

**INTEGRACIJA PRINCIPA ODRŽIVOG RAZVOJA U UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJNIM INFRASTRUKTURNIM PROJEKTIMA****INTEGRATION OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT PRINCIPLES IN TRAFFIC INFRASTRUCTURE PROJECT MANAGEMENT**Bojana Savić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSKI MENADŽMENT**

**Kratak sadržaj** – Rad se bavi integracijom principa održivog razvoja u upravljanje saobraćajnim infrastrukturnim projektima. Poseban akcent je stavljen na analizu visokobrzinskih železnica Eurostar i Thalys, sistema masovnog brzog prevoza u Singapuru i Big Dig megaprojeka u Bostonu kroz pristup procene životnog ciklusa (LCA). Primena PESTEL analize omogućava identifikaciju ključnih faktora koji utiču na uspeh ili neuspeh integracije održivosti u saobraćajne infrastrukturne projekte.

**Ključne reči:** održivi razvoj, saobraćajna infrastruktura, projektni menadžment, PESTEL analiza.

**Abstract** – This paper focuses on the integration of sustainable development principles in the management of transportation infrastructure projects. Special emphasis is placed on the analysis of high-speed railways Eurostar and Thalys, the mass rapid transit system in Singapore, and the Big Dig megaproject in Boston through the life cycle assessment (LCA) approach. The application of PESTEL analysis allows for the identification of key factors influencing the success or failure of sustainability integration in transportation infrastructure projects.

**Keywords:** Sustainable development, transportation infrastructure, project management, PESTEL analysis.

**1. UVOD**

U savremenom društvu, rast populacije i urbanizacija dovode do sve veće potrebe za efikasnim i održivim transportnim rešenjima. Upravljanje saobraćajnim infrastrukturnim projektima postaje ključni faktor u postizanju održivog razvoja koji balansira ekonomske, ekološke i socijalne aspekte. Cilj je da se istraže metodologije i alati koji omogućavaju planiranje i realizaciju projekata koji su ekonomski isplativi, ekološki prihvatljivi i društveno odgovorni.

**2. VISOKOBRZINSKE ŽELEZNICE U EVROPI**

Visokobrzinske železnice, kao što su Eurostar i Thalys, predstavljaju ključni deo održive saobraćajne infrastrukture.

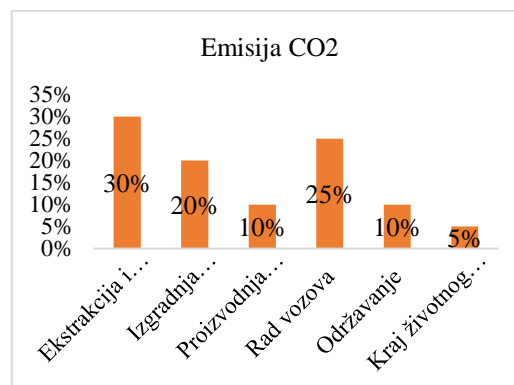
**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Danijela Čirić Lalić, docent.

Eurostar je visokobrzinska železnička usluga koja povezuje London s Parizom, Briselom i Amsterdamom, značajno smanjujući potrebu za avionskim letovima na ovim rutama i doprinosi smanjenju emisije CO<sub>2</sub>. Od svog osnivanja 1994. godine, Eurostar je prevezao preko 200 miliona putnika, koristeći obnovljive izvore energije za napajanje svojih vozova, što je dovelo do smanjenja emisije CO<sub>2</sub> za 40% u poslednjih 15 godina. Studije pokazuju da prelazak s avio prevoza na Eurostar može smanjiti emisiju CO<sub>2</sub> za do 91 kg po putovanju, što doprinosi ekonomskoj saradnji i kulturnoj razmeni između gradova. (Smith, 2020).



Slika 1. Mapa Eurostar-a [7]

Grafikon 1. Emisija CO<sub>2</sub> po fazama u okviru LCA analize Eurostar-a

Grafikon prikazuje procenete emisije CO<sub>2</sub> u različitim fazama životnog ciklusa železničke infrastrukture i vozova. Analizom šest faza životnog ciklusa železničke infrastrukture i vozova u vezi sa emisijama CO<sub>2</sub>, može se zaključiti da ekstrakcija i proizvodnja materijala imaju najveći uticaj sa udelom od 30%. Smanjenje emisija u ovoj fazi ključno je kroz primenu održivih metoda vađenja i proizvodnje materijala. Rad vozova i izgradnja infrastrukture zajedno čine polovinu (45%) ukupnih emisija CO<sub>2</sub>, ističući važnost optimizacije operativnih performansi i smanjenja emisija tokom građevinskih aktivnosti. Proizvodnja vozova, održavanje i kraj životnog veka zajedno doprinose preostalih 25% emisija CO<sub>2</sub>. Holistički pristup koji uključuje ove faktore može značajno doprineti smanjenju ukupnog ekološkog otiska železničkog saobraćaja.

Thalys je visokobrzinska železnica koja povezuje Francusku, Belgiju, Holandiju i Nemačku, omogućavajući brze i efikasne veze između glavnih evropskih gradova. Od svog pokretanja 1996. godine, Thalys je smanjio emisiju CO<sub>2</sub> po putničkom kilometru za 75% u poređenju s avionskim prevozom na istim rutama. Thalys koristi električnu energiju iz obnovljivih izvora, kao što su etroelektrane i solarne elektrane, što dodatno smanjuje njihov ugljenični otisak. Osim toga, ulaže u modernizaciju vozova i infrastrukture kako bi smanjio vreme putovanja i povećao energetska efikasnost [1].



Slika 2. Mapa Thalys-a [8]

Life Cycle Assessment (LCA) analize Eurostara i Thalysa pokazuju značajan ekološki otisak tokom svih faza životnog ciklusa, od ekstrakcije i proizvodnje materijala do kraja životnog veka vozova i infrastrukture. Korišćenje recikliranih materijala, optimizacija građevinskih tehnika, energetska efikasni pogoni vozova i korišćenje obnovljivih izvora energije ključni su faktori za smanjenje emisija CO<sub>2</sub>. Dalja modernizacija vozne flote i infrastrukture, kao i povećanje učešća obnovljivih izvora energije, predstavlja osnovu za unapređenje ekološke održivosti i smanjenje uticaja na životnu sredinu.

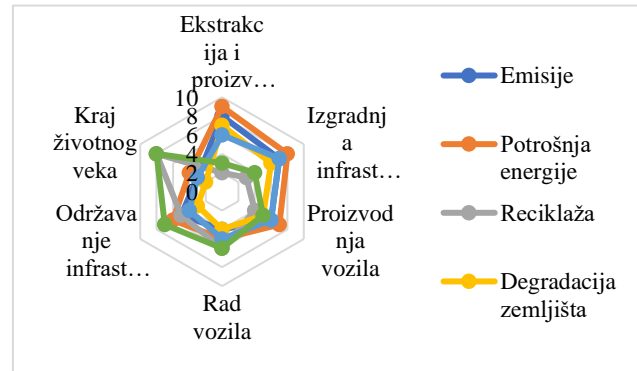
### 3. MRT SISTEM U SINGAPURU

Sistem masovnog brzog prevoza (Mass Rapid Transit - MRT) u Singapuru je ključna komponenta javnog prevoza, povezujući različite delove grada i smanjujući oslanjanje na privatna vozila. MRT sistem je počeo sa radom 1987. godine i obuhvata šest glavnih linija koje pokrivaju preko

200 kilometara sa više od 150 stanica. Land Transport Authority (LTA) nadgleda planiranje, razvoj i održavanje ovog sistema, koji je deo šire inicijative za održivi razvoj Singapura. MRT stanice koriste energetska efikasne tehnologije, uključujući instalaciju solarnih panela koji generišu značajnu količinu električne energije, smanjujući operativne troškove i emisiju gasova sa efektom staklene bašte [2].

Singapurski "Green Plan 2030" je ambiciozna inicijativa usmerena na unapređenje održivosti i zaštite životne sredine. Plan uključuje pet ključnih stubova: Green Economy, Green Energy, Green Mobility, Green Environment, i Green Living. Ciljevi plana su povećanje korišćenja obnovljivih izvora energije, smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, promovisanje energetska efikasnih zgrada, povećanje zelenih površina i unapređenje reciklaže. Instalacija solarnih panela, električnih vozila i sadnja milion stabala su samo neki od ciljeva. Singapur beleži značajan napredak u postizanju ovih ciljeva, ali su neki ciljevi još uvek izazovni i zahtevaju dodatne napore.

Life Cycle Assessment (LCA) analiza MRT sistema u Singapuru pokazuje ekološke uticaje u različitim fazama životnog ciklusa, uključujući ekstrakciju i proizvodnju materijala, izgradnju infrastrukture, proizvodnju vozila, rad vozila, održavanje i kraj životnog veka. Ekstrakcija i proizvodnja materijala imaju najviši negativni uticaj zbog visokih emisija i potrošnje energije. Međutim, upotreba recikliranih materijala i energetska efikasne građevinske prakse mogu smanjiti ove uticaje. Rad vozila ima niže emisije zahvaljujući prelasku na električni pogon iz obnovljivih izvora energije.



Dijagram 2. Ekološki uticaji životnog ciklusa MRT u Singapuru

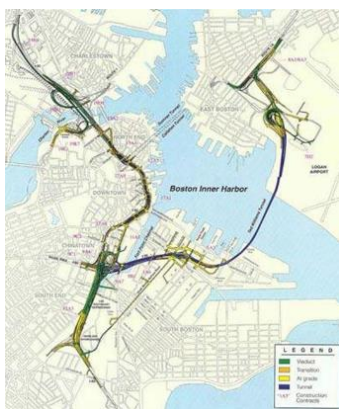
Dijagram jasno pokazuje faze sa najznačajnijim ekološkim uticajima, posebno ekstrakciju i proizvodnju materijala, kao i izgradnju infrastrukture. Faze rada vozila i kraj životnog veka su relativno efikasne i pokazuju manji negativni uticaj, što sugerise da su napori ka održivosti najefikasniji u ovim fazama. Ovi uvidi mogu pomoći u identifikaciji ključnih oblasti za unapređenje i implementaciju održivijih praksi u budućim projektima.

### 4. BIG DIG PROJEKAT U BOSTONU

Projekat Centralne arterije/tunela, poznat kao Big Dig, bio je megaprojekat u Bostonu koji je preusmerio Centralnu arteriju (Interstate 93) u tunel dug 5,6 kilometara, uključujući izgradnju Ted Williams tunela (I-90), Leonard P. Zakim Bunker Hill Memorial mosta i Rose Kennedy Greenway parka. Projekat je trajao od 1991. do 2007.

godine i koštao skoro 15 milijardi dolara, znatno premašivši početne procene od 2,8 milijardi dolara. Big Dig je značajno smanjio saobraćajne gužve, poboljšao kvalitet vazduha i stvorio nove zelene površine, doprinosivši urbanom razvoju i poboljšanju kvaliteta života stanovnika Bostona [3].

Faza izgradnje Big Dig projekta bila je najintenzivnija u smislu potrošnje resursa i generisanja ekoloških uticaja. Građevinski materijali poput čelika, betona i asfalta su korišćeni u velikim količinama, dok su građevinske mašine i oprema zahtevale značajnu energiju. Transport materijala do gradilišta dodatno je doprineo emisijama ugljen-dioksida. Tehnički izazovi su uključivali iskopavanje i izgradnju tunela ispod postojećih zgrada i saobraćajnih sistema bez ometanja svakodnevnog života u gradu. Korišćene su sofisticirane metode poput zamrzavanja tla i upotrebe zidova od mulja kako bi se minimiziralo pomeranje tla i sprečila oštećenja na postojećim strukturama [4].



Slika 3. Mapa Big Dig-a [9]

Izgradnja Big Dig-a suočila se sa brojnim tehničkim i finansijskim izazovima, uključujući inovativne inženjerske tehnike za izgradnju tunela ispod gusto naseljenih područja i postojeće infrastrukture. Projekat je zahtevao detaljno planiranje i koordinaciju između mnogih zainteresovanih strana, kao što su lokalne vlasti, građani, inženjeri i ekološki stručnjaci. Primena naprednih tehnologija i održivih praksi tokom izgradnje, kao što su GIS i BIM modeliranje, omogućila je precizno praćenje napretka i upravljanje resursima, smanjujući rizik od kašnjenja i prekoračenja budžeta.

Life Cycle Assessment (LCA) analiza Big Dig projekta pokazuje značajne ekološke uticaje u različitim fazama projekta, uključujući ekstrakciju i proizvodnju materijala, izgradnju infrastrukture, proizvodnju vozila, rad vozila, održavanje infrastrukture tokom životnog ciklusa. Projekat je implementirao korišćenje električnih i hibridnih vozila, što je rezultiralo smanjenjem emisija štetnih gasova i potrošnjom goriva. Integracija održivih praksi i inovativnih tehnologija u Big Dig je postavila standarde za buduće infrastrukturne projekte, doprinoseći dugoročnim ciljevima održivosti i ekološke efikasnosti.

## 5. PESTEL ANALIZA

PESTEL analiza je alat za strateško planiranje koji pomaže organizacijama da analiziraju spoljašnje okruženje kroz šest ključnih faktora: politički, ekonomski, socijalni, tehnološki, ekološki i pravni. Politički faktori uključuju

uticaj vlada i regulacija na poslovanje, dok ekonomski faktori obuhvataju ekonomske uslove i trendove koji mogu uticati na poslovanje. Socijalni faktori se odnose na kulturne i demografske aspekte društva, a tehnološki faktori na inovacije i tehnološke promene. Ekološki faktori se odnose na održivost i ekološke aspekte, dok pravni faktori obuhvataju zakonski okvir i regulative koje mogu uticati na poslovanje. Identifikuju spoljašnje faktore koji mogu predstavljati prilike ili pretnje za poslovanje i da razviju strategije za njihovo upravljanje.

Tabela 1. Usporedna analiza projekata Eurostar/Thalys, MRT Singapur i Big Dig

Faktori	Eurostar/Thalys	MRT Singapur	Big Dig
<b>Politički</b>	Stabilni politički odnosi, Brexit izazovi	Vladina podrška, LTA, 'Sustainable Singapore Blueprint'	Podrška vlasti, uloga političkih lidera
<b>Ekonomski</b>	Ekonomski rast, cene nafte, valutne fluktuacije	Značajna ulaganja, javno-privatna partnerstva, razvoj nekretnina	Prekoračen je budžeta, stimulacija ekonomskog rasta
<b>Socijalni</b>	Preferencije potrošača, ekološka svest, demografske promene	Integracija s drugim transportom, ekološki prihvatljiv prevoz	Preseljenje stanovnika, poboljšana saobraćajna povezanost
<b>Tehnološki</b>	Napredni sistemi signalizacije, Wi-Fi, istraživanje u obnovljivim izvorima	Automatski i vozni sistemi, mobilne aplikacije, upravljanje vozovima	Napredne tehnologije, upravljanje saobraćajem, reciklaža materijala
<b>Ekološki</b>	Smanjenje emisija CO <sub>2</sub> , obnovljivi izvori energije, reciklaža	Smanjenje zagađenja, električni vozovi, 'Sustainable Singapore Blueprint'	Stroge ekološke regulacije, zaštita voda i zemljišta
<b>Pravni</b>	Regulativa o sigurnosti, interoperabilnost, zaštita podataka	Regulative gradnje, bezbednost, zakoni	Pravni izazovi, tužbe, kvalitet izgradnje

Usporedna analiza projekata Eurostar/Thalys, MRT Singapur i Big Dig korišćenjem PESTEL pristupa pokazuje različite uspehe i izazove. Eurostar/Thalys su dobili visoke ocene zbog stabilnih političkih odnosa, ekonomskog rasta, tehnološkog napretka i ekoloških

inicijativa, ali su se suočili sa izazovima vezanim za Brexit. MRT Singapore je ocenjen sa najvišim ocenama u svim kategorijama zbog snažne vladine podrške, značajnih ulaganja, naprednih tehnologija i održivih praksi. Big Dig je imao niže ocene zbog političkih pritisaka, prekoračenja budžeta i pravnih izazova, ali je ipak doprineo ekonomskom rastu i ekološkim poboljšanjima.

## 6. ULOGA PROJEKTOG MENADŽMENTA U PLANIRANJU I IMPLEMENTACIJI EUROSTAR/THALYS, MRT SINGAPUR I BIG DIG

Projektne menadžment igra presudnu ulogu u uspehu bilo kog projekta, jer omogućava stručno vođenje i koordinaciju svih aktivnosti potrebnih za postizanje ciljeva projekta. Dobro funkcionišući projektne menadžment, sa stručnim i sposobnim menadžerima, obezbeđuje efikasno planiranje, upravljanje resursima, budžetiranje i praćenje napretka, čime se minimiziraju rizici i izbegavaju prepreke koje mogu ugroziti projekat. Njihovo znanje i sposobnosti omogućavaju proaktivno rešavanje problema, osiguravajući da se projekti završe na vreme, unutar budžeta i sa željenim kvalitetom. Na taj način, efektivan projektne menadžment ne samo da doprinosi operativnoj efikasnosti, već i značajno utiče na dugoročni uspeh i održivost projekta, čineći ga vitalnim za svaki ozbiljan poduhvat.

Integracija održivosti u projektne menadžmentu ovih infrastrukturnih projekata pokazuje kako se principi održivog razvoja mogu primeniti u praksi. Eurostar i Thalys, na primer, smanjuju emisije CO<sub>2</sub> u poređenju sa avio-vozom, dok MRT sistem u Singapuru smanjuje zagađenje i poboljšava kvalitet vazduha. Big Dig projekat je takođe imao za cilj poboljšanje urbanog ekosistema kroz smanjenje saobraćajnog zagađenja i stvaranje zelenih prostora. Održivost je bila integrisana u sve faze projekta, od planiranja do implementacije, što je omogućilo postizanje dugoročnih ekoloških ciljeva [5].

Lekcije naučene iz ovih projekata mogu se primeniti na buduće infrastrukturne projekte. Efikasan projektne menadžment, sa fokusom na planiranje, upravljanje rizicima i integraciju održivosti, ključan je za uspeh velikih infrastrukturnih poduhvata. Ovi primeri pokazuju kako pažljivo upravljanje projektima može dovesti do značajnih poboljšanja u transportnom sistemu i doprineti održivom razvoju urbanih sredina. Budući projektne menadžeri mogu koristiti ove primere kao smernice za razvoj svojih strategija i unapređenje procesa upravljanja [6].

## 7. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je istražio integraciju principa održivog razvoja u upravljanje saobraćajnim infrastrukturnim projektima kroz analizu visokobrzinskih železnica Eurostar i Thalys, sistema masovnog brzog prevoza u Singapuru i Big Dig megaprojekta u Bostonu. Korišćenjem pristupa procene životnog ciklusa (LCA) i PESTEL analize identifikovani su ključni faktori koji utiču na uspeh ili neuspeh održivosti u ovim projektima.

Eurostar i Thalys su pokazali značajno smanjenje emisije CO<sub>2</sub> i ekoloških otisaka kroz primenu obnovljivih izvora energije, optimizaciju materijala i efikasnu operativu. MRT sistem u Singapuru se istakao kao primer efikasnog

javnog prevoza koji koristi energetske efikasne tehnologije i doprinosi održivom urbanom razvoju. Sa druge strane, Big Dig projekat u Bostonu, iako je unapredio saobraćajnu infrastrukturu, suočio se sa izazovima prekoračenja budžeta i ekoloških uticaja tokom izgradnje.

Uloga projektne menadžmenta je ključna za uspeh svakog infrastrukturnog projekta, jer omogućava efikasno upravljanje resursima, budžetom i vremenom. Integracija održivosti u projektne menadžment postavlja temelje za dugoročnu ekološku efikasnost i društvenu odgovornost.

Kroz proučavanje ovih primera, može se zaključiti da je važno da budući infrastrukturni projekti uključe održive prakse od samog početka planiranja kako bi se postigli ekološki, ekonomski i društveni ciljevi održivog razvoja.

## 8. LITERATURA

- [1] Thalys. (2020). "Sustainability Initiatives and Performance Reports."
- [2] Land Transport Authority, Singapore. (2023). "MRT Development and Sustainability Strategies."
- [3] Vanderwarker, P. (2002). *The Big Dig: Reshaping an American City*. Boston: University Press of New England
- [4] Buderer, R. (2007). *Engineering Boston: The Big Dig*. Cambridge: MIT Press.
- [5] Green, D. (2021). *Urban Sustainability and Infrastructure*. New York: Routledge.
- [6] Taylor, J. (2020). *Future Infrastructure: Lessons from Today's Mega Projects*. London: Future Cities Press.
- [7] Eurostar top routes  
<https://www.eurostar.com/rw-en/train#Top-routes> (pristupljeno u julu 2024)
- [8] Network map  
<https://thalys.prezly.com/en/media/album/4a7072f5-94df-42a5-a623-74bf54f7d5fb> (pristupljeno u julu 2024)
- [9] Public Transportation and Metro Rail Information  
<https://metroeasy.com/wpcontent/uploads/2023/05/Singapore MRT system map-final.gif> (pristupljeno u julu 2024)

### Kratka biografija:



**Bojana Savić** rođena je u Valjevu 1999. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja i transporta odbranila je 2022.god. kontakt: bojanabsavic@gmail.com