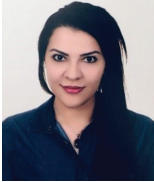


Primljen / Received: 10.9.2023.
Ispravljen / Corrected: 12.3.2024.
Prihvaćen / Accepted: 19.6.2024.
Dostupno online / Available online: 10.8.2024.

Suočavanje s izazovima u vezi s ocjenjivanjem zelene gradnje prema LEED-u u Turskoj

Autor:



Doc.dr.sc. **Tugce Pekdogan**, dipl.ing.arh.
Tursko sveučilište znanosti i tehnologije Adana
Alparslan
Fakultet arhitekture i dizajna
Odjel za arhitekturu
tpekdogan@atu.edu.tr
Autor za korespondenciju

Stručni rad

Tugce Pekdogan

Suočavanje s izazovima u vezi s ocjenjivanjem zelene gradnje prema LEED-u u Turskoj

U ovom je radu ispitana učinkovitost LEED sustava ocjenjivanja zelene gradnje i utvrđeni su nedostaci u provedbi takvog sustava ocjenjivanja u zemljama u razvoju, pri čemu je za analizu slučaja odabrana Turska. U odnosu na druge zemlje, analiza 134 zgrade s platinastim certifikatom LEED V4 u Turskoj pokazala je odstupanja u prioritetnim lokacijama, ocjeni lokacije, definiciji i optimizaciji građevnog proizvoda te bodovima u vezi s materijalima s niskim emisijama. Razlike u kriterijima u pogledu energije, atmosfere i kvalitete unutarnjeg okoliša također su primijećene među zgradama s platinastim certifikatom LEED u Turskoj. Istraživanje pokazuje da, iako je LEED općeprihvaćen, pri provedbi ovih programa moraju se uzeti u obzir lokalni standardi i kontekstualni čimbenici.

Ključne riječi:

zelena gradnja, LEED sustav, dodjela bodova, statistička metoda

Professional paper

Tugce Pekdogan

Addressing challenges in LEED green building ratings in Türkiye

This study examined the effectiveness of the LEED green building rating system and identified performance gaps in developing countries using Türkiye as a case study. The analysis of 134 LEED Platinum V4-certified buildings in Türkiye revealed discrepancies in high-priority sites, site evaluation, building product definition and optimisation, and low-emission material credits compared with other countries. Variations in energy, atmosphere, and indoor environmental quality criteria were also noted within LEED Platinum-certified buildings in Türkiye. The study concludes that while LEED is widely embraced, local standards and contextual factors must be considered when implementing these programs.

Key words:

green building, LEED rating system, credit achievement, statistics method

1. Uvod

Širenjem gradova i ubrzanjem urbanizacije pitanje utjecaja zgrada na okoliš postaje sve važnije. Budući da zgrade čine značajan dio ukupne potrošnje energije u zemlji i emisije stakleničkih plinova, moraju se poduzeti protumjere kako bi se smanjio njihov negativan utjecaj na okoliš. Smanjenje negativnog utjecaja zgrada na okoliš sve je značajniji problem u cijelom svijetu. Uz globalne napore za ublažavanje klimatskih promjena, provode se mjere kako bi se zgrade učinile energetski učinkovitijima i održivijima. Prema Svjetskom institutu za resurse [1], emisije stakleničkih plinova u svijetu proizlaze iz proizvodnje električne energije i topline (31 %), poljoprivrede (11 %), prometa (15 %), šumarstva (6 %) te proizvodnje (12 %). Proizvodnja energije svih vrsta čini 72 % svih emisija. U 2015. izgradnja i poslovanje zgrada činili su 38 % (13,1 giga tona) globalnih emisija CO₂ iz potrošnje energije. Međutim, emisije CO₂ u industriji smanjile su se za procijenjenih 10 % na 11,7 giga tona u 2020., što je najviše od 2007. godine. To se smanjenje uglavnom pripisuje smanjenoj energetskoj potražnji tijekom pandemije bolesti COVID-19 i kontinuiranim naporima za poduzetih s ciljem dekarbonizacije u energetskom sektoru [2]. Pandemija bolesti COVID-19 u 2020. je utjecala na globalnu građevnu industriju. Zatvaranje gradilišta tijekom razdoblja primjene mjera ograničenja kretanja, prekidi u opskrbi materijalom i isporuci javnih usluga i zgrada smanjili su stopu rasta izgradnje u cijelom svijetu za 4 % u usporedbi s godinom 2019. Kao odgovor na utjecaj pandemije na građevnu industriju, mnoge su zemlje donijele mjere i pakete za potporu građevnoj industriji s ciljem revitalizacije sektora i prevladavanja izazova koje je izazvala pandemija. Međutim, promicanje izgradnje održivih građevina u skladu s globalno utvrđenim s ciljevima zaštite okoliša je ključno [3].

Prema Pariškom sporazumu, smanjenje emisija štetnih plinova, prilagodba na učinke klimatskih promjena i povećanje otpornosti na klimatske promjene bez narušavanja proizvodnje hrane među glavnim su ciljevima. Među nacionalno utvrđenim doprinosima (engl. *Nationally Determined Contributions- NDC*) u okviru tog sporazuma, poboljšanje energetske učinkovitosti u zgradama druga je najčešće citirana politika nakon iskorištavanja obnovljive energije u energetskom sektoru [4]. Kada je riječ o distribuciji energije za opskrbu energijom, promet, zgrade, industrija i međusektorske/druge kategorije, proizvodnja energije iz obnovljivih izvora za opskrbu energijom iznosi 84 %, a poboljšanje energetske učinkovitosti iznosi 45 % za promet. Za energetska učinkovitost postignuto je poboljšanje međusektorske energetske učinkovitosti od 48 %.

Širenjem tih obveza na globalnoj razini, prakse održive gradnje značajno su pridonijele postizanju globalnih klimatskih ciljeva. Kao dio globalnih napora za održivost, projektiranje zgrada usmjereno je na energetska učinkovitost i kvalitetu unutarnjeg prostora. Istodobno se razvijaju inovativni sustavi za smanjenje ugljičnog otiska i energetske potrebe te povećanje uporabe obnovljivih izvora energije. Uključivanjem naprednih materijala i tehnologija ti se napori dodatno usklađuju s međunarodnim

klimatskim ciljevima. Prakse u građevnoj industriji poput primjene ekološki prihvatljivih materijala, sustava zelenila, učinkovitog gospodarenja otpadom i održivog korištenja vode važne su sastavnice u izgradnji ekološki prihvatljivih zgrada [5, 6]. Suradnja između vlada, donositelja politika i dionika u građevnoj industriji posebno je važna za izradu i provedbu propisa koji promiču prakse održive gradnje, što pridonosi razvoju standarda i certifikata zelene gradnje, kao što su *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), metoda procjene utjecaja na okoliš Instituta za istraživanja u građevinarstvu (engl. *Building Research Establishment Environmental Assessment Method - BREEAM*), Green Star, ekološko i održivo projektiranje zgrada (engl. *Building Environmental and Sustainability Tool - BEST*) i Njemačko vijeće za održivu gradnju (njem. *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen - DGNB*).

Mjere energetske učinkovitosti uključuju upotrebu učinkovitih sustava rasvjete i grijanja, primjenu pametne tehnologije u zgradama te primjenu načela ekološke gradnje. Te mjere smanjuju emisije stakleničkih plinova i omogućuju korisnicima zgrade uštedu troškova. Osim toga, primjena održivih građevnih materijala smanjuje učinak zgrada na okoliš. Primjena održivih izvora materijala kao što su reciklirani ili materijali iz lokalnih izvora smanjuju udio ugljika u izgradnji, a tehnike gradnje koje daju prioritet smanjenju otpada i učinkovitijoj upotrebi resursa značajno utječu na ekološku učinkovitost zgrade. Vlade i donositelji politika imaju ključnu ulogu u promicanju održive gradnje. Financijski poticaji i subvencije potiču usvajanje održivih tehnologija i praksi.

Zbog toga su energetska učinkovitost i održivost sve više u globalnom fokusu građevne industrije. Uzimajući u obzir da je građevna industrija u Turskoj imala najvišu stopu krajnje potrošnje energije (32,8 %) u 2015., brojna su istraživanja usmjerena na pronalazak načina za smanjenje potrošnje energije u zgradama [7-9]. U mnogim zemljama usvojeni su različiti sustavi ocjenjivanja održive gradnje, koji odražavaju globalnu predanost energetskoj učinkovitosti i održivosti u gradnji. Ti sustavi, kao što je prikazano u tablici 1., uključuju nacionalne i međunarodne okvire kao što su BEST u Turskoj, BREEAM u Ujedinjenom Kraljevstvu, CASBEE u Japanu, DGNB u Njemačkoj, Green Star u Australiji, HQE u Francuskoj, LEED u SAD-u i MOHURD u Kini. Iako ti sustavi ocjenjivanja nisu obvezni standardi, oni pružaju mjerodavne smjernice i mjerila za prakse održive gradnje diljem svijeta (tablica 1.).

Najrašireniji programi certifikacije zelene gradnje u svijetu, BREEAM i LEED, također imaju ključnu ulogu u smanjenju negativnog utjecaja gradnje na okoliš [10]. S više od 96.329 LEED projekata u 167 zemalja i regija [11], LEED je jedan od najpopularnijih programa certifikacije zelene gradnje koji se upotrebljava u Turskoj i diljem svijeta. Sustav ocjenjivanja LEED dostupan je za sve vrste građevnih projekata, uključujući novogradnju, projekte u *roh bau* fazi gradnje, podatkovne centre, skladišta i distributivne centre, ugostiteljstvo, škole, maloprodaju i zdravstvo. Osim toga, taj sustav pruža okvir za projekte izgradnje održivih zgrada s LEED certifikatom kako bi

Tablica 2. Pregled prethodnih istraživanja

Kriteriji prema LEED v4	Literatura	Istraživački pristup
Lokacija i transport (LT)	[12]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Primjena geografskog informacijskog sustava (GIS) za donošenje odluka u vezi s LEED-ovim kriterijem "lokacija i transport". <u>Glavni rezultati:</u> GIS analiza ima znatan potencijal u odabiru lokacije za LEED bodove, posebno u novorazvijenim područjima.
	[13]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Primjena informacijskog modeliranja građevina- BIM-a i Web Map Service (WMS-a) za analizu lokacije i transporta. <u>Glavni rezultati:</u> Kombinacija tih tehnologija i specifičnih dodataka može ubrzati proces certifikacije LT-a pomoću API-ja za Autodesk Revit i Google mape.
	[14]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Analizirane su različite tehnike upravljanja mobilnošću i parkiranjem u okviru kriterija lokacije i transporta. <u>Glavni rezultati:</u> Naglašava se potreba za strategijama koje obeshrabruju vožnju, kao što su naplaćivanje naknada za parkiranje i putnike.
Održive lokacije (SS)	[15]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Provedeno je pilot istraživanje dviju generacija urbanog razvoja u gradovima Ramadan i Badr u Egiptu. <u>Glavni rezultati:</u> Grad Badr ima održivija područja zbog boljeg iskorištavanja zemljišta, boljeg pristupa javnom prijevozu, manjeg broja parkirališnih mjesta i otvorenog prostora.
	[16]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Provedeno je međusektorsko istraživanje u jugozapadnoj Nigeriji usmjereno na informiranost o LEED-u za razvoj zelene gradnje. <u>Glavni rezultati:</u> Ističe se značajna informiranost o zahtjevima LEED-a, posebno u kategoriji održivih lokacija, nakon čega slijede inovacije i regionalni prioriteti.
	[17]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Implementacija dinamičkog modeliranja za procjenu bodova ovisnih o lokaciji u sklopu LEED-a u vezi s lokacijom i transportom (LT) i održivim lokacijama (SS). <u>Glavni rezultati:</u> Utvrđeno je da odabir odgovarajuće lokacije može značajno utjecati na postizanje LEED bodova, uz moguće ostvarivanje 63 % od ukupnog broja bodova.
	[18]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Ispitivanje specifičnih kombinacija sastojaka betona za smanjenje efekta toplinskog otoka. <u>Glavni rezultati:</u> Utvrđeni su učinci cementa na smanjenje indeksa solarne refleksije betona
Učinkovitost korištenja vode (WE)	[19]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Provedena je statistička analiza potrošnje vode u građevinama certificiranih prema LEED-u u odnosu na one koje nisu certificirane prema LEED-u. <u>Glavni rezultati:</u> Nema značajne razlike u potrošnji vode, što upućuje na razliku u uspješnosti u građevinama certificiranih prema LEED-u
	[20]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Upotrijebljen je Indeks sveobuhvatnog doprinosa održivom razvoju (SDG) u sklopu ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih naroda (CCDI). <u>Glavni rezultati:</u> Procijenjeni doprinosi primjene LEED-a v2.2 za učinkovitost korištenja vode.
	[21]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Analiza potencijala za smanjenje potrošnje vode pomoću sustava ocjenjivanja Estidama Pearl i građevina s certifikatom LEED u Abu Dhabiju. <u>Glavni rezultati:</u> Utvrđen je potencijal za smanjenje potrošnje vode od 22 % i 36 % u odabranim građevinama.
	[22]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Pregled prilagodbe kategorije učinkovitosti korištenja vode u okviru LEED-a u zemljama u razvoju, uzimajući u obzir regionalne razlike i lokalne uvjete. <u>Glavni rezultati:</u> Uspostavljanje praksi i strategija za poboljšanje učinkovitosti korištenja vode, informiranje stručnjaka u zemljama u razvoju o certificiranju zelene gradnje povezanom s učinkovitosti korištenja vode.
	[23]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Pregled literature i polustrukturirani razgovori s osobljem dvaju hotela s certifikatom LEED u Šri Lanki kako bi se ispitale prakse učinkovitog korištenja vode. <u>Glavni rezultati:</u> Razvijen je okvir koji uspoređuje prakse učinkovitog korištenja vode u hotelima s certifikatom LEED na globalnoj razini i u Šri Lanki i utvrđena su odstupanja u primjenjivosti LEED-ovih zahtjeva za kategoriju učinkovitog korištenja vode.
Energija i zrak (EA)	[24]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Istražena je povezanost između veličine projekta i kriterija EA u američkim uredskim zgradama za projekte V3 i V4. <u>Glavni rezultati:</u> Utvrđena je važnost veličine projekta u uspostavljanju LEED metoda.
	[25]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Pregled i usporedba postojećih kodova, standarda i propisa u Indiji, Abu Dhabiju i Turskoj s njihovim američkim pandanima u ovoj kategoriji. <u>Glavni rezultati:</u> Te su zemlje prilagodile standarde SAD-a i Ujedinjenog Kraljevstva lokalnim uvjetima, odražavajući različite stupnjeve razvoja i izazove u provedbi sustava certificiranja zelene gradnje zbog razlika u standardnoj kvaliteti i pokrivenosti.

Tablica 2. Pregled prethodnih istraživanja - nastavak

Kriteriji prema LEED v4	Literatura	Istraživački pristup
Energija i zrak (EA)	[26]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Analiza ove kategorije u okviru 3. verzije LEED-a iz 2009. za novogradnju u raznim europskim zemljama, s fokusom na ostvarivanje bodova i kako se oni razlikuju s obzirom na lokalne uvjete. <u>Glavni rezultati:</u> Iako je kategorija energije i zraka jasno istaknuta u LEED-u, njezina primjena u zemljama EU-a pokazuje različite načine bodovanja, pod utjecajem lokalne prakse i uvjeta, što stručnjacima pruža vrijedne podatke.
Materijali i resursi (MR)	[27]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Provedena je komparativna analiza lokalnih praksi u odabranim zemljama u razvoju u odnosu na istu kategoriju certifikacije prema LEED-u v.4, s fokusom na pitanja kao što su gospodarenje otpadom, nabava resursa i upotreba održivih materijala. <u>Glavni rezultati:</u> LEED-ovi standardi za kategoriju materijala i resursa suočavaju se s izazovima u zemljama u razvoju zbog različitih lokalnih praksi. Dane su smjernice kao pomoć stručnjacima u certificiranju projekata zelene gradnje.
	[28]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Procjena procesa i izazova u certificiranju građevnih materijala u Brazilu, s fokusom na blokove od zemlje, cementa i otpada analizom izvješća priznatih subjekata i promicanjem razmjene informacija među građevinarima. <u>Glavni rezultati:</u> Blokovi od zemlje, cementa i otpada, izrađeni od recikliranih sastojaka, premašuju zahtjeve certifikata LEED i nude održivo, isplativo i ekološki prihvatljivo građevno rješenje koje može postići do 13 bodova.
Kvaliteta unutarnjeg okoliša (EQ)	[29]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Usporediti potrošnju energije i udobnost stanara u fakultetskoj zgradi s certifikatom LEED i građevinama koje nemaju certifikat LEED na sveučilišnom kampusu. Prikupiti podatke o fizikalnim svojstvima, vremenu, potrošnji komunalnih usluga, stupnju popunjenosti kapaciteta i ispitati zadovoljstvo stanara u vezi s udobnošću prostora. <u>Glavni rezultati:</u> Zgrade certificirane prema LEED-u imale su veću potrošnju energije, ali veću udobnost i zadovoljstvo stanara zbog nižih rezultata povezanih s energijom i zrakom i viših rezultata povezanih s kvalitetom unutarnjeg prostora.
	[30]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Procjena kvalitete unutarnjeg prostora na radnim mjestima u SAD-u usporedbom zadovoljstva stanara i rezultata po sedam kriterija u vezi s kvalitetom unutarnjeg prostora između zgrada s certifikatom LEED i zgrada koje nemaju certifikat LEED. <u>Glavni rezultati:</u> Zgrade s certifikatom LEED imaju bolje rezultate u pogledu kvalitete zraka, uredskog namještaja i čistoće, ali one koje nisu certificirane imaju bolje rezultate u vezi s rasporedom ureda, rasvjetom i akustikom, što upućuje na to da je potrebno razraditi LEED-ove kriterije u vezi s kvalitetom unutarnjeg prostora.
	[31]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Procjena kvalitete unutarnjeg prostora u domovima s certifikatom LEED na Srednjem Zapadu provedbom ankete distribuirane putem e-pošte. Dvjesto trideset i pet stanovnika odgovorilo je na 13 upitnika o kvaliteti unutarnjeg prostora, analiziranih analizom nedostataka. <u>Glavni rezultati:</u> Pronađeni su nedostaci u vezi s kontrolom temperature, kvalitete zraka i vlage u domovima s certifikatom LEED. Kriteriji dnevnog i umjetnog osvjetljenja bili su zadovoljavajući.
	[32]	<u>Metodologija istraživanja:</u> Ispitivanje produktivnosti korisnika u zgradama zdravstvenih ustanova s certifikatom LEED. <u>Glavni rezultati:</u> Pozitivna veza između oblikovanja građevine, temperaturne ugodnosti i iskorištenosti prostora.

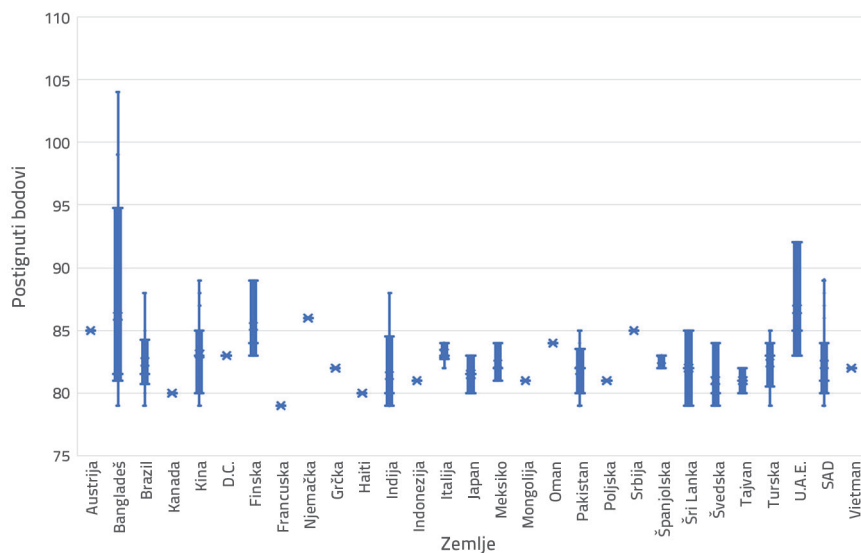
Sva prethodno navedena istraživanja različitih verzija LEED-a bavila su se pitanjem certificiranja, kategorija i postignutih bodova te su istaknula poteškoće u primjeni LEED-a u cijelom svijetu zbog različitih lokalnih standarda te ekonomskih, tehnoloških i društvenih razlika. Kvaliteta, sadržaj i raznolikost standarda zahtijevaju različite pristupe u svakoj zemlji. Pri uvođenju sustava certificiranja zelene gradnje treba voditi računa o značajkama regija u kojima će se primjenjivati. Cilj ovog istraživanja bio je ispitati položaj Turske među navedenim sustavima certificiranja građevina tako što su najprije procijenjene 134 nove zgrade u svijetu koje posjeduju platinaste certifikate 4. verzije LEED-a na temelju njihovih rezultata i kriterija certificiranja, a zatim su ocijenjene te nove građevine koje posjeduju platinaste certifikate 4. verzije LEED-a s obzirom na kriterije ocjenjivanja. Zbog toga su se

autori rada savjetovali s Američkim vijećem za zelenu gradnju (eng. *American Green Building Council - USGBC*) putem službene internetske stranice kako bi prikupili najnovije informacije o sustavu certifikacije LEED, a rezultati su analizirani uz pomoć računalnog programa SPSS.

2. Materijali i metode

2.1. Prikupljanje podataka

U ovom istraživanju ispitani su projekti s platinastim certifikatom Američkog vijeća za zelenu gradnju (USGBC), certificirani prema sustavu ocjenjivanja LEED-NCv4 od 2018. do 2023. godine. Prema popisu projekata, 134 projekta u 29 zemalja ocijenjena su između 2018. i prosinca 2023.



Slika 2. Raspodjela projekata certificiranih prema LEED sustavu po zemljama

Raspodjela certificiranih projekata po zemljama prikazana je na slici 2. Rezultati dobiveni iz tablica rezultata USGBC-a za kategorije IP, LT, SS, WE, EA, MR, EQ i IN prikupljeni su iz baze podataka u Excelu. Prikupljeni podaci analizirani su pomoću statističkog računalnog programa SPSS. Zgrada nulte energetske razine tvrtke DPR Construction u San Franciscu (SAD) imala je najnižu ocjenu (79 bodova), a zgrada tvrtke Green Textile Limited (Bangladeš) imala najvišu ocjenu, 104 boda. Općenito gledano, rezultati su bili između 80 i 85 bodova. Na tom je popisu SAD na najvišem mjestu s 42 projekata, slijedi Kina s 15 projekata. Bangladeš ima osam projekata s platinastim certifikatom, a Turska ih ima pet.

2.2. Statistička analiza

U radu su priloženi točkasti i kutijasti dijagrami za prikaz opisnih statističkih podataka za kategorije LEED-a. Budući da su podaci u vezi s LEED-om originalni, daje se prednost metodi srednje vrijednosti interkvartilnog raspona (IQR, 25. do 75. percentila) za procjenu bodova za LEED-NCv4 [33]. Kutijasti dijagram prikazuje najmanju vrijednost, prvi, drugi i treći kvartil i najveću vrijednost skupa podataka. Ako je središnja linija ispod središta, distribucija je pozitivno iskrivljena, ako je iznad središta, distribucija je negativno iskrivljena. Srednja linija u sredini označava da su podaci normalno distribuirani [34].

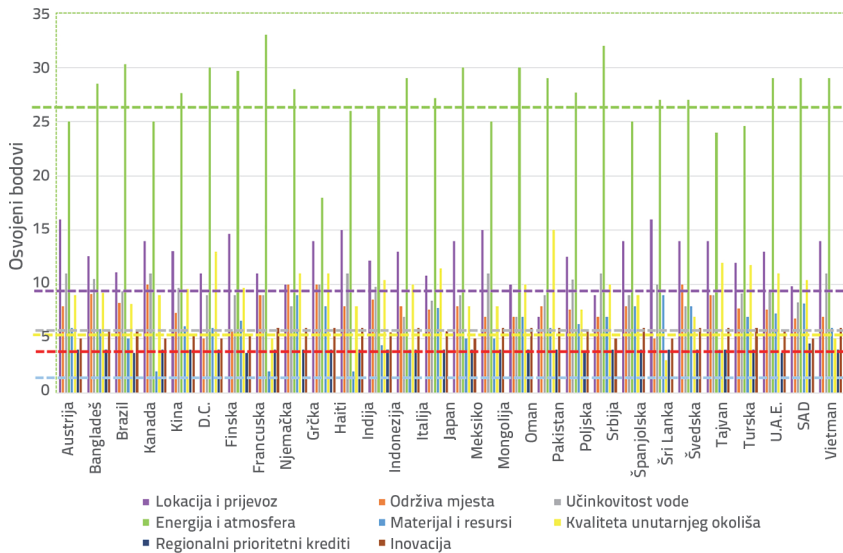
U ovom istraživanju primijenjena je metoda statističkog zaključivanja za izvođenje zaključaka i procjenu kategorija i bodova na temelju prikupljenih podataka, a cilj je ponuditi jasno znanje o distribuciji i varijabilnosti LEED kategorija i bodova primjenom različitih alata za vizualizaciju, koji mogu pomoći istraživačima i stručnjacima u analizi i usporedbi različitih projekata u smislu njihovog učinka na okoliš i

održivost. Najprije su analizirani odnosi između kategorija koje se ocjenjuju upotrebom rezultata za 134 odabrane zgrade s platinastim certifikatom iz 29 ispitanih zemalja. Pearsonov koeficijent korelacije upotrijebljen je za utvrđivanje varijabli s najvećom međuovisnošću. Karl Pearson razvio je Pearsonov koeficijent korelacije kao linearni koeficijent korelacije za procjenu odnosa između dviju varijabli [35]. Jednostavna korelacijska matrica eliminira suvišne informacije i identificira ključne kvalitete [36]. Ta matrica vizualno predstavlja odnose među višestrukim varijablama, omogućujući sveobuhvatniju analizu. Pearsonov koeficijent korelacije mjeri linearnu ovisnost između dviju slučajnih varijabli [37]. Povijesno

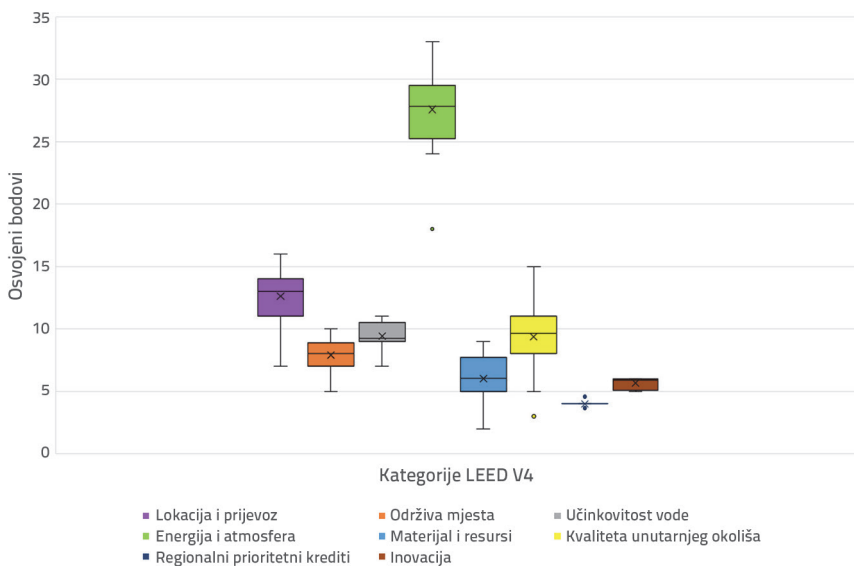
gledajući, to je bila prva priznata i najpopularnija mjera korelacije [38]. Test sume rangova primijenjen je za utvrđivanje razlika između rezultata zgrada s platinastim certifikatom u Turskoj i drugim zemljama nakon analize odnosa između ovih kategorija i bodova, što je glavni cilj ovog istraživanja. Ovaj test ispituje srednju razliku između dvije neovisne skupine iz sličnih populacija i pomaže u određivanju jednakosti ili razlike između skupina. Pet od 134 građevine koje su dobile platinasti certifikat LEED NCv4 bile su u Turskoj. Ovaj test ispituje srednju razliku između dvije neovisne skupine iz slične populacije i utvrđuje razliku ili jednakost između skupina [39]. U ovom radu primijenjene su opisne metode i metode statističkog zaključivanja za analizu kategorija i bodova LEED-a, s ciljem pružanja uvida u odnose između tih varijabli i ocijenit će se učinkovitost zgrada s platinastim certifikatom LEED-a u različitim državama putem vizualizacija i statističkih mjerenja. Ovo istraživanje doprinosi razumijevanju praksi održive gradnje i podloga je za buduće odlučivanje o ekološkom dizajnu.

3. Statistički rezultati

Ukupni rasponi bodova za sve kategorije bili su različiti. Najveći rezultat za LT iznosio je 20, za SS 10, za WE 11, za EA 33, za MR 13, za EQ 16, a za IN 6 bodova. Veličine kutijastog dijagrama za EQ, LT i EA bile su veće od onih drugih algoritama. Udaljenost između crta i kutije može se smatrati malom. Prema analizi podataka pomoću kutijastog dijagrama, prikazanoj na slici 3, najveći raspon podataka od 33 određen je u kategoriji energije i zraka, a najmanji raspon podataka od 4 određen je u izračunima za kategoriju regionalnih prioriteta. Za 134 odabrane građevine iz 29 zemalja koje su dobile platinasti certifikat, dodijeljen je najmanje jedan bod,



Slika 3. Rezultati kutijastog/točkastog dijagrama za kategoriju LEED-NCv4



Slika 4. Prosječni bodovi po kategorijama za zemlje prema LEED NCv4 sustavu

a najviše 16 bodova u kategoriji lokacije i prometa. Najniža i najviša ocjena za kategoriju održive lokacije bila je 2 odnosno 10. Bodovi u kategoriji učinkovitosti potrošnje vode iznosili su se od 6 do 11. Raspodjela kategorije energije i zraka bila je između 19 i 33, a raspodjela kategorije materijala i resursa između 2 i 11. Rezultat za kvalitetu unutarnjeg okoliša bio je u rasponu od 3 do 16 bodova. Raspon bodova za kategorije regionalnih prioriteta i inovacija bio je mali.

Slika 4. prikazuje rezultate za zemlje u svih osam kategorija, s prosječnim rezultatima za 134 građevine u 29 zemalja s platinastim certifikatima. Osam obojenih linija na slici predstavljaju prosjek od 134 zgrade. Općenito, rezultati su blizu prosjeka za sve zemlje. Ujedinjeni Arapski Emirati

postigli su najvišu ocjenu, a Kanada, Dominikanska Republika, Švedska i Haiti bili su ispod prosjeka.

U tablici 3. prikazani su bodovi po svim kategorijama, dobiveni primjenom računalnog programa SPSS. Razina značajnosti za vrijednosti dvojne zvijezde iznosila je 0,01, a za vrijednosti jedne zvijezde 0,05. Skup podataka prikazuje raspon od -1 do 1 u korelaciji između dviju varijabli. Potpuno pozitivne korelacije i potpuno negativne korelacije označene su s +1 odnosno -1 [40]. U kategoriji lokacije i transporta p-vrijednost za "zaštitu osjetljivog tla" i "gustoću okoline i raznolikost namjenu" iznosi 0,425, što pokazuje na statistički značajnu korelaciju između ovih varijabli.

Štoviše, p-vrijednost za "pristup kvalitetnom prijevozu" i "gustoću okoline i raznolikost namjenu" iznosi 0,579. U kategoriji održivih lokacija p-vrijednost za "otvoreni prostor" i "razvoj lokacije – zaštita ili obnova staništa" iznosi 0,445, a "gospodarenje oborinskim vodama" je 0,215, što pokazuje na statistički značajan odnos. U kategoriji energije i zraka p-vrijednost za "mjerenje energije na razini građevine" i "poboljšano puštanje u pogon" iznosi 0,275. Osim toga, u ovoj kategoriji "proizvodnja obnovljive energije" u pozitivnoj je korelaciji sa "zelenom energijom i smanjenjem emisija ugljičnog dioksida", "optimizacijom energetske učinkovitosti" i "poboljšanim upravljanjem rashladnim uređajima".

U kategoriji materijala i resursa p-vrijednost za "deklaracije ekološkog proizvoda" i "pružanje informacija o građevnom proizvodu i optimizaciju" iznosili su 0,347. Osim toga, p-vrijednost za "odgovornost za nabavu sirovina" i "pružanje informacija o građevnom proizvodu i optimizaciju" iznosila je 0,436, što pokazuje na umjereno pozitivnu korelaciju. U kategoriji inovacija p-vrijednost za "gospodarenje oborinskim vodama" i "otvoreni prostor" također su bile u pozitivnoj korelaciji. Kategorije gustoće okruženja i raznolike namjene najsnažnije su povezane s pristupom kvalitetnom prijevozu u kategoriji lokacije i transporta, dok su kategorije u vezi s pogledom, dnevnom toplinskom udobnosti i akustičnim svojstvima umjereno povezane.

Tablica 3. Pearsonovov koeficijent korelacije za bodove prema LEED NCv4 sustavu

P-vrijednost za kategoriju "lokacija i transport"	Gustoća okoline i raznolika namjena	Pristup kvalitetnom prijevozu	Smanjeni utjecaj na okoliš uslijed parkiranja	Zelena vozila
Zaštita osjetljivog tla	0,425**	0,336**		
Pristup kvalitetnom prijevozu	0,579**		0,196*	
Sadržaji za bicikliste			0,229**	0,271**
p-vrijednost za kategoriju "održive lokacije"	Otvoreni prostor			
Razvoj lokacije – zaštita ili obnova staništa	0,445**			
Gospodarenje oborinskim vodama	0,215*			
p-vrijednost za kategoriju "učinkovitost potrošnje vode"	Vodomjer	Smanjenje potrošnje vode u zatvorenom prostoru		
Smanjenje potrošnje vode na otvorenom	0,361**	0,503**		
p-vrijednost za kategoriju "energija i zrak"	Mjerenje energije na razini zgrade	Zelena energija i smanjenje emisija ugljičnog dioksida	Optimiziranje energetske učinkovitosti	Poboljšano upravljanje rashladnim uređajima
Poboljšano puštanje u pogon	0,275**			
Proizvodnja obnovljive energije		0,350**	0,603**	0,333**
p-vrijednost za kategoriju "materijali i resursi"	Deklaracije ekološkog proizvoda	Odgovornost za nabavu sirovina		
Pružanje informacija o građevnom proizvodu i optimizacija	0,347**	0,436**		
p-vrijednost za kategoriju "kvaliteta unutarnjeg okoliša"	Plan upravljanja kvalitetom zraka u zatvorenom prostoru u građevinarstvu	Dnevna rasvjeta	Kvalitetni pogledi	Unutarnje osvjetljenje
Poboljšane strategije za kvalitetu zraka u zatvorenom prostoru	0,211**			
Toplinska udobnost		0,189*	0,244**	
Kvalitetni pogledi		0,342**		
Akustična svojstva		0,194*		
Dnevna rasvjeta				0,212**
p-vrijednost za kategoriju "inovacije"	Gospodarenje oborinskim vodama	Smanjenje potrošnje vode na otvorenom		
Otvoreni prostor	0,718**	0,672**		

** Korelacija je značajna na razini 0,01 (dvostrana)
* Korelacija je značajna na razini 0,05 (dvostrana)

Tablica 4. Rezultati testa sume rangova za bodove prema LEED NCv4 za Tursku i druge zemlje

Kriteriji Promatrani parametri	Prioritetna lokacija	Ocjena lokacije	Optimizacija energetske učinkovitosti	Poboljšano puštanje u pogon	Upravljanje potrošnjom	Toplinska ugodnost
Test sume rangova	137.500	145.000	145.000	93.000	157.500	176.000
Vrijednost značajnosti (dvostrana)	0,017	0,000	0,050	0,003	0,031	0,032

Tablica 5. Rezultati testa sume rangova za LEED NCv4 kategorije za Tursku i druge zemlje

Kriteriji Promatrani parametri	LT	SS	WE	EA	MR	EQ	RP	ID
Test sume rangova	314.500	257.500	243.000	98.500	303,500	166.000	315.000	212.500
Vrijednost značajnosti (dvostrana)	0,901	0,424	0,319	0,007	0,800	0,062	0,869	0,116

Turska je uspoređivana s drugim zemljama u svih osam kategorija te prema bodovima. Pomoću testa sume rangova za procjenu statističkih razlika između osam kategorija i 57 bodova, dobivene su vrijednosti s p-vrijednošću manjom od 0,05. Tablica 4. prikazuje odnos između Turske i drugih zemalja. P-vrijednosti za pet od 57 bodova bile su manje ili blizu 0,05. Bodovi vezani uz ocjenu lokacije, optimiziranu energetske učinkovitost, poboljšano puštanje u pogon, upravljanje potrošnjom i toplinsku udobnost bili su manji od 0,05, što upućuje na značajnu razliku između Turske i drugih zemalja. Te su vrijednosti bile posebno niske u kategorijama lokacije i prijevoza, što pokazuje na potrebu za boljom integracijom strategija održivog prijevoza i lokacija. Stoga, kako se povećavao broj analiziranih građevina, značajne razlike među regijama postale su očite.

Uočena je značajna razlika u kriterijima energije i zraka za građevine s platinastim certifikatom u kojima se raspravljalo u Turskoj kada je ispitano više od osam kriterija. Prosječna ocjena Turske u kategoriji energije i zraka bila je niža od one u drugim zemljama. U kategoriji kvalitete unutarnjeg okoliša dobiven je rezultat blizu 0,05 s p-vrijednošću od 0,062 (tablica 5.). Iz te tablice može se uočiti da je p-vrijednost u kategoriji energije i zraka iznosila 0,007, tj. ispod uobičajene razine značajnosti od 0,05, što upućuje na značajnu razliku između učinkovitosti građevina s platinastim certifikatom u Turskoj i onih u drugim zemljama u smislu kriterija za kategoriju energije i zraka. U kategoriji energije i zraka, Turska ima dobre rezultate u usporedbi s mnogim drugim zemljama, ali je ispod svjetskog prosjeka, što upućuje na potrebu za obnovljivim i energetski učinkovitim strategijama. U kategoriji kvalitete unutarnjeg okoliša dobiven je rezultat blizu 0,05 s p-vrijednošću od 0,062. Iako je ta p-vrijednost bila malo iznad razine značajnosti, još je uvijek relativno niska, što upozorava na moguću razliku. Relativno visok rezultat za ovu kategoriju upućuje na predanost zdravlju i udobnosti korisnika građevine. Iako nema značajnih razlika između rezultata Turske i drugih zemalja u smislu EQ

kriterija, možda će biti potrebno dodatno istraživanje za druge kategorije.

Uzimanje u obzir prilagodljivosti svojstvene LEED certifikacijskom okviru ključno je jer prepoznaje da se održivost može postići primjenom različitih pristupa. LEED certifikat uključuje različite strategije koje projektni timovi mogu usvojiti na temelju svojih okolnosti, prioriteta i izazova specifičnih za lokaciju. Važno je napomenuti da postizanje visokih ocjena projekta nije jednoznačan, već višestruki proces kojem se može pristupiti na različite načine. Takvo bi stajalište trebalo uzeti u obzir pri analizi rezultata ovog istraživanja o izvedbi projekata u Turskoj. Različiti rezultati u različitim kategorijama upućuju na prilike za poboljšanje i strateške odluke projektnih timova, koje se temelje na ciljevima održivosti, dostupnosti resursa i specifičnim potrebama projekta. Ovo nijansirano razumijevanje napora Turske u pogledu održive gradnje naglašava potencijal različitih strategija da doprinesu širim ciljevima održivosti.

4. Zaključak

Pandemija bolesti COVID-19 predstavila je priliku građevnoj industriji da dade prioritet održivoj gradnji i građevnim praksama. Uključivanje načela održive gradnje u planove sanacija rješava goruće izazove i postavlja temelje za održiviji, energetski učinkovitiji i klimatski otporniji izgrađeni okoliš. Stoga su sustavi certificiranja širom svijeta nužni za stvaranje održivijeg svijeta. U ovom je istraživanju provedena sveobuhvatna analiza 134 nova građevna projekta certificiranih prema LEED-u NCv4 u 29 zemalja do prosinca 2023. Glavni cilj istraživanja bio je procijeniti učinkovitost i dosljednost tih projekata u ispunjavanju standarda održive gradnje. Rezultati istraživanja su sljedeći:

- U kategorijama certifikata LEED, uključujući lokaciju i transport te održive lokacije, rezultati su nedosljedni, a neke građevine postigle su samo jedan bod, što odražava niske stope uspješnosti građevina u tim kategorijama. Kategorije

- regionalnih prioriteta i inovacija imale su malo bolje rezultate, što upućuje na bolju usklađenost sa standardima održive gradnje. Najviše bodova postignuto je u kategoriji energije i zraka. Međutim, u kategoriji kvalitete unutarnjeg okoliša rezultati su imali širi opseg, što upućuje na različite stope uspješnosti u tim kategorijama.
- Određeni bodovi u svakoj kategoriji značajno su povezani s ostalim kategorijama. Bodovi u kategoriji lokacije i transporta u vezi s pristupom kvalitetnom prijevozu, smanjenom utjecaju na okoliš uslijed parkiranja i zaštita osjetljivog tla bili su značajno povezani. Kategorija održivih lokacija bila je povezana s otvorenim prostorima, razvojem lokacije, očuvanjem i obnovom zahtjeva staništa. Kategorija učinkovitog korištenja vode bila je u značajnoj korelaciji s mjerenjem vode, smanjenjem unutarnje i vanjske potrošnje vode. Upravljanje potrošnjom, zelena energija i smanjenje emisija ugljičnog dioksida, povećano puštanje u pogon i optimalna energetska svojstva te bodovi za proizvodnju obnovljive energije unutar kategorije energije i zraka bili su povezani. Kategorija materijala i resursa povezana je s otkrivanjem i optimizacijom građevnih proizvoda, nabavom sirovina i deklaracijama ekološkog proizvoda. Upravljanje kvalitetom zraka ima značajan utjecaj na kvalitetu unutarnjeg prostora. U pogledu inovacija, korelacija između otvorenog prostora i gospodarenja oborinskim vodama bila je značajna.
 - Što se tiče analize po pojedinim zemljama, istraživanje je otkrilo da je Turska na 11. mjestu među zemljama/regijama s najvišim certifikatom LEED, s ukupno 556 projekata. Međutim, Turska je ostvarila ispotprosječne rezultate u kategoriji energije i zraka, s prosječnom ocjenom od 24 boda od maksimalnih 30, u usporedbi s globalnim prosjekom od 28. Međutim, Turska je pokazala uspješnu izvedbu s obzirom na kvalitetu unutarnjeg okoliša, s prosječnom ocjenom 12 od maksimalnih 15, nadmašivši globalni prosjek od 9 bodova za zgrade s platinastim certifikatom. Turska je postigla natprosječne ocjene s obzirom na lokaciju i transport, što upućuje na hvalevrijedne napore u provedbi strategija održivog transporta i lokacije. Značajno je da su rezultati u drugim kategorijama bili relativno blizu prosjeka, što upućuje na uravnotežen učinak u tim područjima.
 - U ovom je istraživanju analizirana učinkovitost novih građevnih projekata s platinastim certifikatom LEED-NCv4 različitim regijama diljem svijeta. Ocjenom prednosti i slabosti tih projekata, ovo je istraživanje pružilo dragocjene uvide u razvoj praksi održive gradnje i poboljšanje procesa certificiranja prema LEED-u. Turska je postigla izvanredan napredak u izgradnji građevina s platinastim certifikatom LEED-NCv4, pokazujući svoju snažnu predanost očuvanju okoliša i postizanju globalnih ciljeva održivosti u građevnoj industriji te proaktivan pristup usvajanja praksi zelene gradnje. Osim toga, ovo istraživanje pruža uvid u buduće gradnje zgrada s platinastim certifikatom i područja koja trebaju poboljšanja. Donositelji politika i stručnjaci u industriji mogu utvrditi ta područja i poduzeti korake za postizanje ciljanih razina održivosti. Rezultati ovog istraživanja otkrili su potrebu za stalnim poboljšanjima postupcima certificiranja prema LEED-u. Interesne skupine moraju predložiti reguliranje zahtjeva za dodjelu bodova, stvaranje jasnijih smjernica ili stvaranje dodatnih poticaja za promicanje inovativnih i održivih značajki. Osim toga, rezultati ovog istraživanja pružaju važne referentne vrijednosti za razvojne inženjere, revizore, arhitekte i dizajnere LEED-a, koji rade na projektima održive gradnje. Primjenom uspješnih strategija prikazanih u ovom istraživanju, svaki ih pojedinac može implementirati u svoje projekte. Takvo dijeljenje znanja doprinosi zajedničkim naporima prema unaprijeđenju praksi održive gradnje na globalnoj razini. Iako je Turska postigla značajan napredak u projektima održive gradnje, u istraživanju su također naglašena područja koja zahtijevaju poboljšanja.

LITERATUR

- [1] World Resources Institute: Choice Reviews Online 2020, 48 (2020), pp. 2101, <https://doi.org/10.5860/choice.48-2101>.
- [2] European Environment Agency: EEA Energy and Climate Change, <https://www.eea.europa.eu/en/topics/at-a-glance/climate>, [2.5.2021.].
- [3] Pekdogan, T.: Design of learning spaces in the post-pandemic era, *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 13 (2022), pp. 500–513, <https://doi.org/10.22712/susb.20220036>.
- [4] Zhai, Y., Mo, L., Rawlins, M.: The impact of nationally determined contributions on the energy sector: Implications for ADB and its developing member countries, 2018.
- [5] Trkulja, T., Radujković, M., Nikolić-Topalović, M.: Vertical greenery system: A model for improving energy efficiency of buildings, *Građevinar*, 74 (2022) 7, pp. 561–571, <https://doi.org/10.14256/JCE.3370.2021>
- [6] Lesjak, V., Pajek, L., Košir, M.: Indirect green façade as an overheating prevention measure, *Građevinar*, 72 (2020) 7, pp. 569–583, <https://doi.org/10.14256/JCE.2797.2019>
- [7] Ayçam, İ., Senem Görgülü, L., Soyuluk, A.: Post-occupancy evaluation in indoor comfort conditions for green office buildings, *Građevinar*, 74 (2022) 9, pp. 721–737, <https://doi.org/10.14256/JCE.3179.2021>
- [8] Hatipoglu, H.K., Cetin, R., Hatipoglu, A.: Sustainable housing: Analysis of energy performance potential in Turkey with translation of building standards of Austria, *Građevinar*, 74 (2022) 8, pp. 647–659, <https://doi.org/10.14256/JCE.3332.2021>
- [9] Gökşen, F., Ayçam, İ.: Thermal performance assessment of opaque ventilated façades for residential buildings in hot humid climates, *Građevinar*, 77 (2023) 3, pp. 225–234, <https://doi.org/10.14256/JCE.3576.2022>

- [10] Ahmad, M.I., Riffat, S.: Energy recovery technology for building applications, 2020.
- [11] U.S. Green Building Council: LEED Rating System, <https://www.usgbc.org/leed>, [2.5.2021.].
- [12] Ismaeel, W.S.E., Adel, M., Sayed, E., Dabaieh, M., Kenawy, I.: Using GIS as a decision-making support tool for LEED Credits LEED location and transportation and sustainable sites categories, Proceedings of the 36th International Conference on Passive and Low Energy Architecture: Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments, Los Angeles, US, 2016.
- [13] Chen, P.H., Nguyen, T.C.: Integrating Web Map Service and Building Information Modeling for location and transportation analysis in green building certification process, *Autom. Constr.*, 2017., <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.014>.
- [14] Litman, T.: Recommendations for improving LEED transportation and parking credits, 2010.
- [15] Ismaeel, W.S.E., Elsayed, M.A.: Sustainable sites in two generations of city development using GIS-MCDM and LEED LT and SS categories, *J. Clean. Prod.*, (2022), p. 330, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129782>.
- [16] Ade-Ojo, O.C.: Awareness of the LEED requirements for green housing development among built-environment professionals in Nigeria, *Built Environment Project and Asset Management*, 2 (2022) 8, p. 12, <https://doi.org/10.1108/BEPAM-02-2020-0032>.
- [17] Ismaeel, W.S.E.: Sustainable site selection using system dynamics: Case study LEED-certified project, *Architectural Engineering and Design Management*, (2021) 2, pp. 1-19, <https://doi.org/10.1080/17452007.2021.1889955>.
- [18] Marceau, M.L., Vangeem, M.G.: Solar reflectance of concretes for LEED sustainable sites credit, Heat island effect, R&D Serial No. 2982, Portland Cement Association, 2007.
- [19] Luo, K., Scofield, J.H., Qiu, Y.: Water savings of LEED-certified buildings, *Resour. Conserv. Recycl.*, (2021), p. 175, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105856>.
- [20] Alawneh, R., Ghazali, F.E.M., Ali, H., Asif, M.: Assessing the contribution of water and energy efficiency in green buildings to achieve United Nations sustainable development goals in Jordan, *Build. Environ.*, (2018), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.043>.
- [21] Assaf, S., Nour, M.: Potential of energy and water efficiency improvement in Abu Dhabi's building sector - Analysis of Estidama Pearl rating system, *Renew. Energy*, (2018), pp. 119-132, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.08.018>.
- [22] Gurgun, A.P., Komurlu, R., Arditi, D.: Assessment of LEED requirements for water efficiency in developing country- Specific certification, Proceedings of the ISEC 2013 - 7th International Structural Engineering and Construction Conference: New Developments in Structural Engineering and Construction, 2013.
- [23] Damsari, A.G.U., Sridarran, P., Abdeen, F.N.: Applicability of LEED requirements to achieve water efficiency in Sri Lankan hotel industry, Proceedings of the World Construction Symposium, 2021.
- [24] Pushkar, S.: Relationship between energy and atmosphere (Ea) credits and project size in the LEED-NC version 3 (v3) and 4 (v4) projects, *Buildings*, 11 (2021) 3, <https://doi.org/10.3390/buildings11030114>.
- [25] Komurlu, R., Arditi, D., Gurgun, A.P.: Energy and atmosphere standards for sustainable design and construction in different countries, *Energy and Buildings*, 90 (2015), pp. 156-165, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.010>.
- [26] Gurgun, A.P., Polat, G., Damci, A., Bayhan, H.G.: Performance of LEED energy credit requirements in European countries, Proceedings of the Procedia Engineering, 2016.
- [27] Gurgun, A.P., Komurlu, R., Arditi, D.: Review of the LEED category in materials and resources for developing countries, Proceedings of the Procedia Engineering, 2015.
- [28] de Castro, L.E.B., Lima, F.X.R.F.: The soil-cement block incorporated with waste meeting the requirements needed LEED V 4 certification under the category of materials and resources, 2021.
- [29] Vosoughkhosravi, S., Dixon-Grasso, L., Jafari, A.: The impact of LEED certification on energy performance and occupant satisfaction: A Case study of residential college buildings, *Journal of Building Engineering*, (2022), p. 59, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105097>.
- [30] Lee, Y.S., Kim, S.: Indoor environmental quality in LEED-certified buildings in the U.S., *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 7 (2008) 2, pp. 293-300, <https://doi.org/10.3130/jaabe.7.293>.
- [31] Lee, E.: Indoor environmental quality (IEQ) of LEED-certified home: Importance-Performance Analysis (IPA), *Build. Environ.*, (2019), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.038>.
- [32] Xuan, X.: Study of indoor environmental quality and occupant overall comfort and productivity in LEED- and non-LEED-certified healthcare settings, *Indoor and Built Environment*, 27 (2018), pp. 544-560, <https://doi.org/10.1177/1420326X16684007>.
- [33] Campbell, M.J.: Statistics at Square One, John Wiley & Sons, 2021.
- [34] Gündoğmu, M.E., Kalfa, V.R., Başkaya, H.: Gayrimenkul Değerleme ve İstatistiksel Analiz, *Journal of Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 1 (2022), pp. 173-197
- [35] Monedero, I., Biscarri, F., León, C., Guerrero, J.I., Biscarri, J., Millán, R.: Detection of frauds and other non-technical losses in a power utility using Pearson coefficient, Bayesian networks and decision trees, *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, (2012), <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2011.09.009>.
- [36] Jebli, I., Belouadha, F.Z., Kabbaj, M.I., Tilioua, A.: Prediction of solar energy guided by Pearson correlation using machine learning, *Energy*, 224 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120109>.
- [37] Benesty, J., Chen, J., Huang, Y., Cohen, I.: Pearson correlation coefficient, *Noise Reduction in Speech Processing*, Springer, 2009.
- [38] Zhou, H., Deng, Z., Xia, Y., Fu, M.: A new sampling method in particle filter based on Pearson correlation coefficient, *Neurocomputing*, 2016., <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.036>.
- [39] O'Brien, R.G., Castelloe, J.: Exploiting the link between the Wilcoxon-Mann-Whitney Test and a simple odds statistic, *ASA Section on Statistical Consulting*, 2005.
- [40] Jebli, I., Belouadha, F.Z., Kabbaj, M.I., Tilioua, A.: Prediction of solar energy guided by Pearson correlation using machine learning, *Energy*, 224 (2021), <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120109>.