavb je vključena tudi v Slovenski industrijski strategiji, ki poudarja pomen povezovanja med industrijo, raziskovalnimi ustanovami, nevladnimi organizacijami in kreativnimi industrijami. (Slovenska industrijska strategija 2021 – 2030, 2021)

Gospodarske potenciali industrializacije energetske prenove za lokalno podjetništvo so se pokazali tudi v pilotnem projektu INFINITE, pri prenovi soseske večnamenskih stavb Ob Suhi na Ravnah na Koroškem. Module je izdelalo združenje lokalnih podjetij, fasadno ogrodje je bilo izdelano iz lesa bližnjih gozdov, pridobljen na trajnosten način, s pomočjo robotike pa so minimalizirali odpadke. Ob uspešnem zaključku projekta združenje lokalnih podjetij upa na širitev trga in večjo prepoznavnost njihove blagovne znamke v gradbeništvu (Infinite Building Renovation, 2024a).

Industrializacija energetskih prenov se lahko nasloni na močno obstoječo industrijo prefabriciranih hiš v Sloveniji in na gradnjo industrijskih kapacitet z lokalnimi malimi in srednje velikimi podjetji. Lokalni viri zagotavljajo neodvisnost in omogočajo odpornost tudi v primeru ekstremnih dogodkov. Pilotne aktivnosti v Ravnah kažejo na visoke začetne stroške proizvodnje, v katere so vključeni tudi stroški inoviranja, in s tem relativno visoke cene modularnih izdelkov. Za prehod na ekonomijo obsega, t.i. industrializacije, ki bi omogočila širšo uporabo izdelkov, je potreben ustrezen finančni in promocijski podporni okvir, kot ga že imamo za klasične prenove. Ko bodo industrijske kapacitete enkrat izgrajene, lahko pričakujemo vzpon konkurence, kar bo vplivalo na padanje cen proizvodov, to pa povečalo povpraševanje po novih prenovah. Upoštevati je potrebno tudi dejstvo, da bo politika zmanjševanja ogljičnega odtisa v EU vplivala na višanje cen energije in uvoženih surovin, zato bo prihranek pri industrializiranih energetskih prenovah še večji. V okviru revizije Direktive 2003/87/ES o vzpostavitvi sistema za trgovanje s pravicami do emisije toplogrednih plinov v Evropski uniji namreč trenutno poteka prenova sistema trgovanja z emisijami, ki bo naslovila tudi emisije ogljikovega dioksida iz izgorevanja goriv v stavbah. (Evropska komisija, 2024)

V projektu INFINITE smo izhajali iz potreb in pričakovanj uporabnikov, ker smo želeli narediti preskok iz projektnega pristopa k pristopu, ki postavlja v središče uporabnika oz. kupca. Z vidika tržnega potenciala so bili analizirani naslednji poslovni modeli:

- a) fasadni element s pametnimi okni in fotovoltaičnimi paneli ter sistemom za upravljanje zgradbe za stanovanjske bloke; prednosti za uporabnike se kažejo v povečanju vrednosti nepremičnin, nižjih stroških za energijo, možnosti bivanja v stanovanjih med samo prenovno, večjim udobjem in pozitivnimi vplivi na zdravje, manjšimi stroški vzdrževanja in daljši življenjski dobi zaradi hitrejšega odpravljanja težav ter prihranki zaradi možnosti vključitve v sisteme pametnih omrežij.
- b) celovit pristop za javna socialna stanovanja; integracija fasadnega elementa, prežračevalnega sistema ter fotovoltaičnih panelov poleg nižjih stroškov za energijo in pozitivnih vplivov na zdravje vpliva tudi predvidljivost skupnih stroškov in preprečuje dodatne stroške zaradi nepredvidenih sprememb na gradbišču,

- c) zelena streha s fotovoltaičnimi paneli za nepremičninske sklade; raznolikost ponudbe ter zanimive in že na prvi pogled vidne trajnostne rešitve, pa tudi podnebna odpornost te zasnove imajo že same po sebi oglaševalsko vrednost. Poleg zgoraj navedenih prednosti tu velja omeniti še privlačnost takšnih nepremičnin zaradi dodane vrednosti z vidika arhitekture in oblikovanja ter manjšega okoljskega odtisa (»eco-friendly«), pa tudi zmanjševanja vpliva toplotnih otokov in povečanja proizvodnje sončne elektrarne zaradi učinka hlajenja. (Infinite Building Renovation, 2024b)

3.2 Družbeni

V okviru strategije z imenom Val prenove namerava Evropska komisija v naslednjih desetih letih vsaj podvojiti stopnjo energetskih prenov ter tako zagotoviti večjo energijsko učinkovitost in učinkovitejšo rabo virov. Trenutno si skoraj 34 milijonov Evropejcev ne more privoščiti ogrevanja svojega doma. Javne politike, ki spodbujajo energetsko učinkovito prenovo, predstavljajo zato tudi odziv na vprašanje energetske revščine (Val prenove za Evropo, 2020). Poleg tega da pomagajo zmanjševati stroške, povezane z energijo, prispevajo tudi k boljšemu zdravju in počutju ljudi.

Izkušnje učijo, da je proizvodnja dobrin z industrializacijo postala cenejša in učinkovitejša, kar je omogočilo, da so izdelki postali dostopni širši populaciji. Če v skladu s principi odrasti in trajnostnim razvojem težimo k manjši potrošnji določenih izdelkov (na primer hitre mode) in zato pričakujemo zmanjšanje obsega nekaterih tradicionalnih industrij (na primer avtomobilske in fosilne industrije) pa po drugi strani stremimo k temu, da določene veje gospodarstva in njihovi izdelki postanejo dostopni širšim množicam, v kontekstu ponovne uporabe tudi prenova stavb. Tako bomo zagotovili, da bo zeleni prehod tudi pravičen.

Z industrializacijo energetskih prenov bi produkt postal dostopen širšim množicam, tako cenovno kot logistično.

Poleg tega ima industrializacija v primerjavi s konvencionalno energetsko prenovo še vrsto drugih prednosti za uporabnike in prebivalce, kot so:

- Lažje naročanje,
- Krajši čas trajanja prenove, manj hrupa in prahu in s tem manj motenja uporabnikov stavbe med samim procesom prenove,
- Celovita rešitev zaradi upoštevanja različnih skupin deležnikov (prebivalcev, lokalne skupnosti, izvajalcev in drugih deležnikov oskrbovalne verige...) pri razvoju modulov,
- Poudarek na estetiki, dostopnosti in udobnosti, kar je v skladu z načeli Novega Evropskega Bauhausa,
- Manj razlik med pričakovanji in rezultatom, torej manjša stopnja negotovosti,
- Izboljšanje nadzora in spremljanje toplotnih, vizualnih parametrov in parametrov kakovosti zraka, s čimer se ljudem približajo sodobne tehnologije,

3.3 Okoljski

Pri načrtovanju, oblikovanju, izvajanju in spremljanju prenove stavb je treba upoštevati različne okoljske vidike. Med njimi ima ključno vlogo trajnostnost novih rešitev skozi celoten življenjski cikel, zlasti glede na cilje Evropske unije, ki si prizadeva zmanjšati

emisije toplogrednih plinov za 55 % do leta 2030 in doseči podnebno nevtralnost do leta 2050 (Val prenove za Evropo, 2020).

Primerjava klasične in industrializirane prenove z okoljskega vidika kaže razlike na področju porabe surovin, energije in emisij toplogrednih plinov. Načrtovanje proizvodnje pri industrializaciji prenov omogoča večjo uporabo recikliranih materialov, natančnejše odmerjanje materialov, manj odpadkov, proizvodni proces pa je zaradi optimizacije proizvodnje tudi energetsko bolj učinkovit. Predvideva se, da so zaradi želje po zmanjšanju stroškov podjetja motivirana za kratke dobavne poti in uporabo lokalnih materialov, da zagotovijo energetsko samooskrbo pa tudi za uporabo obnovljivih virov energije.

Grajeno okolje je odgovorno za 37 % skupnih globalnih emisij ogljika, pri čemer približno tretjina izhaja iz energije, porabljene za proizvodnjo gradbenih materialov, kar imenujemo "vgrajeni ogljik." Kazalec »načrtovanje za razgradnjo« (Design for Disassembly. DfD), ki se uporablja za oceno potenciala ponovne uporabe in posledično njegovega vpliva na emisije ogljika, pri oceni treh različnih vnaprej izdelanih gradbenih elementov fasade kaže, da kljub temu, da elementi niso 100 % reciklirani, lahko okoljske vplive bistveno znižamo s pomočjo dobro strukturiranega inovacijskega procesa. Zmanjšanje okoljskega vpliva se kaže v do 50 % manjših količinah vgrajenega ogljika, ter izboljšanih vrednosti kazalca »načrtovanje za razgradnjo«, kar povečuje potencial ponovne uporabe gradbenih materialov in komponent (Bergmans in Bhochhibhoya, 2023).

V okviru projekta INFINITE bomo izdelali tudi orodje za oceno okoljskih vplivov skozi celoten življenjski cikel (angl. Life Cycle Assessment, LCA) in orodje za stroškovno oceno tekom življenjskega cikla (angl. Life Cycle Costing, LCC). Z njihovo pomočjo bomo lahko natančneje ocenili skupne okoljske in ekonomske vplive opisanih rešitev, ter stavb, pri katerih bodo uporabljene.

4 Sklep

Industrializacija energetskih prenov je inovativen koncept, ki odgovarja na največje izzive, s katerimi se trenutno soočamo v Sloveniji, Evropi in tudi na globalni ravni: konkurenčnost in prestrukturiranje gospodarstva, pravičen prehod, ki omogoča ohranitev kvalitete bivanja vsem skupinam prebivalstva ter blaženje in prilagajanje na podnebne spremembe. S pilotno implementacijo vnaprej izdelanih modulov za energetsko prenovo v okviru projekta INFINITE v Ravnah na Koroškem dokazujemo, da so inovativne in visokotehnološke rešitve primerne tudi za poselitveni sistem manjših naselij, kot je značilen za Slovenijo, ter da s pomočjo ustreznega podpornega okolja omogočajo preboj tistih lokalnih podjetjih, ki izkazujejo ustrezno mero fleksibilnosti, vizionarstva in okoljske ozaveščenosti.

Literatura

1. Bergmans, I., Bhochhibhoya, S. (2023): Assessing the circular re-design of prefabricated building envelope elements for carbon neutral renovation. *Journal of Facade Design and Engineering* 11(2). Najdeno 2.10.2024 na spletnem naslovu: DOI:10.47982/jfde.2023.2.A4.
2. Evropska komisija (2024): ETS2: buildings, road transport and additional sectors. Najdeno 1.10.2024 na spletnem naslovu <https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu->

- emissions-trading-system-eu-ets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en.
3. Evropska komisija (2020): Val prenove za Evropo – ekologizacija stavb, ustvarjanje delovnih mest, izboljšanje življenj. Najdeno 15.10.2024 na spletnem naslovu <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52020DC0662&from=EN>.
 4. Evropski parlament (2023): Direktiva Evropskega parlamenta in sveta o energijski učinkovitosti stavb (prenovitev), predlog. Najdeno 15.9.2024 na spletnem naslovu https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_SL.html
 5. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ponovna uporaba lesa v konstrukcije namene, UL FGG (2024). Najdeno 20.9.2024 na spletnem naslovu <https://www.fgg.uni-lj.si/ponovna-uporaba-lesa-v-konstrukcijske-namene/>.
 6. Glicker, J., Broer, R. (2022): *Industrial prefabrication solutions for building renovation*. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
 7. Industrializacija grádnje (2024). V Urbanistični terminološki slovar, <https://doi.org/10.3986/978-961-254-943-5>.
 8. Infinite Building Renovation (2024a). From the Slovenian woods to INFINITE. Najdeno 1.10.2024 na spletnem naslovu <https://infinitebuildingrenovation.eu/news/from-the-slovenian-woods-to-infinite>.
 9. Infinite Building Renovation (2024b). Industrialized durable building envelope retrofitting by all-in-one interconnected technology solutions, Infinite building renovation. Najdeno 15.10.2024 na spletnem naslovu <https://infinitebuildingrenovation.eu/>.
 10. Konstantinou, T., Heesbeen, C. (2022): Industrialized renovation of the building envelope: realizing the potential to decarbonize the European building stock. V *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Rethinking Building Skins*, pp. 257-283.
 11. Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, RS (2021). Slovenska industrijska strategija 2021 – 2030. Najdeno 1.10.2024 na spletnem naslovu <https://www.gzs.si/Portals/206/Slovenska%20industrijska%20strategija.pdf>.
 12. Ministrstvo za infrastrukturo, RS (2021). Dolgoročna strategija energetske prenove stavb do leta 2050 (DSEPS 2050). Najdeno 1.10. na spletnem naslovu <https://www.gov.si/zbirke/projekti-in-programi/izvajanje-slovenske-strategije-pametne-specializacije/>.
 13. Ministrstvo za kohezijo in regionalni razvoj, RS (2023). Slovenska strategija trajnostne pametne specializacije S5. Najdeno 1.10.2024 na spletnem naslovu https://evropskasredstva.si/app/uploads/2024/02/Strategija-S5_verzija_1_1.pdf.
 14. Urad RS za makroekonomske analize in razvoj (2023): Ekonomsko ogledalo 7/2023: nadaljna upočasnitev medletne rasti števila delovno aktivnih, število brezposelnih še naprej upada, sicer skromneje; inflacija se umirja, a počasneje kot v povprečju evrskega območja. Najdeno 10.9.2024 na spletnem naslovu <https://umar.gov.si/novice/novice/obvestilo/ekonomsko-ogledalo-7-2023-nadaljnja-upocasnitev-medletne-rasti-stevila-delovno-aktivnih-stevilo-brezposelnih-se-naprej-upada-sicer-skromneje-inflacija-se-umirja-a-pocasneje-kot-v-povprecju-evrskega-obmocja>.