

# Uporaba hibridne mehke metode AHP&TOPSIS pri adaptaciji stavbe izobraževalne ustanove s certifikatom LEED v hladni regiji v skoraj ničenergijsko stavbo

Ali Celik<sup>1,\*</sup> – Bayram Sahin<sup>1</sup> – Eyüphan Manay<sup>1</sup> – Abit Balin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tehniška univerza v Erzurumu, Oddelek za strojništvo, Turčija

<sup>2</sup> Univerza v Istanbulu, Šola za transport in logistiko, Turčija

Cilj pričujoče študije je bil izboljšanje energijske učinkovitost za znižanje stroškov po pristopu skoraj ničenergijske stavbe na modelu stavbe Fakultete za strojništvo in arhitekturo s certifikatom LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) Tehniške univerze v Erzurumu, ki se nahaja v hladni podnebni regiji Turčije. Namen je bil tudi ustvariti realističen model za podporo pri odločanju o gradnji energijsko učinkovitih stavb, ki ne potrebujejo tujih certifikatov. Med cilji študije so bili tudi zmanjšanje rabe energije, pridobivanje energije in zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub>. Univerze imajo velik delež v skupni rabi energije javnega sektorja, zato se z zmanjšanjem rabe energije razbremeni proračun.

Adaptacija referenčne stavbe v skoraj ničenergijsko stavbo vključuje naslednje korake:

- Izračun rabe primarne energije in izpustov referenčne stavbe s certifikatom LEED-SILVER.
- Opredelitev rezultatov posamičnih in mešanih scenarijev za povečanje energijske učinkovitosti z modeliranjem stavbe.
- Opredelitev posamičnih in mešanih scenarijev za povečanje energijske učinkovitosti ter izvedba energijske in stroškovne analize.
- Izračun emisij ogljika in dobe odplačila za scenarije izboljšanja energijske učinkovitosti.
- Vrednotenje rezultatov scenarijev izboljševanja energijske učinkovitosti z večkriterijskimi metodami odločanja.

Študija podaja pristop h gradnji energijsko učinkovitih stavb za izobraževalne institucije v hladnih podnebnih regijah po načelih skoraj ničenergijskih stavb ter brez tujih certifikatov za zaščito energijskih virov in gospodarskih interesov države.

V letih 2017 do 2019 so bile opravljene terenske meritve porabe zemeljskega plina in električne energije v referenčni stavbi. Analizirani so bili dejavniki, ki vplivajo na doseganje skoraj ničelne rabe energije. Cilj je bil doseči stroškovno optimalne ravni energijske učinkovitosti s scenariji za zmanjšanje rabe energije v stavbi Fakultete za strojništvo in arhitekturo Tehniške univerze v Erzurumu s certifikatom LEED. Rezultati posamičnih in mešanih scenarijev za povečanje energijske učinkovitosti so bili določeni z energijskim modeliranjem stavbe. Najprimernejši posamični in mešani scenarij sta bila določena s sistematičnim hibridnim modelom, ki povezuje mehki analitični hierarhični proces (AHP) in tehniko razvrstitve po podobnosti z idealno rešitvijo (TOPSIS) kot večkriterijski metodi za odločanje.

Z uporabo posamičnih in mešanih scenarijev energijske učinkovitosti so bili doseženi 85,6-odstotni letni prihranek primarne energije, 83,6-odstotno znižanje skupnih stroškov in 86,4-odstotno zmanjšanje izpustov CO<sub>2</sub> v primerjavi z referenčno stavbo. Doba odplačila scenarijev je med 3,8 in 14,53 leta. Rezultati kažejo, da so ekonomski kriteriji odločilni pri določanju najprimernejšega scenarija za hladne podnebne regije.

V študiji so določeni parametri, ki bi usmerjali zakonsko regulativo z uporabo metod večkriterijskega odločanja (MCDM) pri identifikaciji stroškovnega optimuma za skoraj ničenergijsko raven rabe. Študija je pomembna za gradnjo energetske in stroškovno učinkovitih stavb v univerzitetnih kampusih. Rezultati študije so uporabni kot realističen model za podporo pri odločanju o izbiri scenarijev za izboljševanje energetske učinkovitosti stavb.

**Ključne besede:** zelena stavba, skoraj ničenergijska stavba, analiza rabe energije in stroškovnega optimuma, mehki analitični hierarhični proces (FAHP), TOPSIS