

asist. dr. David Božiček, mag. inž. stavb.
david.bozicek@fgg.uni-lj.si



doc. dr. Jaka Potočnik, mag. inž. arh.
jaka.potocnik@fgg.uni-lj.si



doc. dr. Luka Pajek, mag. inž. stavb.
luka.pajek@fgg.uni-lj.si



izr. prof. dr. Mitja Košir, univ. dipl. inž. arh.
mitja.kosir@fgg.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,
Jamova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija



Znanstveni članek
UDK 697:620.9:502.173

PONAZORITEV METODOLOŠKE KOMPLEKSNOSTI UVAJANJA LCA V NAČRTOVALSKO PRAKSO NA PRIMERU SMERNIC ZA NIZKOOGLJIČNE STAVBE SLOVENSКИH STANOVANJSКИH SKLADOV

ILLUSTRATION OF THE METHODOLOGICAL COMPLEXITY OF IMPLEMENTING LCA IN BUILDING DESIGN: GUIDELINES FOR LOW- CARBON BUILDINGS OF SLOVENIAN HOUSING FUNDS

Povzetek

Nova Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (EPBD) uvaja vrednotenje vseživljenjskega ogljičnega odtisa stavb v načrtovalsko prakso. Kot orodje za izračun ogljičnega odtisa stavb je predvidena metoda ocenjevanja življenjskega cikla (LCA). Stavbe so kompleksni sistemi z dolgo življenjsko dobo, sestavljeni iz množice različnih gradbenih proizvodov. Uporaba metode LCA zato zahteva strukturiran pristop, celovito definicijo robnih pogojev in scenarijev izračuna ter podatke, s katerimi določamo okoljski odtis v različnih fazah življenjskega cikla stavb. V članku je predstavljena vsebina Smernic za nizkoogljicne stavbe slovenskih stanovanjskih skladov (smernice SSS). Predstavitev smernic služi kot izhodišče za razumevanje metodologije LCA in ključnih elementov, ki so zahtevani za harmonizirano vrednotenje ogljičnega odtisa stavb. V nadaljevanju je predstavljena primerjava metodoloških karakteristik izbranih nacionalnih metod in okvira Level(s) z metodo v smernicah SSS. To omogoča diskusijo o prihajajočih izzivih in tveganjih povezanih z uvajanjem LCA v načrtovalsko prakso in obrazložitev, zakaj bo prihajajoča nacionalna metoda za Slovenijo imela drugačno zasnovo kot v smernicah SSS. V Sloveniji se moramo pripraviti na uvedbo LCA, sicer obstaja tveganje za preobremenitev projektantov in dvom o reprezentativnosti izračunov.

Ključne besede: LCA; ocenjevanje življenjskega cikla; ogljični odtis; ogljični odtis stavb; smernice za nizkoogljicne stavbe

Summary

The new Energy Performance of Buildings Directive introduces the evaluation of carbon in the whole-life cycle of buildings into design practice. Life Cycle Assessment (LCA) is envisaged as a tool for calculating the carbon footprint. Buildings, composed of various products with long lifespans, require a structured approach to LCA, including comprehensive boundary conditions and environmental impact data. The article presents the Guidelines for Low-Carbon Buildings of the Slovenian Building Fund, serving as a starting point for understanding the LCA methodology and the key elements for a harmonized carbon footprint assessment. It also compares the methodological characteristics of selected national methods and the Level(s) framework with the method presented in the guidelines. This enables a discussion on the challenges of implementing LCA into building design practice and an elaboration on why the upcoming national methodology will have a somewhat different design than the one developed in the guidelines. Slovenia must prepare for the introduction of LCA, otherwise there is a risk of overburdening the designers and the representativeness of the calculations will be called into question.

Key words: LCA; life cycle assessment; carbon footprint; carbon footprint of buildings; guidelines for low-carbon buildings

1 UVOD

Gradbeni sektor je pomemben člen našega družbenoekonomskega sistema. V Evropski uniji (EU) predstavlja 9 % skupnega bruto domačega proizvoda in neposredno zaposluje 18 milijonov ljudi¹ [EC^b, 2024]. Zato ni presenetljivo, da ima gradbeni sektor izrazit vpliv na okolje. Na globalni ravni stavbe prispevajo 37 % toplogrednih emisij, od tega 10 % proizvodnja gradbenih proizvodov [UNEP, 2021]. Količine materialov, ki se vgradijo v stavbe, so ogromne. Po nekaterih ocenah se več kot 30–50 % (masni delež) materialov v Evropi vgradi v stavbe, od tega skoraj 40 % vsega lesa, 65 % agregatov in 75 % proizvedenega betona [Herczeg, 2014].

Podatki kažejo, da se je sicer končna raba energije v stanovanjskem sektorju v EU od leta 2010 do 2021 znižala za 6,4 %, neposredne emisije toplogrednih plinov pa za kar 23,9 % [BSO, 2024]. V Sloveniji smo bili pri tem še zlasti uspešni, saj se je v tem obdobju raba energije v stanovanjskem sektorju znižala za 15,0 %, neposredne emisije toplogrednih plinov pa za kar 54,2 % [BSO, 2024]. Kljub temu pa projekcije nakazujejo, da naj bi zaradi naraščanja števila prebivalstva in kupne moči držav v razvoju raba energije v stavbah na globalnem nivoju do leta 2050 narasla za 50 %, medtem ko bi se tlorisna površina stavb lahko podvojila [UNEP, 2016]. Tudi v EU, kjer je zgrajenih že več kot 27 milijard m² tlorisne površine stavb [BSO, 2024], se pričakuje, da se bo tlorisna površina stavb do leta 2050 povečala za več kot 20 % [UNEP, 2016]. Podatki tako kažejo, da je za doseganje ciljev Pariškega sporazuma o podnebnih spremembah [UNFCCC, 2015] nujno nadaljnje manjšanje okoljskega odtisa stavb, te pa hkrati še vedno predstavljajo področje z velikim potencialom za zmanjšanje toplogrednih emisij za blaženje antropogeno povzročenih podnebnih sprememb [IEA, 2019].

Kot podpisnica Pariškega sporazuma ima EU ambiciozne cilje do leta 2030 zmanjšati emisije toplogrednih plinov za 55 % pod nivo emisij iz leta 1990 ter postati ogljično nevtralna do leta 2050 ([EC, 2018], [EP, 2018]). Z izboljšanjem energijske učinkovitosti stavb in uporabo obnovljivih virov energije so se v stavbnem fondu pomembno zmanjšale toplogredne emisije v fazi obratovanja. Poleg manjšanja vpliva v fazi obratovanja stavb pa je nujno tudi osredotočanje na preostale faze življenjskega cikla. S tem postajajo vse bolj pomembne utelešene emisije (ang. *embodied emissions*), ki nastajajo med ekstrakcijo surovin, proizvodnjo, transportom, gradnjo, uporabo stavb (npr. zamenjava stavbnih elementov) ter odstranitvijo objekta ([BPIE, 2021], [BPIE, 2023]). Za vrednotenje okoljskega odtisa stavb je potreben vseživljenjski pristop ter upoštevanje okoljskega vpliva v vseh fazah življenjskega cikla stavb, kar s prenovljeno Direktivo Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb (direktiva EPBD) uveljavlja tudi EU [EPBD, 2024]. Za postopek izračuna vseživljenjskega ogljičnega odtisa se direktiva EPBD sklicuje na standard SIST EN 15978 [SIST EN 15978, 2011] in indikator 1.2 »Potencial za globalno segrevanje v življenjskem ciklu (GWP, ang. *global warming potential*)« vseevropskega okvira za vrednotenje trajnosti v stavbah, Level(s) [Dodd, 2021]. Osrednje orodje za izračun vseživljenjskega okoljskega odtisa stavb v obeh dokumentih pa je metoda ocenjevanja življenjskega cikla – LCA (angl. *life cycle assessment*). Z uveljavitvijo nove direktive EPBD bo metoda LCA postala del načrtovalske

prakse stavb (čeprav se v jedru besedila direktive EPBD izraz LCA sploh ne pojavi). Ker pa so stavbe kompleksni sistemi z dolgimi življenjskimi dobami in je LCA specifična veda, lahko vključitev metode LCA v načrtovalsko prakso predstavlja izziv.

Vrednotenje okoljskega vpliva stavb z metodo LCA je v Sloveniji omejeno na posamezne raziskovalne skupine in specifične projekte, pri katerih je LCA del vrednotenja za namen certificiranja trajnostnosti stavb (npr. LEED [USGBC, 2022] in DGNB [DGNB, 2019] shemi). Je pa precej proizvajalcev gradbenih proizvodov, prisotnih na Slovenskem trgu, spoznalo LCA v sklopu izdelave okoljskih deklaracij za proizvode (EPD-jev, ang. *environmental product declarations*) [ZAG, 2023]. Kot posledico novih uredb in direktiv na nivoju EU lahko v prihajajočih letih pričakujemo vključitev metode LCA v načrtovanje stavb kot tudi drugih infrastrukturnih projektov. Zaradi tega bodo širšemu krogu deležnikov v grajenem okolju komunicirani rezultati LCA-analiz. Posledično bo naraščala tudi potreba po slovenski literaturi na temo LCA stavb. Izmed LCA-standardov, ki so relevantni za področje stavb, je v celoti prevedena le prva različica standarda SIST EN 15804 [SIST EN 15804, 2013], medtem ko drugi standardi, ki obravnavajo LCA kot računsko metodo za ocenjevanje okoljskega vpliva (SIST EN ISO 14040/44 ([SIST EN ISO 14040, 2006], [SIST EN ISO 14044, 2017])) in LCA kot orodje za vrednotenje okoljskega vpliva stavb (SIST EN 15804+A2 [SIST EN 15804, 2019], SIST EN 15978 [SIST EN 15978, 2011] in ISO 21931-1 [ISO 21931-1, 2022]), niso prevedeni v slovenski jezik. Zato trenutno izrazoslovje na področju LCA še ni dorečeno, kar lahko otežuje komunikacijo [Božiček, 2025].

1.1 Namen, cilji in struktura

Članek je zasnovan večplastno, pri čemer je prvi cilj predstaviti vsebino in koncept Smernic za nizkoozgljične stavbe slovenskih stanovanjskih skladov (smernice SSS). S pomočjo predstavitev smernic SSS bodo bralcem predstavljeni specifične uporabe metode LCA za namen vrednotenja okoljskega vpliva stavb ter izzivi, povezani z vzpostavitvijo metodološkega okvira, ki omogoča določanje emisij toplogrednih plinov v življenjskem ciklu stavb (poglavje 2). Predstavitev smernic je podlaga za drugi cilj članka, ki zajema primerjavo metodologije smernic SSS z nacionalnimi metodami drugih držav in okvirom Level(s) (poglavje 3). Navedena cilja tvori jedro članka, pri čemer pa članek zasleduje tudi posredni cilj, ki je v luči nedorečenega slovenskega izrazoslovja na področju LCA stavb vpeljati in v besedilo vključiti izraze, ki so pomembni za komunikacijo na obravnavanem področju. Obravnavani cilji omogočajo diskusijo o izzivih in tveganjih, povezanih z uvajanjem LCA v načrtovalsko prakso v Sloveniji.

2 SMERNICE ZA NIZKOOGLJIČNE STAVBE SLOVENSКИH STANOVANJSКИH SKLADOV

2.1 Kontekst

Po naročilu Zbornice za poslovanje z nepremičninami iz Gospodarske zbornice Slovenije [ZPN, 2024] smo na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo) [KSKE, 2024] izdelali Smer-

¹ Za primerjavo: avtomobilska industrija zaposluje 13,8 milijona ljudi in prispeva 7 % k BDP-ju EU (ECa, 2024).

nice za nizkoogljične stavbe slovenskih stanovanjskih skladov [Košir, 2024] za izračun ogljičnega odtisa večstanovanjskih stavb. Pri izdelavi smernic smo upoštevali sledeče predpostavke, ki so izhajale iz zahtev naročnika in stopnje razvoja področja:

- Smernice se osredotočajo na večstanovanjske stavbe.
- Metoda v smernicah se lahko uporablja v zgodnjih fazah načrtovanja stavb (npr. idejna zasnova oz. IDZ) kot tudi v kasnejših fazah (npr. projektna dokumentacija za izvedbo gradnje oz. PZI).
- Velika večina projektantov in deležnikov grajenega okolja nima izkušenj z metodo LCA.
- V slovenskem jeziku primanjkuje literature na temo LCA stavb.

V okviru prvih dveh predpostavk smo določili robne pogoje, ki definirajo, kaj vse je vključeno v izračune ter kateri podatki se uporabljajo. V kontekstu drugih dveh predpostavk pa smo želeli dodati tudi informacijsko/izobraževalno komponento, saj je področje vrednotenja okoljskega vpliva stavb z metodo LCA za večino projektantov in deležnikov nekaj novega. Tako smernice poleg zahtev in usmeritev za izračun ogljičnega odtisa stavb podajajo tudi druge informacije, ki so pomembne za razumevanje področja.

2.2 Struktura smernic

Smernice SSS so sestavljene iz uvodnega ter vsebinskih poglavij. V uvodu so predstavljeni namen/cilj, struktura ter omejitve smernic. Cilj smernic je predstaviti poenostavljeno metodo izračuna ogljičnega odtisa večstanovanjskih stavb, ki bo primerna za fazo načrtovanja idejne zasnove stavbe (IDZ) kot tudi za fazo načrtovanja projektna dokumentacije za izvedbo gradnje (PZI). Metoda za izračun temelji na metodi LCA in v največji meri upošteva relevantne standarde in usmeritve ter je prilagojena za večstanovanjske stavbe oz. soseske večstanovanjskih stavb. V luči cilja po uporabi smernic v zgodnjih načrtovalskih fazah in dostopnosti LCA-podatkov so uvedene določene poenostavitve in predpostavke. V uvodnem poglavju smo dodali tudi preglednico z razlago pojmov in izrazov, saj v slovenskemu jeziku terminologija na področju LCA ni usklajena oz. dorečena. V preglednici smo opredelili izraze, kot so utelešeni okoljski vpliv (ang. *embodied environmental impact*), operativni okoljski vpliv (ang. *operational environmental impact*)

in biogeni ogljik (ang. *biogenic carbon*) ter druge, ki so pomembni za razumevanje področja in metodologije smernic.

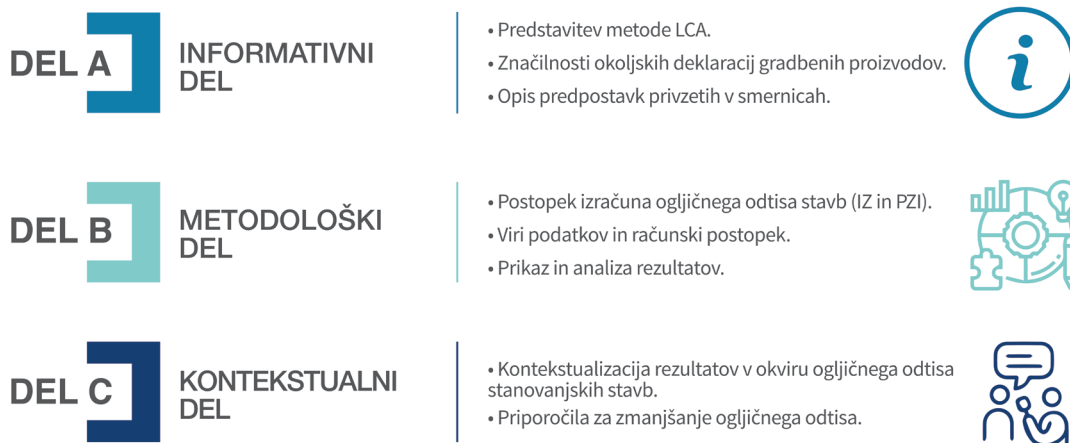
Vsebinska poglavja smernic SSS lahko razdelimo na tri dele, kot je prikazano na sliki 1.

2.3 Smernice SSS – del A

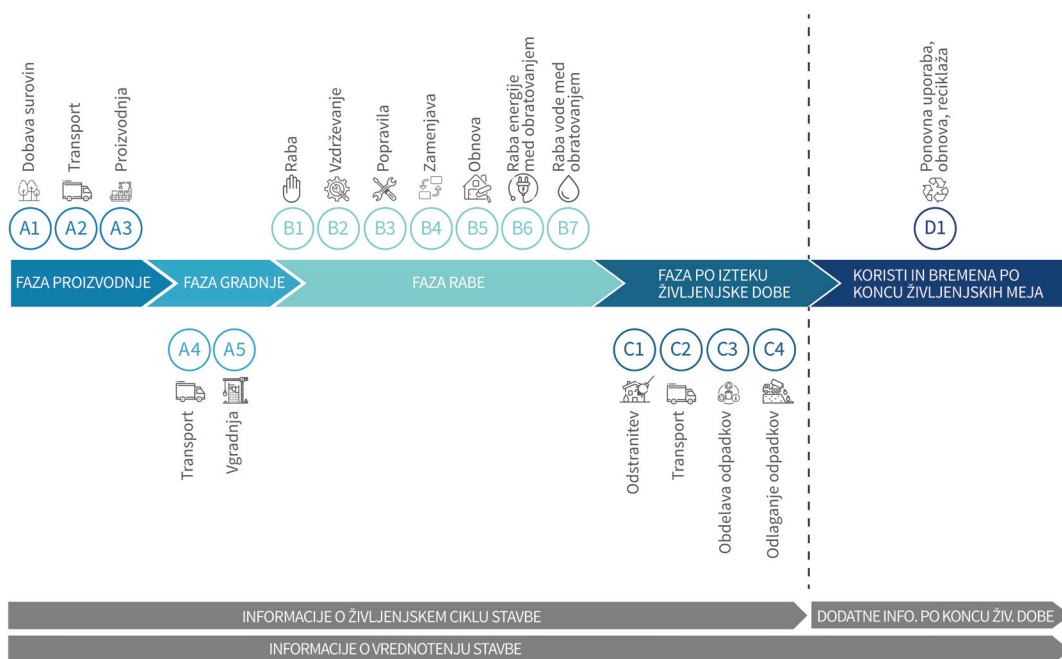
V delu A sta predstavljena metoda LCA ter način, kako rezultati LCA analiz prikazujejo okoljski vpliv. Poleg tega je bolj podrobno obrazložen koncept uporabe metode LCA za vrednotenje okoljskega vpliva stavb. Za implementacijo LCA na nivoju stavb je v skladu z razvitimi shemami in standardi predviden prilagojen pristop, ki ne zahteva poglobljenega razumevanja metode LCA, ampak upoštevanje osnov, ki omogočajo ustrezno rabo LCA podatkov. Tako se lahko LCA razumeva kot orodje, s katerim določamo učinkovitostne kazalnike (ang. *performance indicators*) stavb, ki odražajo vpliv stavbe na okolje. V delu A so opisane tudi bistvene predpostavke, privzete pri pristopu vrednotenja ogljičnega odtisa projektov SSS, ki je predstavljen v delu B. Predpostavke so argumentirane z relevantnimi dognanji iz znanstvene in strokovne literature. V podpoglavjih 2.3.1 in 2.3.2 so povzete ključne točke dela A, ki omogočajo razumevanje konteksta smernic ter tudi spoznavanje z določenimi metodološkimi značilnostmi LCA-analiz stavb.

2.3.1 LCA stavb in EPD-ji

Stavbe so kompleksni sistemi, sestavljeni iz množice gradbenih proizvodov. Njihov življenjski cikel je sestavljen iz različnih faz, ki zajemajo procese od ekstrakcije surovin do odstranitve objekta. Faze življenjskega cikla stavb smo v smernicah opisali v skladu s standardom SIST EN 15978 [SIST EN 15978, 2011]. Ta temelji na modularni razdelitvi, kjer fazo proizvodnje opisujejo moduli A1, A2 in A3, fazo gradnje modula A4 in A5, fazo rabe moduli B1–B7 ter fazo po izteku življenjske dobe moduli C1–C4 (slika 2). Dodatne informacije po koncu življenjske dobe stavb so v skladu z omenjenim standardom predstavljene kot koristi (npr. reciklaža gradbenih materialov ali ponovna uporaba gradbenih komponent) in/ali bremena (npr. skladiščenje in predelava strupenih snovi) v modulu D. Uporabna je delitev okoljskega odtisa stavb na utelešeni in operativni del. Prvi zajema vse module, razen B6 in B7, ki zajemata rabo energije in vode med obratovanjem in tvorita operativni okoljski odtis ([Andersen, 2023], [Röck, 2022]).



Slika 1. Smernice SSS so razdeljene na tri vsebinske sklope A, B in C (vir: [Košir, 2024]).



Slika 2. Razdelitev faz življenjskega cikla stavb po standardu SIST EN 15978 (vir: [Košir, 2024]).

V skladu z relevantnimi standardi za ocenjevanje okoljskega vpliva stavb (SIST EN 15978, ISO 21931-1) se okoljski vpliv stavb v njihovi življenjski dobi ocenjuje s pomočjo že izračunanih LCA-podatkov njihovih podelementov. To je smiselno, saj so stavbe sestavljene iz množice gradbenih proizvodov. Zato so baze LCA-podatkov gradbenih proizvodov ključen element za računanje vseživljenjskega okoljskega vpliva stavb. Pri tem pomembno vlogo igrajo EPD-ji (okoljske deklaracije proizvodov), ki smo jih v smernicah nekoliko podrobneje opisali.

EPD je dokument, ki komunicira rezultate LCA-analiz za določen proizvod (izdelek) [Grahl, 2007]. Glede na določila standarda SIST EN ISO 14025, EPD-ji spadajo med okoljske deklaracije tipa III [SIST EN ISO 14025, 2010]. Za gradbene proizvode so njihova struktura, pravila izdelave in uporabe določeni v skupnih pravilih za kategorije proizvodov (PCR, ang. *product category rules*), ki so določena v standardu SIST EN 15804. Izdelujejo jih operaterji, ki so javni ali zasebni organi za izdelavo okoljskih deklaracij tipa III. Zaradi želje po večji harmonizaciji in skladnosti EPD-jev za gradbene proizvode je bila ustanovljena iniciativa ECO Platform [ECO Platform, 2019]. Namen platforme je zagotavljanje kakovostnih EPD-jev za gradbene proizvode. Član iniciative ECO Platform je tudi eden izmed slovenskih operaterjev, in sicer Zavod za gradbeništvo Slovenije (ZAG) [ZAG, 2024]. Na spletni strani ECO Platform so EPD-ji njenih članic prosto dostopni splošni javnosti [ECO Portal, 2025], prav tako so EPD-ji dostopni na spletnih straneh operaterjev članov ECO Platform (npr. repozitorij EPD-jev ZAG [ZAG, 2023]).

EPD-ji za gradbene proizvode imajo določeno strukturo in pravila, kako izvajati LCA-analizo. V smernicah smo izpostavili pomen razlikovanja med EPD-ji, izdelanimi v skladu s SIST EN 15804+A1 [SIST EN 15804, 2013] (t. i. prva generacija EPD-jev), ter EPD-ji, izdelanimi po posodobljeni verziji standarda iz leta 2019 [SIST EN 15804, 2019] (t. i. druga generacija EPD-jev). Trenutno smo v tranzicijski fazi, saj so v bazah podatkov EPD-ji

izdelani tako po starejšem kot po novejšem standardu. EPD-ji prve generacije so se izdajali do leta 2022 in bodo v bazah podatkov do leta 2027, saj je njihova veljavnost pet let.

Dve ključni razliki med EPD-ji prve in druge generacije sta vezani na zahteve glede vključitve obveznih modulov življenjskega cikla ter obravnavano število okoljskih kategorij in okoljskih indikatorjev. Minimalni moduli življenjskega cikla (t. i. meje sistema), ki morajo biti upoštevani pri prvi generaciji EPD-jev so A1 do A3 oz. »od zibelke do vrat« (faza proizvodnje), medtem ko morajo EPD-ji druge generacije vsebovati tudi module faz C in D (glej sliko 2). Še izrazitejša razlika je pri prikazovanju rezultatov LCA-analiz, ki je povezana z zahtevami glede indikatorjev, ki opisujejo okoljski vpliv. Tako EPD-ji prve generacije vsebujejo sedem okoljskih indikatorjev, medtem ko je pri drugi generaciji vključenih 13 osrednjih ter šest dodatnih indikatorjev. Slednja sprememba je pomembna tudi za smernice SSS, saj je med generacijama EPD-jev prišlo do pomembne razlike pri kategoriji, ki opredeljuje vpliv na segrevanje ozračja. V EPD-jih prve generacije je bil vpliv na segrevanje ozračja izražen z enim okoljskim parametrom – GWP. V EPD-jih druge generacije pa je izražen s štirimi parametri; GWP_{skupni}, GWP_{fosilni}, GWP_{biogeni} in GWP_{taluc} (za razlago glej poglavje 2.3.2.2). Opisane metodološke razlike poudarjajo pomen ločevanja EPD-jev prve in druge generacije, saj slednje vpliva na obseg sistema ter rezultate LCA-izračunov.

Uporabo EPD-jev ter upoštevanje načel standarda SIST EN 15978 v svojih predpisih in metodologijah za računanje toplogrednih emisij stavb predvidevajo številne države EU (npr. Francija, Danska, Nemčija itd.) [One Click LCA, 2022]. To v okviru kazalnika 1.2 »Potencial za globalno segrevanje v življenjskem ciklu (GWP)« predvideva tudi vseevropski okvir za vrednotenje trajnosti stavb Level(s) [Dod, 2021], ki je prenesen tudi v predlog slovenskih kazalnikov trajnostne gradnje (kTG) [kTG, 2023]. Enak pristop predvideva tudi prenovljena direktiva EPBD pri dokazovanju skladnosti z zahtevami za brezemisijske

stavbe [EPBD, 2024]. Število EPD-jev za gradbene proizvode se neprestano povečuje. V času pisanja članka je bilo v bazi ECO Portal [ECO Portal, 2025] več kot 20000 EPD-jev, od katerih je bilo okvirno 16000 dokumentov druge generacije in okvirno 4000 dokumentov prve generacije EPD-jev.

2.3.2 Obseg sistema - kaj je vključeno v izračun ogljičnega odtisa in kaj izvezeto?

Pomemben element vsake LCA-analize je natančno definiranje, kaj vse je vključeno v izračune. Določanje obsega sistema je lahko pogojeno tudi s cilji izračunov (npr. primerjava glede na mejne vrednosti ogljičnega odtisa) [Božiček, 2023]. Metoda LCA-izračunov za namen smernic SSS je bila zasnovana za

večplasten namen. Prvič, morala je biti dovolj enostavna, da se lahko vključi že v idejni fazi projektov, za namen arhitekturnih natečajev. Drugič, rezultati so morali biti v obliki, ki omogoča učinkovito interpretacijo, ter imeti primerno informacijsko vrednost. In tretjič, poenostavitve in predpostavke so morale biti utemeljene in usklajene s trenutnim stanjem razvoja in razumevanjem področja.

Ključne metodološke predpostavke v smernicah so:

- Osredotočamo se izključno na fazo proizvodnje materialov ter rabo energije za obratovanje (glej poglavje 2.3.2.1).
- Ogljični odtis stavb prikazujemo z več kazalniki, tako da ločeno prikazujemo vsebnost biogenega ogljika v stavbi (glej poglavje 2.3.2.2).

MEJE SISTEMA (upoštevane faze življenjskega cikla po SIST EN 15978 [16])		• A1–A3 (faza proizvodnje) • B6 (raba energije za obratovanje) – referenčna računsko doba 50 let
OKOLJSKI INDIKATORJI		• GWP_{skupni} [kg CO₂ eq.] • GWP_{biogeni} [kg CO₂ eq.] • GWP_{fosilni} [kg CO₂ eq.]
FUNKCIONALNA ENOTA	Opis	• Večstanovanjska stavba znotraj gabarita zazidane površine ter objekti (površine) namenjene parkiranju osebnih avtomobilov. • Če je stavb več, je treba vsako stavbo obravnavati ločeno in tudi kot celoten projekt skupaj (npr. stanovanjska soseska).
	Vključeno	Nadzemni in podzemni del posameznega stanovanjskega objekta, vključno s/z: • temelji, • piloti, • tlemi na, pod ali nad terenom, • nosilno konstrukcijo (vertikalna in horizontalna, nadzemna in podzemna), • notranjimi nenosilnimi predelnimi stenami, • toplotno izolacijskimi materiali, • zvočno izolacijskimi materiali, • hidroizolacijskimi materiali, • estrihi in podložnim betonom, • konstrukcijskimi ploščami predelnih in zunanjih sten, • zasteklitvijo. Objekti in površine namenjene parkiranju osebnih avtomobilov: • garažna hiša, • zunanja asfaltirana parkirišča.
	Izključeno	• Jaški, • svetlobne kupole in cevasti svetlobniki, • sloji ozelenjene strehe (substrat, ločilni/drenažni/zaščitni sloj), • okenski okvirji, • vrata (zunanja in notranja), • nadstreški, • ograje, • inštalacije (elektro, strojne, vodovodne), • tehnični sistemi, • opleski • obrobe, • klančine ter ureditev zunanje okolice, • finalne talne obloge (tlak), razen v primeru uporabe betonskega finalnega tlaka, • stopnice in pripadajoči elementi (ograje, finalne obloge), • zaščitne in ločilne folije, • nasutja/tamponi (drobljenec, gramoz, pesek, prodec itd.).

Slika 3. Predviden obseg sistema za oceno ogljičnega odtisa večstanovanjskih stavb (vir: [Košir, 2024]).

- V analizo vključimo tiste dele stavbe oz. stavbnih elementov, ki bistveno prispevajo k okoljskemu vplivu, druge izločimo oz. zanemarimo (glej poglavje 2.3.2.3).

Cilj navedenih predpostavk je v največji meri zagotoviti reprezentativnost izračunanih rezultatov in hkrati v najmanjši meri obremenjevati projektante (oz. izvajalce LCA-izračunov), ki potencialno nimajo izkušenj z metodo LCA. Posledice opisanih predpostavk in zastavljenega obsega sistema so v smernicah utemeljene v ločenih podpoglavjih. Slika 3 prikazuje povzetek obsega sistema, predvidenega v smernicah SSS. V nadaljevanju sledi kratka argumentacija ključnih predpostavk v smernicah SSS.

2.3.2.1 Določitev meja sistema (upoštevanih modulov življenjskega cikla)

V analizah smo se omejili na utelešeni ogljični odtis faze proizvodnje (moduli A1, A2 in A3) ter operativni ogljični odtis zaradi rabe energije za obratovanje (modul B6). Omejevanje utelešenega ogljičnega odtisa na fazo proizvodnje omogoča vključevanje EPD-jev prve in druge generacije v LCA-izračune. Če bi želeli vključiti utelešeni odtis modulov v fazi B in C, bi to pomenilo, da v izračunih ne bi mogli upoštevati EPD-jev prve generacije, saj so pogosto vsebovali le podatke za fazo proizvodnje, kar je bil minimalne kriterij po takrat veljavnemu standardu EN 15804+A1. Ker želimo s pomočjo smernic spodbujati uporabo EPD-jev, hkrati pa za kontekst Slovenije primanjkuje LCA-podatkov za materiale, smo se odločili, da utelešeni okoljski odtis omejimo na fazo proizvodnje. Posledica te omejitve je manj celovita obravnava utelešenega okoljskega odtisa v stavbah v primerjavi s priporočili Level(s) sheme (glej poglavje 3). Poenostavitvi navkljub pa lahko omejevanje na module A1-A3 in B6 utemeljimo na osnovi rezultatov raziskav, ki fazo proizvodnje materialov in rabo energije za obratovanje prikazujejo kot dominantni fazi, ki prispevata glavnino okoljskega vpliva v življenjski dobi stavbe. Ta značilnost je bila prikazana pri študijah različnih stanovanjskih stavb, kjer lahko prispevek omenjenih faz ocenimo na 60–80 % vseživljenjskega okoljskega vpliva ([Blengini, 2010], [Islam, 2014], [Kovacic, 2018], [Monteiro, 2012], [Stephan, 2013], [Thormark, 2002]). Poleg tega je študija Röck et al. [Röck, 2020] slikovito prikazala, da odtis proizvodnje (A1-A3) novogradenj prispeva bistveni delež v časovnem okviru za učinkovito ukrepanje proti podnebnim spremembam, torej do leta 2050. Pri novih energijsko učinkovitih stavbah lahko pričakujemo, da bo do leta 2050 utelešeni ogljični odtis proizvodnje predstavljal glavnino vseživljenjskega ogljičnega odtisa. To postane še bolj izrazito, če se upošteva progresivno razogljčenje proizvodnje energije za delovanje stavb [Röck, 2020].

2.3.2.2 Okoljski indikatorji za prikazovanje ogljičnega odtisa stavb

Kot metrike za prikaz ogljičnega odtisa stavb so v smernicah SSS uporabljeni trije ločeni kazalniki:

- $GWP_{biogeni}$ [kg CO₂ eq.] –količina vezanega ogljikovega dioksida iz atmosfere v biomaso gradbenega proizvoda (npr. proizvodi na osnovi lesa, slame, konoplje itd.). Indikator se v smernicah izraža za fazo proizvodnje gradbenih proizvodov (A1-A3).

- $GWP_{fossilni}$ [kg CO₂ eq.] –potencial segrevanja ozračja zaradi toplogrednih emisij v ozračje. Indikator se v smernicah izraža za fazo proizvodnje (A1-A3) ter fazo obratovanja (B6).
- GWP_{skupni} [kg CO₂ eq.] –potencial segrevanja ozračja, pri čemer se biogeni ogljik upošteva po pristopu -1/+1. Indikator se v smernicah izraža za fazo proizvodnje (A1-A3) ter fazo obratovanja (B6).

Z uporabo treh kazalnikov GWP smo se približali konceptu prikazovanja ogljičnega odtisa v drugi generaciji EPD-jev, ki pa poleg omenjenih treh vključuje še četrti kazalnik, GWP_{luluc} . Ta prikazuje količino toplogrednih emisij, sproščenih v ozračje kot posledica rabe oz. spremembe rabe tal (kratica »luluc« iz izraza »land use and land use change«). Ker je za običajne gradbene proizvode prispevek GWP_{luluc} majhen (na osnovi pregleda LCA-podatkov običajnih gradbenih proizvodov lahko prispevek ocenimo na manj kot 1 %), smo ga v smernicah zanemarili. Tudi standard SIST EN 15804+A2 navaja, da lahko GWP_{luluc} zanemarimo, kadar prispevek k GWP_{skupni} ne presega deleža 5 % [SIST EN 15804, 2019]. Uporaba omenjenih kazalnikov omogoča uporabo EPD-jev prve in druge generacije. Je pa za EPD-je prve generacije pri biogenih materialih potreben dodaten izračun kazalnika $GWP_{biogeni}$. V smernicah smo podali navodila za izračun kazalnika $GWP_{biogeni}$ lesenih gradbenih proizvodov (izračun v skladu s standardom SIST EN 16449 [SIST EN 16440, 2014]). Biogeni materiali so materiali, ki vsebujejo biogeni ogljik, ki se z mehanizmom fotosinteze veže v trdne organske spojine (npr. proizvodi iz lesa, konoplje, slame itd.). S pomočjo deleža ogljika v biomaso lahko izračunamo količino odstranjenega atmosferskega ogljikovega dioksida (CO₂).

Kazalniki GWP so med sabo povezani, saj je GWP_{skupni} na nivoju proizvoda seštevek preostalih kazalnikov. V prilogi smernic SSS (priloga B, preglednica B1) so podani LCA-podatki za fazo proizvodnje (moduli A1-A3) pogosto uporabljenih skupin gradbenih proizvodov. Za vsak proizvod so podani deklarirana enota, ključne količinske lastnosti (toplotna prevodnost, gostota, površinska masa, debelina) ter ogljični odtis, izražen z vrednostmi GWP_{skupni} , $GWP_{biogeni}$ in $GWP_{fossilni}$. Indikatorji GWP iz preglednice B1 so med sabo povezani z enačbo 1.

$$GWP_{skupni} = GWP_{biogeni} + GWP_{fossilni}; GWP_{biogeni} \leq 0, GWP_{fossilni} > 0 \quad (1)$$

V fazi obratovanja smernice ne ločujejo med viri emisij (biogeni/fossilni). Posledično se za operativni ogljični odtis faze B6 rezultate prikazuje le s kazalnikom $GWP_{fossilni}$.

Uporaba ločenega prikaza prispevka biogenega ogljika oz. vezave atmosferskega CO₂ sledi priporočilom delovne skupine Aneksa 72 Mednarodne agencije za energijo (IEA), ki priporočajo, da se kazalnika $GWP_{biogeni}$ in $GWP_{fossilni}$ prikazujeta ločeno, kot alternativa, če LCA-študija ne vključuje tudi faze po izteku življenjske dobe (faza C na sliki 2) [Saade, 2023]. V LCA-izračunih za biogene materiale lahko biogeni ogljik upoštevamo na različne načine. V splošnem ločimo dva stacionarna pristopa (-1/+1 in 0/0) in dinamične pristope, ki sledijo naravnemu ciklu ogljičnih tokov [Hoxha, 2020]. Po pristopu upoštevavanja biogenega ogljika -1/+1 se vezani atmosferski CO₂ v biomaso vgrajenih proizvodov upošteva kot ponor za fazo A, medtem ko se za fazo C upošteva, da se vezani atmosferski CO₂ po koncu življenjske dobe sprosti v ozračje. Po pristopu 0/0 pa se skladiščenje atmosferskega CO₂ v biomaso ne upošteva v izračunih, torej se v sklopu faze A prikazuje le učinek sporočenih

toplogrednih emisij v ozračje. Trenutno ni dosežen konsenz, kateri način upoštevanja biogenega ogljika je najbolj ustrezen in primeren za LCA-analize stavb (oz. grajenega okolja). Lahko pa pristop upoštevanja biogenega ogljika pomembno vpliva na rezultate izračunov, če te prikazujemo z enim kazalnikom ([Hoxha, 2020], [Ouellet-Plamondon, 2023]). Posledično je smiselno, da se ogljični odtis prikazuje z ločenimi kazalniki, saj na ta način pridobimo pri transparentnosti in informativni vrednosti. Čeprav so rezultati nekoliko kompleksnejši, kot bi bili v primeru enega kazalnika, z ločenim prikazovanjem dobimo informacijo, koliko atmosferskega CO₂ je vezanega v stavbi in kolikšen je učinek toplogrednih plinov, sproščenih v ozračje.

2.3.2.3 Določitev funkcionalne enote in zahtevan nivo natančnosti

Smernice za nizkoozgljične stavbe SSS so osredotočene tudi na fazo IDZ, ko veliko podatkov še ni na voljo. Temu je prilagojen tudi zahtevani nivo natančnosti izračuna. Na sliki 3 je opisana funkcionalna enota, kjer so navedeni tudi elementi stavbe, ki jih je treba vključiti v izračun ocene ogljičnega odtisa predlagane projektne rešitve. V izračune smo vključili stavbne elemente, ki prispevajo bistveno h količinam (volumen in masa). Izločeni pa so elementi, za katere se predpostavi majhen vpliv in/ali za katere je v fazi IDZ o njih premalo informacij (npr. finalne obloge, tehnični stavbni sistemi). Izključeni so tudi elementi, za katere v bazah ni ustreznih podatkov (npr. okenski okvirji in vrata).

Pogosto se večstanovanjske stavbe slovenskih stanovanjskih skladov gradijo v okviru celotnih sosesk (slika 4a). Zaradi tega smo predvideli, da se v primeru soseske ločeno obravnava vsaka stavba (npr. ločeno stavba A in B na sliki 4) ter tudi soseska

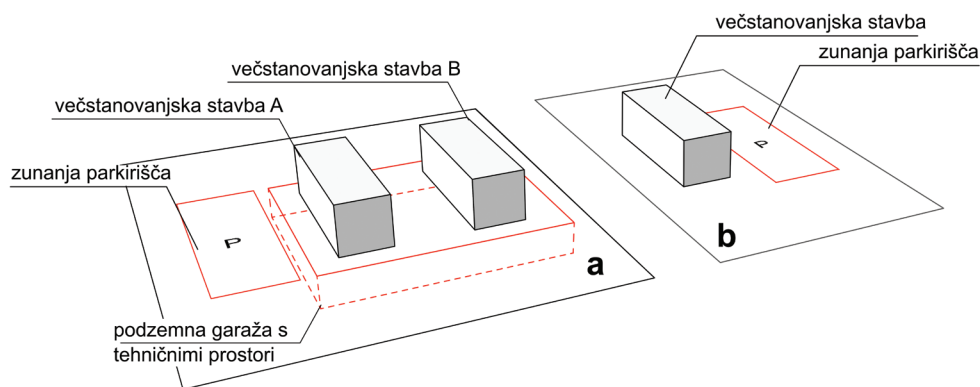
kot celota. Ker so pogost element večstanovanjskih stavb in sosesk tudi objekti in površine, namenjene parkiranju osebnih avtomobilov, kot so garažna hiša, podzemna garaža in zunanja asfaltirana parkirišča (slika 4), in ker ti lahko prispevajo pomemben delež k utelešenemu ogljičnemu odtisu, smo predvidevali, da se tudi tovrstni objekti vključijo v izračun ogljičnega odtisa.

2.4 Smernice SSS – del B

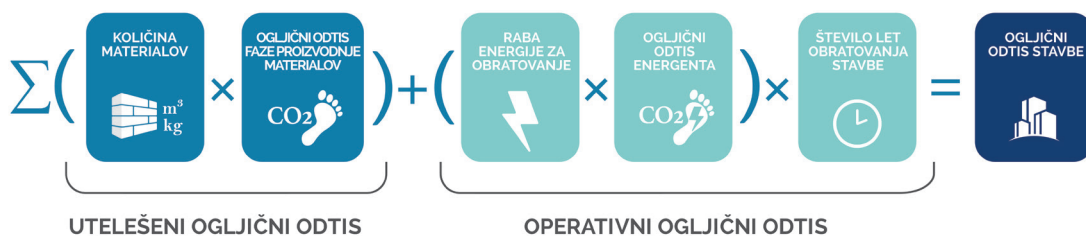
V delu B smernic SSS so predstavljeni metoda izračuna, dodatni podatki o virih LCA-podatkov ter način prikaza in interpretacije rezultatov. Osnovni koncept izračuna ogljičnega odtisa je predstavljen na sliki 5.

Za izračun utelešenega ogljičnega odtisa potrebujemo podatke o količinah in vrstah vgrajenih materialov (gradbenih proizvodov) ter pripadajoče LCA-podatke, ki opisujejo njihov ogljični odtis. Za izračun operativnega ogljičnega odtisa potrebujemo podatke o rabi energije za obratovanje stavbe in podatke o ogljičnem odtisu energentov. V skladu z definiranim obsegom sistema se operativni ogljični odtis računa z upoštevanjem 50-letne referenčne računske dobe (RRD). Za 50-letno obdobje RRD smo se odločili, ker to dobo predvideva tudi vseevropska shema za vrednotenje trajnosti stavb Level(s) in prenovljena direktiva EPBD.

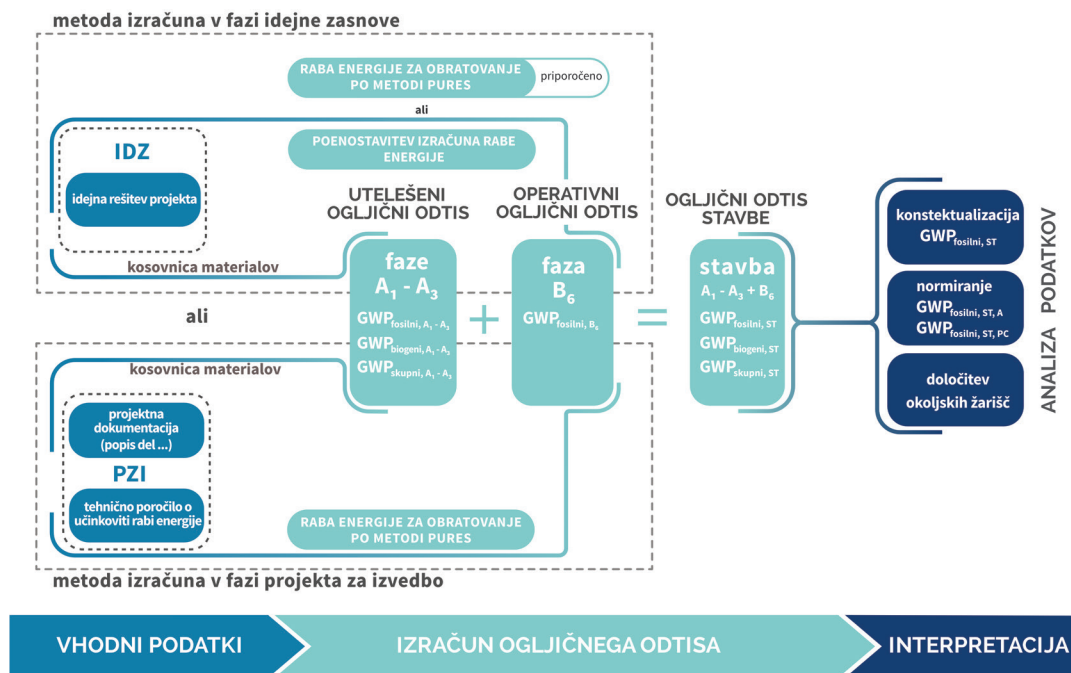
Metodološko se izračun v smernicah deli na dva dela. Prvi obravnava oceno ogljičnega odtisa za fazo načrtovanja IDZ projektov, medtem ko drugi predvideva uporabo smernic v fazi načrtovanja PZI. Okvir in razlike predvidene za posamezno fazo načrtovanja projektov so prikazani na procesnem diagramu na sliki 6.



Slika 4. Prikaz večstanovanjskih stavb s pripadajočimi parkirnimi prostori a) kot soseska s podzemno garažo in zunanjim parkiriščem ob stavbi in b) kot samostojna stavba z zunanjim parkiriščem ob stavbi.



Slika 5. Konceptualna zasnova izračuna ogljičnega odtisa stavb v skladu s smernicami SSS (vir: [Košir, 2024]).



Slika 6. Procesni diagram za določitev ogljičnega odtisa stavbe v fazi načrtovanja IDZ in PZI (vir: [Košir, 2024]). Pomen indeksov $_{ST, A}$ in $_{PC}$ je opredeljen pri opisu slike 8.

Za obe fazi načrtovanja stavb je predviden identičen obseg sistema, kot je določen na sliki 1. Na ta način sta omogočena primerjava rezultatov faze IDZ in PZI in ovrednotenje vpliva načrtovalskih odločitev na ogljični odtis. Za fazo IDZ je značilna precejšnja stopnja neznank glede lastnosti gradbenih proizvodov, ki bodo sestavljali stavbo, kar otežuje oceno ogljičnega odtisa predlagane načrtovalske rešitve. Ne glede na navedeno pa je v tej fazi razvoja projekta mogoče najbolj odločilno vplivati na kasnejšo učinkovitost stavbe s prilagoditvijo arhitekturno-gradbene zasnove in izbiri gradbenih proizvodov. Zato je zgodnja ocena ogljičnega odtisa, čeprav do določene mere nepopolna, zelo dobrodošla, saj omogoča identifikacijo okoljskih žarišč in projektante v nadaljnjih fazah razvoja projekta usmeri v iskanje smiselnih rešitev za zmanjšanje ogljičnega odtisa. Na drugi strani pa odločevalcem (investitorjem) ocena že na začetku projektiranja poda informacijo o okvirnih okoljskih vplivih stavbe, s čimer jim olajša izbiro najprimernejše idejne zasnove (npr. v postopkih natečajnih rešitev). Posledično bo v fazi načrtovanja IDZ ocena o količini in vrsti gradbenih materialov temeljila na zastavljeni geometrični zasnovi stavbe in inženirskih ocenah (npr. v smernicah podamo usmeritve za upoštevan delež armature AB-elementov in debelino toplotne izolacije). V fazi PZI pa lahko podatke o količini in vrsti gradbenih materialov črpamo iz projektne dokumentacije (npr. popisi del). Da bi olajšali izračune utelešenega ogljičnega odtisa je v prilogi B smernic SSS podana preglednica z LCA-podatki za pogoste skupine gradbenih proizvodov. Te podatke priporočamo za fazo IDZ, medtem ko v fazi PZI priporočamo uporabo EPD-jev (slika 5). Ker lahko manjkajo podatki za določene skupine gradbenih proizvodov, smo kot dopolnilni vir LCA-podatkov v smernicah predvideli nemško bazo Ökobaumat [ÖKOBAUDAT, 2023].

Raba energije za obratovanje (B₆) v skladu s standardom SIST EN 15978 zajema energijo tehničnih sistemov za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, razsvetljavo, kondicioniranje zraka in pripravo tople sanitarne vode. V izračunih rabe energije se upošteva kondicionirani del stanovanjske stavbe. Energija za obratovanje stavbe se določi glede na metodologijo izračuna po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) [PURES, 2022]. Ta pristop je smiseln za fazo načrtovanja PZI, medtem ko je ta pristop za fazo IDZ lahko neizvedljiv, saj je stopnja neznank o delovanju stavbe večja. Posledično smo za fazo načrtovanja IDZ za določitev rabe energije za obratovanje predvideli dva poenostavljena postopka. Prvi omeji izračun na energijo za ogrevanje in hlajenje, pri čemer se lahko uporabi poljubna metoda izračuna (npr. stacionarno modeliranje za energijsko manj zahtevne stavbe po PURES). Druga poenostavitev pa temelji le na oceni specifične potrebne toplote za ogrevanje glede na zgornje meje energijskega razreda, v katerega je uvrščen projekt po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, 2023]. Tehnični sistemi se po obeh postopkih upoštevajo poenostavljeno preko faktorjev učinkovitosti delovanja, ki so navedeni v smernicah SSS.

Poseben poudarek smo namenili interpretaciji rezultatov. Cilj je bilo predpisati interpretacijo rezultatov, ki bo ponudila zadovoljivo informacijsko vrednost ter omogočila identifikacijo okoljskih žarišč in primerjavo med različnih projekti. Izračunani rezultati analize ogljičnega odtisa stavbe ali soseske se prikažejo na obrazcu iz priloge A smernic SSS (slika 7).

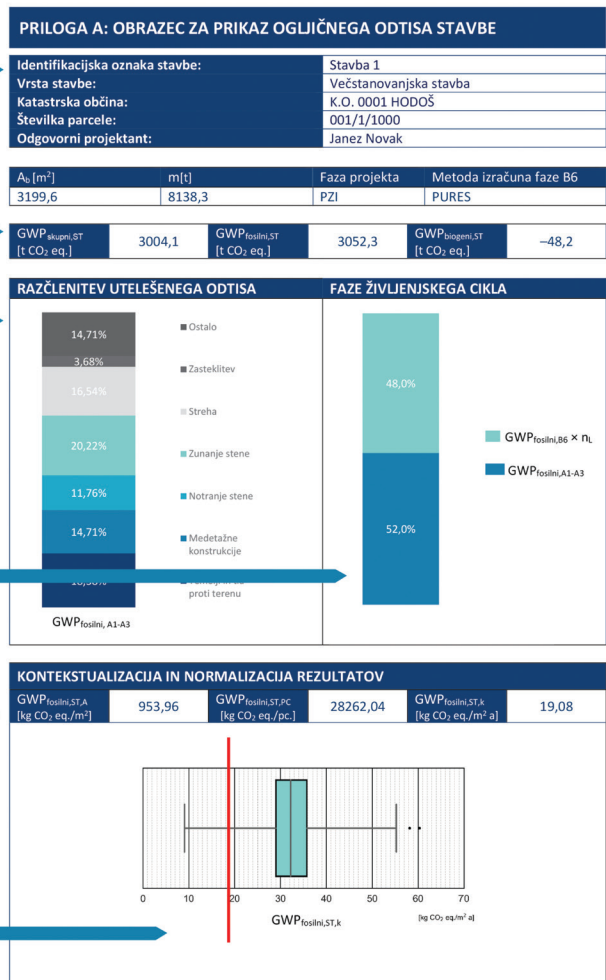
1 Izpolni se polja o osnovnih podatkih obravnavane stavbe/soseske in odgovornem projektantu.

2 Izpolnijo se informacije o bruto površini stavbe, masi stavbe, identificira se faza projekta (IDZ, PZI) ter se navede metoda izračuna faze B6. Podajo se vrednosti GWP v t CO₂ eq.

3 Z desnim klikom v območju grafikona se prikaže kontekstni meni, iz katerega izberete "uredi podatke v Excelu" (ang. "edit data in Excel"). S klikom se odpre Excel pogovorno okno, kjer izpolnite zahtevane podatke. Polja, ki jih je potrebno izpolniti, so označena rdeče. Polj označenih s sivo barvo se ne spreminja.

5 Izpolni se vrednosti za GWP_{fossilni,ST,A}, GWP_{fossilni,ST,PC} in GWP_{fossilni,ST,k}

6 S klikom na in premikom rdeče črte na primerno mesto v grafikonu označite vrednost GWP_{fossilni,ST,k}



Slika 7. Obrazec iz priloge A je namenjen prikazovanju rezultatov izračunov ogljičnega odtisa (vir: [Košir, 2024]).

Na obrazcu iz priloge A smernic SSS se prikažejo sledeči podatki:

- Podatke o stavbi ali soseski in projektantu (identifikacijska oznaka stavbe/soseske, vrsta stavbe, katastrska občina, številka parcele in odgovorni projektant).
- Informacije o bruto površini stavbe (A_b) in skupni masi stavbe (m).
- Informacije o obravnavani fazi projekta (IDZ ali PZI) ter o metodi izračuna za določitev GWP_{fossilni,B6} (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah – PURES, Poenostavitev 1 ali Poenostavitev 2).
- Rezultate ocene ogljičnega odtisa stavbe oz. soseske za faze življenjskega cikla A1-A3 in B6 za RRD 50 let. Rezultati se prikažejo na enoto t CO₂ eq. (ton CO₂ ekvivalenta).

Poleg navedenih rezultatov se ogljični odtis stavbe ali soseske dodatno interpretira skozi določitev sledečih parametrov:

- Določitev okoljskih žarišč glede na parameter GWP_{fossilni}:
 - prikaz razmerja med fazami življenjskega cikla A1-A3 in B6 za RRD 50 let,
 - razčlenitev utelešenega ogljičnega odtisa na posamezne skupine konstrukcijskih sklopov celotne stavbe ali soseske.

- Normirane vrednosti GWP_{fossilni} glede na bruto površino stavbe (A_b) ali soseske ter na projektirano število uporabnikov (p_{pc}).
- Kontekstualizacija rezultatov v okviru evropskih večstanovanjskih stavb (glej poglavje 2.5).
- Opombe, kjer se navedejo bistvene predpostavke, privzete pri izračunu ogljičnega odtisa stavb, ter viri LCA-informacij gradbenih proizvodov (priloga B ali EPD-ji). Pri uporabi EPD-jev je treba navesti, kateri so bili uporabljeni.

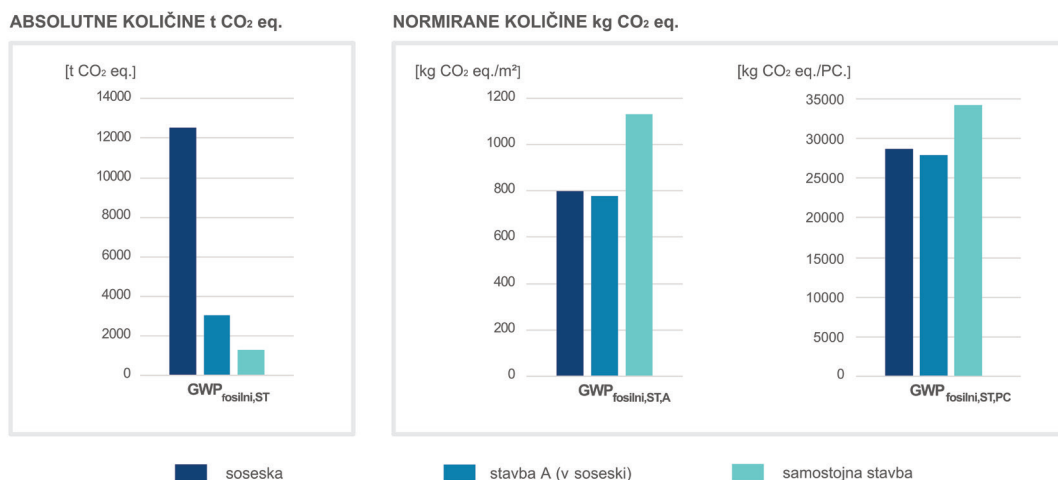
Kot posledica identifikacije okoljskih žarišč na nivoju utelešenega okoljskega odtisa (točka 3 na sliki 7) se ogljični odtis računa za celotno stavbo ter za posamezne konstrukcijske sklope. V kontekstu smernic SSS so konstrukcijski skopi definirani kot: (i) temelji in tla proti terenu, (ii) medetažne konstrukcije, (iii) notranje stene, (iv) zunanje stene (v), streha, (vi) zasteklitev in (vii) ostalo. Pod kategorijo ostalo spadajo garažne hiše in zunanja parkirišča. Za vsako od naštetih kategorij konstrukcijskih sklopov so v smernicah podani podrobnejši opisi (preglednica 3 v smernicah SSS).

Izračunane vrednosti na nivoju stavb ali soseske sporočajo skupen ogljični odtis projekta, ne podajo pa informacij o okoljskih žariščih in ne omogočajo primerjave med različnimi projekti.

Zaradi tega se v obrazcu prikazujejo tudi okoljska žarišča (točki 3 in 4 na sliki 7) in normirani rezultati (točka 5 na sliki 7). Normirane količine lahko služijo za primerjavo med različnimi projekti večstanovanjskih stavb, ki se med sabo razlikujejo (slika 8). Tako je omogočena primerjava med različnimi projektnimi rešitvami znotraj istega projekta kot tudi primerjava med različnimi projekti, ki predstavljajo stanovanjske soseske ali posamezne večstanovanjske stavbe. Na primeru ogljičnega odtisa soseske, stavbe v soseski in samostojne stavbe je potreba po normalizaciji rezultatov v fazi interpretacije prikazana na sliki 8. Za potrebe smernic smo za normalizacijsko osnovo izbrali bruto tlorisno površino Ab ($GWP_{fossilni,ST,A}$) in predvideno število stanovančev v večstanovanjski stavbi ($GWP_{fossilni,ST,PC}$). Bruto tlorisna površina Ab predstavlja površino, kot je določena po projektu, in ne vključuje površin, namenjenih parkiranju avtomobilov. S prikazovanjem normaliziranih rezultatov izboljšamo informativno vrednost rezultatov in omogočamo primerjavo med projekti.

lotno sosesko) prikažejo glede na vrednosti grafikona kvartilov, ki prikazuje razpon vrednosti večstanovanjskih stavb iz repozitorija EU ECB-DB. Podatki se primerjajo glede na vrednosti $GWP_{fossilni,ST,K}$, ki predstavljajo rezultate $GWP_{fossilni}$, normirane na bruto površino in referenčno računsko dobo [$kg\ CO_2\ eq/(m^2a)$].

Na koncu smernic so v delu C dodana priporočila za zmanjševanje utelešenega ogljičnega odtisa stavb. Splošna priporočila so podana z zavedanjem, da je zmanjševanje ogljičnega odtisa stavb, predvsem utelešenega ogljičnega odtisa, kompleksna naloga, ki zahteva temeljit premislek o lokaciji gradnje kot tudi o načrtovalskih rešitvah in izbranih gradbenih proizvodih. Študije dokazujejo, da ni enotnega pristopa za zmanjševanje ogljičnega odtisa stavb, ampak je potreben skupek strategij, ki vključujejo tako odločevalce (investitorje) kot projektante [Le Den, 2022]. V grobem lahko strategije za zmanjševanje utelešenega ogljičnega odtisa delimo v tri skupine, in sicer na izogibanje, izboljšavo (optimizacija) in zamenjavo [Röck, 2023] (slika 9).



Slika 8. Prikaz $GWP_{fossilni}$ za sosesko, stavbo A kot del soseske (glej sliko 4) in samostojne stavbe. $GWP_{fossilni,ST}$ (fosilni del utelešenega in operativnega GWP na nivoju stavbe oz. soseske) se v obrazcu iz priloge A smernic SSS (glej sliko 7) navaja pod točko 2, $GWP_{fossilni,ST,A}$ (normiranje na bruto površino stavbe ali soseske) in $GWP_{fossilni,ST,PC}$ (normiranje na projektirano število uporabnikov – per capita) pa se v obrazcu navaja pod točko 5.

2.5 Smernice SSS – del C

Zadnji del smernic je namenjen kontekstualizaciji rezultatov in podajanju splošnih priporočil za nižanje ogljičnega odtisa.

Brez kontekstualizacije rezultatov in primerjave z referenčnimi vrednostmi izračunan ogljični odtis ne omogoča ocene uspešnosti zasnove zunaj računskega okvira stavbe. Zaradi tega je primerjava z mejnimi vrednostmi ali referenčnimi vrednostmi podobnih tipov stavb zelo priročen pripomoček, ki doda informacijsko vrednost k izračunu ogljičnega odtisa.

Trenutno ne obstajajo dorečene mejne vrednosti za ogljični odtis stavb, ki bi jih lahko nekritično uporabili za večstanovanjske stavbe v Sloveniji. Posledično kontekstualizacija v smernicah temelji na primerjavi z ogljičnim odtisom večstanovanjskih stavb, zgrajenih v Evropi. Uporabljeni so podatki iz javno dostopnega repozitorija EU-ECB-DB (Röck, 2023). Kontekstualizacija se prikaže na obrazcu priloge A v točki 6 smernic SSS (slika 7), pri čemer se rezultati za obravnavano stavbo (ali ce-

Skupaj je podanih osem priporočil za nižanje utelešenega okoljskega dotisa večstanovanjskih stavb, ki temeljijo na različnih strategijah zmanjševanja utelešenega ogljičnega odtisa. Priporočila so:

1. Načrtovanje za dolge življenjske dobe.
2. Izogibanje gradnji na lokacijah, ki potrebujejo globoko temeljenje.
3. Izogibanje gradnje podzemnih delov stavbe.
4. Optimizacija zasnove nosilne konstrukcije z gledišča nosilnega sistema in materiala.
5. Optimizacija horizontalnih nosilnih sistemov.
6. Optimizacija oblike stavbe.
7. Izbor gradbenih proizvodov z nižjim ogljičnim odtisom in ekvivalentnimi učinkovitostnimi lastnostmi.
8. Optimizacija števila parkirišč v garažnih hišah.

Za vsako od priporočil je v smernicah SSS podan podrobnejši opis (preglednica 6 v smernicah SSS).

STRATEGIJA	ZNAČILNOSTI	DELEŽNIKI	SYMBOL
Izogibanje	Strategija temelji na pristopu zmanjševanja potreb po proizvodnji in rabi gradbenih proizvodov in stavb. Pri uporabi te strategije za zmanjševanje ogljičnega odtisa so ključni odločevalci, saj z definicijo zahtev in izhodišč vplivajo na to kaj, koliko in kje se bo gradilo.	odločevalci	
Izboljšava	Strategija se nanaša na konceptualne in strateške načrtovalske odločitve, s katerimi se zadosti s strani odločevalcev definiranim projektnim zahtevam ter sočasno zmanjša ogljični odtis stavbe. Predvideni so ukrepi na nivoju arhitekturne in gradbene zasnove stavbe, tehnologije gradnje, oblike stavbe itd., zato so za izvedbo strategije izboljšave ključni načrtovalci.	načrtovalci (odločevalci)	
Zamenjava	Strategija predvideva zamenjavo gradbenih proizvodov s takšnimi z nižjim ogljičnim odtisom, a primerljivim delovanjem. Z zamenjavo se doseže zniževanje ogljičnega odtisa stavbe, pri tem pa se ne posega v njeno zasnovo.	načrtovalci	

Slika 9. Strategije za zmanjševanje utelešenega ogljičnega odtisa stavb (vir: [Košir, 2024]).

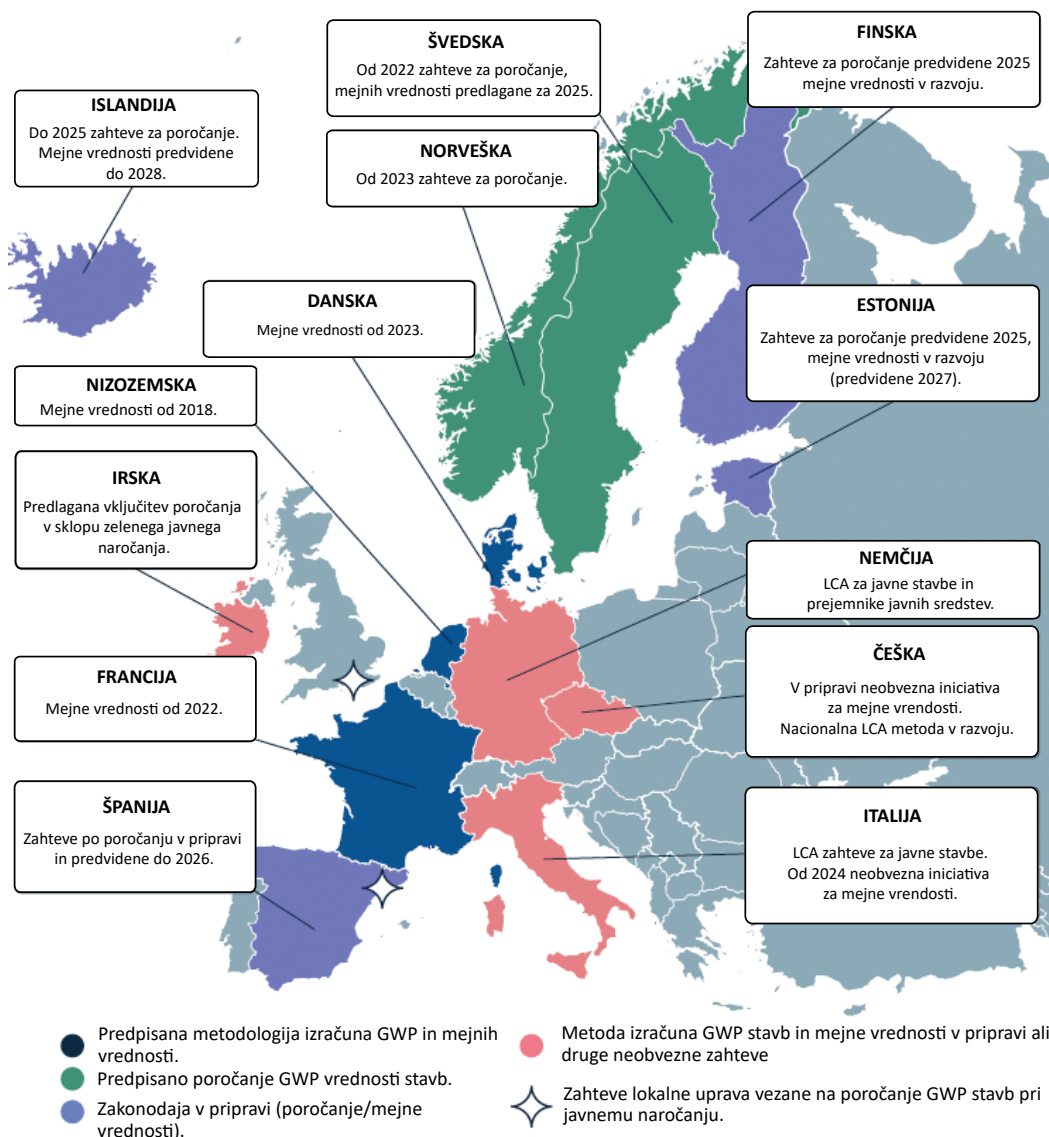
3 PRIMERJAVA METODOLOGIJE SMERNIC SSS Z DOLOČILI V DRUGIH DRŽAVAH

Nekatere države v Evropi imajo že zakonsko osnovo za poročanje vseživljenjskega ogljičnega odtisa stavb, medtem ko je v številnih drugih ta v pripravi (slika 10). Vodilne so Nizozemska, Francija in Danska, ki imajo predpisano metodologijo kot tudi določene mejne vrednosti. Proaktivne so tudi druge nordijske države (Švedska, Norveška), Estonija in Španija, ki imajo že sprejete zahteve za poročanje oz. načrtujejo njihovo implementacijo še pred roki, ki jih zahteva nova direktiva EPBD [EPBD, 2024]. Poleg poudarka na energijski učinkovitosti stavb nova direktiva EPBD zahteva tudi poročanje o vseživljenjskem ogljičnem odtisu. V členu 7.2 navaja, da bodo od 1. 1. 2028 izračuni GWP prikazani v energetski izkaznici novih stavb z uporabno tlorisno površino, večjo od 1000 m², in od 1. 1. 2030 pri vseh novih stavbah. Dodatno od držav članic zahteva uvedbo mejnih vrednosti ogljičnega odtisa, za katerega morajo do 1. 1. 2027 priglasiti časovni načrt (člen 7.5). Pri metodologiji za izračun GWP se EPBD sklicuje na standard SIST EN 15978 in indikator 1.2 okvira Level(s). V skladu z določili priloge III je po EPBD omogočena tudi uporaba nacionalnih metod ali drugih orodij, ki izpolnjujejo minimalna merila, določena v okviru Level(s). Do 31. 12. 2025 bo sprejet tudi delegirani akt, ki bo podal minimalen okvir Unije za nacionalni izračun GWP. Iz tega vidika je smiselno primerjati metodološka izhodišča smernice SSS z nacionalnimi metodami drugih držav ter tudi z okvirom sheme Level(s).

Preglednica 1 prikazuje metodološka izhodišča za določanje vseživljenjskega ogljičnega odtisa, ki ga pri izračunih GWP zahtevajo različne nacionalne metode (Francija, Nizozemska, Danska, Finska, Islandija, Norveška, Švedska), okvir Level(s) in predhodno opisana smernica SSS. Informacije o nacionalnih metodah temeljijo na podatkih treh poročil [One Click LCA, 2022], [Nordic Innovation, 2024], [Toth, 2024], medtem ko podatki za metodo Level(s) temeljijo na priročniku indikatorja 1.2 [Dodd, 2021].

V primerjavi z nacionalnimi metodami in priporočili Level(s) obravnava metoda smernic SSS utelešeni ogljični odtis najmanj obsežno, saj se osredotoča le na fazo proizvodnje (A1–A3). Kot je bilo omenjeno v poglavju 2.3.2.1, je to posledica vključitve EPD-jev prve generacije, pri katerih omenjeni moduli predstavljajo minimalne zahteve po prvi verziji standarda SIST EN 15804 [SIST EN 15804, 2013]. Poleg tega za Slovenijo ne obstaja nacionalna baza LCA-podatkov kot pri večini drugih držav, ki bi bila zasnovana na način, da se za dovolj velik spekter skupin gradbenih proizvodov zagotovijo celoviti LCA-podatke, ki vključujejo tudi podatke za manjkajoče module (nekateri nacionalne metode predpisujejo scenarije in LCA-podatke za določene module, npr. transportne razdalje in modula C3 in C4). Izmed obravnavanih nacionalnih metod je glede meja sistema za utelešeni del ogljičnega odtisa metodi smernic SSS še najbolj podobna metoda Švedske, ki poleg faze proizvodnje vključuje še modula A4 in A5 (transport od gradbišča in vgradnja), pri čemer pa ne upošteva operativnega ogljičnega odtisa zaradi rabe energije med obratovanjem (modul B6). Tudi Nizozemska in Norveška ne predvidevata vključitve modula B6 v svojih metodologijah, medtem ko se v preostalih državah zelo približajo polnemu obsegu življenjskega cikla, kot to priporoča okvir Level(s). Vse module po SIST EN 15978 obravnava francoska metoda, ki je posebna tudi v tem, da edina biogeni ogljik v izračunih upošteva na dinamičen pristop -1/+1, ki emisije biogenega ogljika v fazi C upošteva s časovno integriranimi redukcijskimi faktorji (npr. faktor 1 v prvemu letu in faktor 0,6 po 50 letih obratovanja). Ločeno prikazovanje biogenega ogljika poleg metode v smernicah SSS predvidevata še metodi Finske in Islandije, medtem ko okvir Level(s) predvideva še dodatno poročanje GWP_{total}. Ker je poleg indikatorja GWP_{total} ogljični odtis prikazan tudi z indikatorjem GWPf, metoda po Level(s) in smernicah SSS biogeni ogljik v izračunih upošteva po pristopu 0/0 in pristopu -1/+1 (za opis pristopov glej poglavje 2.3.2.2).

Večina metod ogljični odtis računa za dobo 50 let, z izjemo Norveške in Islandije, ki predvidevata dobo RRD 60 let, ter Nizozemske, ki dobo 50 let predvideva za stanovanjske stavbe in 75 let za nestanovanjske stavbe. Z izjemo islandske preostale nacionalne metode ter okvir Level(s) predvidevajo scenarij



Slika 10. Pregled stanja predpisov za poročanje o ogljičnem odtisu stavb v Evropi (prilagojeno po [Toth, 2024]).

razogljičenja energije pri računanju operativnega ogljičnega odtisa modula B6. Smernice SSS so osredotočene izključno na večstanovanjske stavbe, medtem ko nacionalne metode pokrivajo širši spekter stavb, pri čemer pa se lahko zahteve med državami pomembno razlikujejo. Tako na primer norveška in finska metoda izključujeta enostanovanjske stavbe, medtem ko se metode Danske, Finske in Nizozemske osredotočajo na novogradnje. Podobno kot smernice SSS večina nacionalnih metod predpisuje obrazec za poročanje rezultatov, pri čemer je ta obvezen pri metodah Francije, Nizozemske, Islandije in Švedske.

Preglednica 1 grobo opiše zahteve glede vključenosti stavbnih elementov, saj v metodah obstajajo določene specifike (npr. norveška metoda izključuje balkone, finska metoda pa določa izjeme pri vključevanju temeljev in okolice). Praviloma vse metode v izračune vključujejo temelje in elemente netransparentnega stavbnega ovoja (konstrukcijski sklopi zunanjih in notranjih sten, tal, strehe in medetažnih delitev). Smernice SSS ne vključujejo tehničnih stavbnih sistemov (TSS), ki so vključeni pri

vseh nacionalnih metodah z izjemo norveške metode. Smernice SSS v funkcionalno enoto vključujejo infrastrukturo za parkiranje, tudi kadar ta ni integrirana s stavbo, medtem ko je večina preostalih nacionalnih metod ne. Metoda Level(s) predvideva upoštevanje okolice stavb (tudi parkirno infrastrukturo), medtem ko francoska in danska metoda okolico upoštevat z določenimi omejitvami (obravnavanje parkirne infrastrukture ni povsem jasno opredeljeno). Nekatere metode vključujejo tudi fiksno montirano pohištvo (Level(s), Finska in Švedska).

Medtem ko smernice SSS ne podajajo zahtev glede mejnih vrednosti ogljičnega odtisa, ampak v okviru obrazca priloge A predvidevajo primerjavo za namen izboljšanja informacijske vrednosti rezultatov, pa te podajajo francoska, nizozemska in danska metoda. Zahteve glede mejnih vrednosti ogljičnega odtisa so v razvoju in predvidene za vključitev tudi pri drugih nacionalnih metodah. Okvir Level(s) pa omenjenih zahtev pri poročanju rezultatov vseživljenjskega ogljičnega odtisa ne podaja.

	FRANCIJA (2022)	NIZOZEMSKA (2018) ¹⁾	DANSKA (2025) ²⁾	FINSKA (2023)	ISLANDIJA (2025)	NORVEŠKA (2022)	ŠVEDSKA (2025) ²⁾	EU - Level(s) (2024)	smernice SSS (2024)
GWP indikator ³⁾	GWP _s	GWP _s	GWP _s	GWP _s , GWP _b	GWP _s , GWP _b	GWP _s	GWP _s	GWP _s , GWP _f , GWP _b , GWP _{fu}	GWP _s , GWP _b , GWP _f
Upoštevanje biogenega ogljika	-1/+1 (dinamično)	-1/+1	-1/+1	-1/+1	-1/+1	O/O	O/O	O/O in -1/+1	O/O in -1/+1
Moduli po SIST EN 15978	A1-A3, A4-A5 B1-B5, B6-B7, C1-C4, D	A1-A3, A4-A5, B1-B5, C1-C4, D	A1-A3, (A4-A5), B4, B6, C3-C4, D	A1-A3, A4-A5, B4, B6, C3-C4, D	A1-A3, A4-A5, B4, B6, C3-C4, D	A1-A3, A4-A5, B2, B4	A1-A3, A4-A5 (od 2027 tudi B2, B4, C1- C4)	A1-A3, A4-A5, B1-B5, B6-B7, C1-C4, D	A1-A3, B6
Doba RRD [let]	50	50/75	50	50	60	60	/	50	50
Upoštevanje stavbni elementi ⁵⁾	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO, okolica (omejeno), stopnice, TSS	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO, stopnice, TSS	temelji (piloti lahko izključeni), stavbni ovoj, vrata, okna, FO, okolica (omejeno), stopnice, TSS	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO, stopnice, TSS, pohištvo (fiksno)	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO, TSS	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO	temelji, stavbni ovoj, vrata, okna, FO, okolica, pohištvo (fiksno)	temelji, stavbni ovoj, okna (samo zasteklitve), okolica (izključno infrastrukturna za parkiranje)	temelji, stavbni ovoj, okna (samo zasteklitve), okolica (izključno infrastrukturna za parkiranje)
Obrazec za poročanje rezultatov	Da (obvezen)	Da (obvezen)	Da (neobvezen)	Ni določen	Da (spletni obrazec)	Ni določen	Da (obvezen)	Delno (priporočila za poročanje)	Da (priloga k smernicam)
Scenarij razogljičenja energije za modul B6	Da	Ni relevantno (brez modula B6)	Da	Da	Ne	Ni relevantno (brez modula B6)	Ni relevantno (brez modula B6)	Da	Ne
Nacionalna baza LCA podatkov	Da (INIES)	Da (NMD)	Da (tabela 7, priloga 2 v BR18)	Da (CO2 data.fi)	Ne (EPD-ji ali druge generične baze)	Ne (uporaba EPD-jev)	Da (Boverkets database)	Ne	Ne
Tipi stavb	Poslovne, stanovanjske in izobraževalne novogradnje	Poslovne in stanovanjske novogradnje	Vse novogradnje	Novogradnje z izjemo enostanovanjskih, sakralnih in industrijskih	Vse razen počitniških	Vse razen enostanovanjskih	Večje od 100 m ² (določene izjeme)	Vse novogradnje z izjemo sakralnih	Večstanovanjske
Mejna vrednost	Da	Da	Da	Ne (v razvoju)	Ne (predvidene 2028)	Ne	Ne (predvidene 2025)	Ne	NE (primerjava na obzoru priloge A))

¹⁾ Metoda nastala 2013 in večkrat posodobljena. Metoda v primerjavi z drugimi posebnimi indikatorji GWP vključuje tudi druge okoljske indikatorje, ki jih s procesom uteževanja pretvori v stroškovni indikator (strošek škode okolju) (MPC). ²⁾ Za Dansko in Švedsko podana izhodišča za posodobljene metode; ³⁾ V poglavju 2 GWP_s, GWP_b in GWP_f označeni kot GWP_{kg,upni}, GWP_{kg,upni} in GWP_{kg,upni}. ⁴⁾ Stavbni ovoj pomeni konstrukcijske sklope tal, zunanjih in notranjih sten, medetažne delitve in strehe (netransparentni elementi). FO je kratica za finalne obdelave ter TSS za tehnične stavbne sisteme.

Preglednica 1. Pregled metodoloških izhodišč različnih nacionalnih metod za računanje ogljičnega odtisa stavb, koncepta Level(s) in smernic SSS.

4 DISKUSIJA – UVAJANJE LCA V NAČRTOVALSKO PRAKSO

Predstavitev smernic SSS (poglavje 2) in primerjava z izbranimi nacionalnimi metodami (poglavje 3) sta služili orisu kompleksnosti uvajanja LCA v načrtovalsko prakso. Kot je prikazano v preglednici 1 se metodološke značilnosti med različnimi metodami lahko pomembno razlikujejo. Metodologija v smernicah SSS je pri večini značilnosti nekoliko bolj ozko usmerjena kot najbolj široko zastavljene metodologije. Tako se osredotoča na večstanovanjske stavbe, ne vključuje mejnih vrednosti, utelešeni odtis računa le za fazo proizvodnje in ne upošteva elementov, kot so stopnice, ter tehničnih stavbnih sistemov. Vključuje pa modul B6 in obrazec za poročanje, česar nekatere nacionalne metode ne (npr. Norveška). Poleg tega ogljični odtis prikazuje s tremi kazalniki, pri čemer vključuje pristopa upoštevanja biogenega ogljika -1/+1 in O/O. Za okvir Level(s) preglednica 1 prikazuje metodološke značilnosti, kot so priporočene za polni obseg metode, pri čemer je pomembno poudariti, da okvir Level(s) dopušča tudi poenostavitve (npr. osredotočanje na reducirani obseg življenjskega cikla). V sklopu direktive EPBD bo do 31. 12. 2025 sprejet tudi delegirani akt, ki bo podal minimalen okvir Unije za nacionalni izračun GWP. Ta bo harmoniziral pravila za računanje in poročanje vseživljenjskega ogljičnega odtisa stavb. Končna vsebina delegiranega akta v tem trenutku še ni znana, se pa kaže obris metodoloških zahtev za računanje vseživljenjskega ogljičnega odtisa stavb. Na spletni strani WLC EPBD lahko zainteresirana javnost spremlja napredek pri nastajanju delegiranega akta [WLC-EPBD, 2024].

Za majhno državo, kot je Slovenija, ni smiselno snovati unikativne metode, ampak se je bolj smiselno opirati na izkušnje drugih držav ter določila prihajajočega delegiranega akta k direktivi EPBD. Hkrati pa lahko pasivnost pomeni tveganje, saj Slovenija spada v skupino držav, kjer še niso bili storjeni prvi koraki na področju uvajanja ocene vseživljenjskega ogljičnega odtisa stavb v načrtovalsko prakso (slika 10). V skladu s PURES je predvideno podajanje informacij o letnih izpustih CO₂ zaradi rabe energije med obratovanjem, medtem ko vrednotenje utelešenega ogljičnega odtisa ni zahtevano.

Po trenutno dostopnih javnih informacijah [WLC-EPBD Stakeholder meeting, 2025] lahko ocenimo, da metodologija smernic SSS ne bi dosegala minimalnega obsega, ki ga bo določal delegirani akt glede vključenih faz življenjskega cikla in nivoja natančnosti. Po drugi strani pa smernice SSS v račune zajemajo infrastrukturo za parkiranje (tudi tisti del, ki ni integriran s stavbo), s čimer se nekoliko bolj približajo tej zahtevi delegiranega akta kot obstoječe nacionalne metode iz poglavja 3. Pri snovanju smernic SSS nismo sledili zahtevam in ciljem direktive EPBD, saj ta v času pisanja še ni bila sprejeta, ampak smo sledili cilju naročnika, pri čemer smo izhajali iz stanja obravnavanega področja v Sloveniji. Posledično neposredna preslikava metodologije v smernicah SSS za uporabo v nacionalni metodi ne bi bila primerna. Lahko pa izkušnje pri snovanju (in uporabi) smernic SSS izkoristimo pri načrtovanju in implementaciji nacionalne metode. V sklopu projekta INDICATE LIFE [INDICATE, 2024] avtorji poudarjajo, da je pomembno, da države začnejo z uvajanjem čim prej in s tem ne tvegajo, da bodo prisiljene v sprejemanje ukrepov pod časovnim pritiskom [Toth, 2024].

Pri implementiranju pravil za ocenjevanje ogljičnega odtisa stavb na državnem nivoju so pomembna štiri področja, ki so med sabo prepletena: (i) metodološke značilnosti (podatki in orodja), (ii) regulatorni okvir in zagotavljanje skladnosti, (iii) vključevanje deležnikov in (iv) podporni ukrepi političnih odločevalcev [Toth, 2024]. Prvi dve področji določata obseg sistema in pravila za računanje ogljičnega odtisa. Kot je razvidno iz predstavitve smernic SSS in primerjave z drugimi metodami, so tukaj potrebne odločitve glede indikatorjev ogljičnega odtisa, baz podatkov, računskega obdobja, nivoja natančnosti, meja sistema in ne nazadnje poročanja ter interpretacije rezultatov. Obstoječi standardi in okviri ter prihajajoči delegirani akt predstavljajo določena vodila, vendar kot je razvidno iz primerov drugih držav, obstajajo različne možnosti, kako implementirati LCA-pravila ([One Click LCA, 2022], [Nordic Innovation, 2024], [Toth, 2024]). Čeprav bo delegirani akt podal kriterije za harmonizacijo izračunov ogljičnega odtisa v državah članicah, pa lahko pričakujemo določeno fleksibilnost. Poleg tega bo namen delegiranega akta podati metodološki okvir za izračun ogljičnega odtisa stavb in ne natančnih navodil [WLC-EPBD Stakeholder meeting, 2024]. Posledično obstaja precejšnja verjetnost, da bodo države članice primorane sprejemati določene metodološke odločitve, za katere pa sta pomembni tudi drugi dve področji (vključevanje deležnikov in podporni ukrepi političnih odločevalcev). Različni deležniki v grajenem okolju lahko imajo različne poglede glede najprimernejšega uvajanja določil vrednotenja vseživljenjskega ogljičnega odtisa, zaradi česar je pomembno, da se vključujejo tako LCA-strokovnjaki iz akademskega okolja kot industrijski deležniki (arhitekti, inženirji, proizvajalci materialov, ministrstva, stanovanjski skladi itd.). Pri tem bosta kot podporni ukrep pomembni tudi izobraževanje in informiranje, saj metoda LCA do sedaj ni bila zahtevan element projektiranja stavb.

Smernice SSS služijo kot primer, ki pokaže kompleksnost področja. Primerjava z drugimi metodami pa nam nakaže na smeri za izboljšave in nadgradnjo, ko bodo podobne usmeritve zaradi zahtev direktive EPBD potrebne za vse stavbe v Sloveniji. Poleg tega bodo države članice morale vpeljati mejne vrednosti ogljičnega odtisa, ki bodo omogočale ocenjevanje uspešnosti zasnov stavb. Predpogoj za mejne vrednosti pa je jasno definirana metodologija in robni pogoji ter scenariji za izračune, saj mora biti opredeljen obseg sistema [Božiček, 2023]. Izhodišča le-tega so upoštewane faze in moduli življenjskega cikla stavb, okoljski indikatorji, s katerimi prikazujemo ogljični odtis, in opisana funkcionalna enota za izračune. Poleg obsega sistema je pomembna tudi dostopna in ustrezna podatkovna baza LCA-podatkov gradbenih proizvodov kot tudi LCA-podatki, vezani na ogljični odtis rabe energije. Pričakujemo lahko, da se bo kot posledica sprejetja nove uredbe o gradbenih proizvodih izboljšala dostopnost LCA-podatkov, saj bodo ti postali del izjave o lastnostih [CPR, 2024]. Pomemben segment usmeritev za izračun ogljičnega odtisa je tudi zahtevana granulacija podatkov ter prikaz rezultatov izračunov. Našteti elementi so za primer smernic SSS obravnavani in prikazani v pričujočem članku. Kot razširjeni element sheme vrednotenja ogljičnega odtisa stavb je lahko predvideno tudi spremljanje podatkov izračunanih ogljičnih odtisov stavb, saj to omogoča evidentiranje stanja, analiziranje napredka in ovrednotenje doseganja zastavljenih ciljev. Posledično lahko spremljanje ogljičnega odtisa stavb služi kot osnova za peri-

odično posodabljanje metodologije in progresivno zaostrovanje mejnih vrednosti ogljičnega odtisa. Ključni izziv pri uvajanju LCA v prakso pa je doseči ravnovesje med robustnostjo in celovitostjo LCA metodologije ter obremenitvami za izvajalce analiz. Če to ravnovesje ni doseženo, obstaja tveganje za neskladje med obremenitvami izvajalcev in verodostojnostjo izračunanih rezultatov.

5 SKLEP

V prihodnjih letih bo vrednotenje ogljičnega odtisa stavb postalo del načrtovalske prakse. To nalaga direktiva EPBD, ki predvideva postopno uvajanje analiz vseživljenjskega ogljičnega odtisa v načrtovalsko prakso. Kot prikazujejo izkušnje iz držav, ki so v različnih oblikah že uvedle vrednotenje ogljičnega odtisa stavb v načrtovalski postopek, pa se metodologije in pravila izračunov lahko razlikujejo. Nova direktiva EPBD bo podala minimalne kriterije za harmonizacijo metodološkega okvira izračunov ogljičnega odtisa stavb v EU. Ne glede na to pa lahko pričakujemo, da bodo države članice primorane sprejeti določene odločitve glede najprimernejšega načina zasnove metodološkega okvira izračunov. Slovenija spada v skupino držav, ki do tega trenutka še niso implementirale LCA-pravil za računanje ogljičnega odtisa stavb. V tem kontekstu smo v članku predstavili naše izkušnje pri izdelavi Smernic za nizkoogljične stavbe slovenskih stanovanjskih skladov, ki smo jih izdelali po naročilu Zbornice za poslovanje z nepremičninami iz Gospodarske zbornice Slovenije.

V članku je predstavljena vsebina Smernic za nizkoogljične stavbe slovenskih stanovanjskih skladov. Smernice smo izdelali v specifičnem kontekstu, saj se osredotočajo na večstanovanjske stavbe. Metodologijo v Smernicah za nizkoogljične stavbe slovenskih stanovanjskih skladov smo primerjali z izbranimi nacionalnimi metodami preostalih evropskih držav ter okvirom Level(s) in izpostavili ključne razlike. Čeprav bo prihajajoči delegirani akt v sklopu direktive EPBD podal minimalna metodološka izhodišča za izračun in poročanje ogljičnega odtisa stavb, v diskusiji opozorimo, da se moramo na implementacijo LCA v načrtovalsko prakso pripraviti tudi v Sloveniji. Če tega na storimo, obstaja tveganje, da bo uvajanje v prakso vodilo do preobremenitve projektantov (izvajalcev LCA-analiz) in omejenega učinka na zmožnost spremljanja in optimizacije ogljičnega odtisa stavb ter dvom o verodostojnosti rezultatov izračunov.

6 ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujejo za finančno podporo Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (raziskovalno programsko financiranje št. ARIS P2-0158 in projekt št. ARIS N2-0258).

7 LITERATURA

Andersen, C. M. E., Garnow, A., Wittchen, A., and Stranddorf, L. K.: Whole Life Carbon Impact of: 45 Timber Buildings, Whole Life Carbon Impact of, Department of the Built Environment, Aalborg University, København, 2023.

Blengini, G. A. and Di Carlo, T., The changing role of life cycle phases, subsystems and materials in the LCA of low energy buildings, *Energy and Buildings*, 42, 869–880, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.12.009>, 2010.

Božiček, D., Analiza vplivnih dejavnikov okoljskega odtisa energijsko učinkovitih enostanovanjskih stavb v Sloveniji: doktorska disertacija, Repozitorij Univerze v Ljubljani, <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisCradiva.php?id=167069>, 2025

Božiček, D., Almezeraani, Y., and Košir, M., Making sense of LCA results when evaluating multiple building designs – comparison of interpretation concepts, *Building Research & Information*, 0, 1–19, <https://doi.org/10.1080/09613218.2023.2236254>, 2023.

BPIE (Buildings Performance Institute Europe), EU Buildings Climate Tracker: A call for faster and bolder action, 2023, <https://www.bpie.eu/publication/eu-buildings-climate-tracker-a-call-for-faster-and-bolder-action/>, leto vpogleda: 4. 12. 2023.

BPIE (Buildings Performance Institute Europe), Whole-life Carbon: Challenges and solutions for highly efficient and climate-neutral buildings, 2021.

BSO (EU Building Stock Observatory), <https://building-stock-observatory.energy.ec.europa.eu/factsheets/>, leto vpogleda: 28. 4. 2024.

CPR (Construction Products Regulation), Regulation (EU) 2024/3110 of the European Parliament and the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>, leto vpogleda: 12. 2. 2025.

Čist planet za vse - Evropska strateška dolgoročna vizija za uspešno, sodobno, konkurenčno in podnebno nevtrarno gospodarstvo: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>, leto vpogleda: 23. 10. 2023.

DGNB (German Sustainable Building Council), <https://www.dgnb.de/en/index.php>, leto vpogleda: 3. 4. 2019.

Dodd, N., Donatello, S., Cordella, M., Level(s) indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP) user manual: introductory briefing, instructions and guidance, Joint Research Centre, 2021.

ECa (European Commission), Automotive industry, https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/automotive-industry_en, last access: 28 April 2024.

ECb (European Commission), Construction sector: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction_en, last access: 2 December 2024.

ECO Platform, ECO Portal, <https://www.eco-platform.org/>, leto vpogleda: 3. 4. 2019.

ECO Portal, <https://www.eco-platform.org/eco-portal-access-point-to-digital-product-data.html>, leto vpogleda: 5. 3. 2025.

EP (European Parliament), EU measures against climate change, 2018 <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180703STO07129/eu-measures-against-climate-change>, last access: 23 October 2023.

EPBD, Direktiva (EU) 2024/1274 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 25. aprila 2024 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev), Evropski parlament, 2024: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/?uri=CELEX%3A32024L1275>, leto vpogleda: 3. 12. 2024.

Grahl, B., Schmincke, E., The part of LCA in ISO type III environmental declarations, The International Journal of Life Cycle Assessment, 2007, 38–35, <https://doi.org/10.1065/lca2006.12.300>, 2007.

Herczeg, M., McKinnon, D., Milios, L., Bakas, I., Klaassens, E., Svatikova, K., Widerberg, O., Resource efficiency in the building sector, <https://trinomics.eu/wp-content/uploads/2015/06/Resource-efficiency-in-the-building-sector.pdf>, leto vpogleda: 30. 4. 2024.

Hoxha, E., Passer, A., Saade, M. R. M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K., and Habert, G., Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods, Buildings and Cities, 1, 504–524, <https://doi.org/10.5334/bc.46>, 2020.

IEA (International Energy Agency), The Critical Role of Buildings Perspectives for the Clean Energy Transition, 2019.

INDICATE, <https://www.indicatedata.com>, leto vpogleda: 30. 10. 2024.

Islam, H., Jollands, M., Setunge, S., Ahmed, I., and Haque, N., Life cycle assessment and life cycle cost implications of wall assemblages designs, Energy and Buildings, 84, 33–45, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.041>, 2014.

ISO 21931-1:2022 Sustainability in buildings and civil engineering works – Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works – Part 1: Buildings, International Organization for Standardization, 2022

Košir, M., Potočnik, J., Pajek, L., and Božiček, D., Smernice za nizkoogljicne stavbe slovenskih stanovanjskih skladov, Gospodarska zbornica Slovenije - Zbornica za poslovanje z nepremičninami, 2024.

Kovacic, I., Reisinger, J., and Honic, M., Life Cycle Assessment of embodied and operational energy for a passive housing block in Austria, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 1774–1786, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.058>, 2018.

KSKE, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, <https://kske.fgg.uni-lj.si/>, leto vpogleda: 22. 10. 2024.

kTG (Kazalniki trajnostne gradnje), Trajnostna gradnja, <https://trajnostnagradnja.si/kazalniki-trajnostne-gradnje/>, leto vpogleda: 4. 12. 2023.

Le Den, X., Steinmann, J., Röck, M., Birgisdottir, H., Horup, L. H., Tozan, B., and Sorensen, A., Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - Summary report, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6397514>, 2022

Monteiro, H. and Freire, F., Life-cycle assessment of a house with alternative exterior walls: Comparison of three impact assessment methods, Energy and Buildings, 47, 572–583, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.12.032>, 2012.

Nordic Innovation, Decarbonisation of the building stock, 2024 <https://www.nordicsustainableconstruction.com/knowledge/2024/september/wp1-task-4-decarbonisation-of-the-building-stock>, leto vpogleda: 5. 9. 2024.

Nordic Harmonisation of Life Cycle Assessment, Nordic Sustainable Construction, <https://www.nordicsustainableconstruction.com/work-packages/nordic-harmonisation-of-life-cycle-assessment>, leto vpogleda: 22. 10. 2024.

ÖKOBAUDAT, <https://www.oekobaudat.de/>, leto vpogleda: 26. 1. 2023.

One Click LCA, Construction Carbon Regulations in Europe - Review and Best Practices, 2022: <https://oneclicklca.com/resources/ebooks/construction-carbon-regulation-europe>, leto vpogleda: 4. 5. 2024.

Ouellet-Plamondon, C. M., Ramseier, L., Balouktsi, M., Delem, L., Foliente, G., Francart, N., Garcia-Martinez, A., Hoxha, E., Lützkendorf, T., Nygaard Rasmussen, F., Peuportier, B., Butler, J., Birgisdottir, H., Dowdell, D., Dixit, M. K., Gomes, V., Gomes da Silva, M., Gómez de Cózar, J. C., Kjendseth Wiik, M., Llatas, C., Mateus, R., Pulgrossi, L. M., Röck, M., Saade, M. R. M., Passer, A., Satola, D., Seo, S., Soust Verdaguer, B., Veselka, J., Volf, M., Zhang, X., and Frischknecht, R., Carbon footprint assessment of a wood multi-residential building considering biogenic carbon, Journal of Cleaner Production, 404, 136834, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136834>, 2023.

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2023-01-0094/pravilnik-o-metodologiji-izdelave-in-izdaji-energetskih-izkaznic-stavb>, leto vpogleda: 3. 12. 2024.

PURES, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 70/22, 161/22 in 129/23, <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=PRAVI4331>, leto vpogleda: 3. 12. 2024

Röck, M.: Embodied Carbon of European Buildings Database (EU-ECB-DB), 2022, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6671558>, 2023.

Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., Rasmussen, F. N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T., and

Passer, A., Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation, *Applied Energy*, 258, 114107, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107>, 2020.

Röck, M., Balouktsi, M., and Saade, M. R. M., Embodied carbon emissions of buildings and how to tame them, *One Earth*, 6, 1458–1464, <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2023.10.018>, 2023.

Röck, M., Sorensen, A., Le Den, X., Horup, L. H., and Birgisdottir, H., Towards EU embodied carbon benchmarks for buildings – Setting the baseline: A bottom-up approach, 2022, <https://doi.org/10.5281/zenodo.5895051>.

Saade, Marcella R. M., Hoxha, Endrit, Passer, Alexander, Frischknecht, Rolf, and Potrč Obrecht, T., IEA EBC ANNEX 72 Basics and recommendations on assessment of biomass-based products in buildings LCAs: the case of biogenic carbon, 2023 <https://doi.org/10.3217/978-3-85125-953-7-08>

SIST EN 15804:2012+A1:2013 Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode, Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2013.

SIST EN 15804:2012+A2:2019 – Trajnostnost gradbenih objektov – Okoljske deklaracije za proizvode – Skupna pravila za kategorije proizvodov za gradbene proizvode, Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2019.

SIST EN 15978: 2011 Trajnostnost gradbenih objektov – Vrednotenje učinkov ravnanja z okoljem v stavbah – Računska metoda, 2011

SIST EN 16449:2014 – Les in lesni izdelki – Izračun vezave atmosferskega ogljikovega dioksida, Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2014

SIST EN ISO 14025: 2010 Okoljske označbe in deklaracije – Okoljske deklaracije tipa III – Načela in postopki (ISO 14025:2006), Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2010

SIST EN ISO 14040:2006 Ravnanje z okoljem – Ocena življenjskega cikla – Načela in okvirji Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2006

SIST EN ISO 14044:2006/oprA1:2017 Ravnanje z okoljem – Ocena življenjskega cikla – Zahteve in smernice, Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST), 2017.

Stephan, A., Crawford, R. H., and de Myttenaere, K., A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses, *Applied Energy*, 112, 23–34, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.076>, 2013.

Thormark, C., A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential, *Building and Environment*, 37, 429–435, [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(01\)00033-6](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(01)00033-6), 2002.

Toth, Z., Broer, R., Graaf, L., and Röck, M., How to establish Whole Life Carbon benchmarks: Insights and lessons learned from emerging approaches in Ireland, Czechia and Spain, *Buildings Performance Institute Europe (BPIE)*, 2024, <https://www.bpie.eu/publication/how-to-establish-whole-life-carbon-benchmarks-insights-and-lessons-learned-from-emerging-approaches-in-ireland-czechia-and-spain/>, leto vpogleda: 15. 10. 2024

UNEP (United Nations Environment Programme), *Global Status Report 2016: Towards Zero-emission Efficient and Resilient Buildings*, 2016, <https://www.unep.org/resources/report/global-status-report-2016-towards-zero-emission-efficient-and-resilient-buildings>, leto vpogleda: 28. 4. 2024

UNEP (United Nations Environmental Programme), *Global Status Report for Buildings and Construction*, 2021, <https://www.unep.org/resources/report/2021-global-status-report-buildings-and-construction>, leto vpogleda: 4. 5. 2024

UNFCCC (United Nations Climate Change), *The Paris Agreement*, 2015, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>, leto vpogleda: 28. 5. 2024.

US GBC (U.S. Green Building Council), <https://www.usgbc.org/credits/new-construction-core-and-shell-schools-new-construction-retail-new-construction-data-27>, leto vpogleda: 7. 1. 2022.

WLC EPBD Stakeholder meeting, Whole Life-Cycle Global Warming Potential reporting for buildings, 2nd Stakeholder meeting – Presentation slides 21. 2. 2025, <https://www.wlc-epbd-guidance.eu/documents/>, leto vpogleda: 8. 3. 2025.

WLC EPBD, Whole Life-Cycle Global Warming Potential reporting for buildings, <https://www.wlc-epbd-guidance.eu/>, leto vpogleda: 22. 10. 2024.

ZAG (Zavod za gradbeništvo Slovenije) – Izdane okoljske deklaracije, <https://www.zag.si/certifikati-in-soglasja/izdane-okoljske-deklaracije/>, leto vpogleda: 4. 12. 2023.

ZAG (Zavod za gradbeništvo Slovenije), <https://www.zag.si/>, leto vpogleda: 5. 5. 2024.

ZPN (Zbornica za poslovanje z nepremičninami), *Gospodarska zbornica Slovenije* https://www.gzs.si/zbornica_z_poslovanje_z_nepremicninami, leto vpogleda: 22. 10. 2024.