

Časopis za poslovnu teoriju i praksu
Rad primljen: 20.04.2022.
Rad odobren: 08.06.2022.

UDK 005.552.3:519.233]:504.5
DOI 10.7251/POS2228087L
COBISS.RS-ID 136410625
Pregledni rad

Lučić Renata, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Ekonomski fakultet Brčko, Bosna i Hercegovina,
renata.lucic@uis.efb.rs

EFEKTI PRIMJENE LEAN METODA NA EKOLOŠKE PERFORMANSE KOMPANIJA

Rezime: Čvrsta opredijeljenost najjačih svjetskih ekonomija za aktivnu borbu protiv globalnog zagrijavanja, „natjerala“ je kompanije širom svijeta da u svoje dugoročne razvojne strategije uvrste i ciljeve smanjenja sopstvenog negativnog uticaja na životnu sredinu. S tim u vezi, nametnulo se i pitanje uticaja pojedinih proizvodnih pristupa na ekološke performanse kompanija. Lean proizvodnja, u čiju filozofiju su utkani ciljevi usmjereni ka smanjenju otpada, potakla je brojne autore da istraže postojanje pozitivne korelacije između njene implementacije i smanjenja zagađenja životne sredine uzrokovano emisijama u vodu, zemlju i vazduh. Slijedeći ta nastojanja, cilj rada je da se, kroz fokus na relevantne radove u ovom području, prezentuju različiti zaključci do kojih su došli autori u svojim istraživanjima. Poseban naglasak se, pri tome, stavlja na identifikaciju Lean metoda i alata koji su se pokazali kao najsnažnije sredstvo u nastojanjima kompanija da smanje emisije i time daju svoj doprinos borbi protiv klimatskih promjena. U radu su korišćene naučne metode deskripcije i kompilacije u svrhu isticanja osnovnih karakteristika Lean proizvodnje, s jedne strane, odnosno akademski korektnog prezentovanja tuđih zaključaka i spoznaja, s druge strane. Rezultati istraživanja su pokazali da je najveći broj autora, koji se bavio ovom tematikom, identifikovao postojanje pozitivnog uticaja Lean proizvodnje na ekološke performanse kompanija. Čak šta više, primjena pojedinih Lean metoda ili alata omogućila je kompanijama da prevaziđu zadane kako poslovne ciljeve, tako i Lean ciljeve smanjenja otpada. S tim u vezi nameće se zaključak da su pored povećanja profitabilnosti i konkurentosti i ekološki rezultati postali razlogom za implementaciju Lean proizvodnje.

Ključne riječi: Lean proizvodnja, Lean metode, Lean alati, troškovna efikasnost, zaštita životne sredine

JEL klasifikacija: Q 0, M 41

UVOD

Uz zabrinjavajući uticaj na životnu sredinu i ljude, klimatske promjene predstavljaju i jednu od najvećih prijetnji stabilnosti svjetske ekonomije. Upravo zbog toga, u vrijeme kada je većina stanovnika planete postala svjesna da su neuobičajene i ekstremne vremenske neprilike direktna posljedica klimatskih promjena, važno je naglasiti pitanja koja još uvijek traže adekvatne odgovore. U prvom redu se tu misli na ona koja se vezuju za način i intenzitet uticaja klimatskih promjena na ekonomiju i poslovanje uopšte, kao i na strategije koje kompanije kreiraju u cilju smanjenja rizika i pronalaženja puteva za postizanje konkurentne prednost u svijetu koji se mijenja. Negativan uticaj klimatskih promjena na svjetsku ekonomiju ogleda se, prije svega, u domenima raspoloživosti resursa, varijacija u cijeni energije, varijacija u vrijednosti kompanija i kretanju

cijena akcija. Najugroženijim se, pri tome, smatraju one industrije i zajednice čija ekonomija zavisi od resursa koji su osjetljivi na klimatske promjene, kao i one koje se nalaze na područjima izloženim ekstremnim vremenskim i klimatskim uticajima. Sve je veći broj kompanija koje, svjesne posljedica uzrokovanih klimatskim promjenama, s jedne strane, odnosno rigoroznije zakonske regulative, s druge strane, u značajnoj mjeri pristupaju modifikacijama svojih razvojnih strategija. S tim u vezi, fokus je sve više usmjeren na kontinuirano unapređenje proizvodnih pristupa, prilagođavanje ponude željama i potrebama kupaca, uz značajna poboljšanja u domenu kvaliteta i funkcionalnosti proizvoda, smanjenje troškova i održavanje postojećeg cjenovnog nivoa ili pak njegovog snižavanja, u situacijama koje to omogućavaju. Istraživanja su pokazala da u današnjoj konstelaciji odnosa Lean proizvodnja predstavlja najširu proizvodnu paradigmu koja se trenutno primjenjuje u industriji. Pored toga što značajno doprinosi povećanju profitabilnosti, efikasnom odgovoru na promjene u zahtjevima kupaca, unapređenju kvaliteta proizvoda i funkcionalnosti proizvodnih procesa te pozitivnim promjenama u organizacionoj kulturi i motivisanosti zaposlenih, Lean proizvodnja može unaprijediti i ekološke performanse kompanija. Razog tome je činjenica da Lean proizvodnja i mjere zaštite životne sredine imaju zajedničke elemente: fokus na smanjenje otpada i povećanje efikasnosti proizvodnih procesa (Abualfaraa et al. 2020; Abreu et al. 2017; Ng et al. 2015). Važno je u ovom kontekstu istaći da su različiti autori istraživali uticaj pojedinih Lean metoda i alata na životnu sredinu. Pojedini autori (Vinodh et al. 2011, 469) ističu da Lean inicijative rezultiraju značajnim koristima za životnu sredinu i da bi zbog toga kompanije trebale razmisliti o razmjerama sopstvenog uticaja na životnu sredinu te s tim u vezi kvantifikovati održive dobitke koji se mogu povezati sa Lean inicijativama. Neki autori (Garza-Reyes 2015, 227) smatraju da fokusiranost Lean-a na smanjenje otpada kreira odličnu polaznu osnovu za smanjenje ekološkog otpada poput prekomjerne potrošnje vode, energije ili bilo kojeg drugog prirodnog resursa. Uz to smatra i da je Lean, u svojim pojedinim segmentima, „prirodno” usklađen sa dobrim ekološkim praksama. Ovakvog su stava i drugi teoretičari (Carvalho et al. 2011, 157) koji naglašavaju da sa ubrzanim porastom trgovine na velike udaljenosti lanci snabdijevanja postaju sve duži, što dovodi do značajnog povećanja utroška energije iz fosilnih goriva za potrebe transporta, čime se emituje mnogo više ugljen-dioksida, nego što je to bio slučaj u ranijim decenijama. Eliminacijom nepotrebnog ili prekomjernog transporta proizvoda i/ili sirovina (što predstavlja jednu od sedam vrsta otpada koje definiše Lean proizvodnja) značajno se smanjuju operativni troškovi, s jedne strane, odnosno nepotrebna potrošnja prirodnih resursa i emisije ugljen-dioksida, s druge strane. Uzimajući u obzir široki spektar Lean proizvodnih metoda i njima pripadajućih alata postavilo se opravdano pitanje vezano za njihov uticaj na unapređenje ekoloških performansi kompanija i u kojoj mjeri, kao i pitanje postojanja pozitivne korelacije između indikatora, koji se koriste za mjerenje ekoloških performansi Lean kompanija, s jedne strane, odnosno Lean metoda i alata, s druge strane. U pokušaju pronalaska odgovora na postavljena pitanja u radu su predstavljeni rezultati pojedinih istraživanja koja su se bavila ovom problematikom. Ostatak rada je strukturisan na sljedeći način: u prvom dijelu je dat kratki osvrt na istorijat Lean proizvodnje, drugi dio razmatra Lean proizvodnu paradigmu, Lean metode i alate, dok su u trećem dijelu prezentovani rezultati pojedinih istraživanja koja su se bavila pronalaženjem i analizom veza između Lean proizvodnje i zelenih inicijativa koje u velikoj mjeri unapređuju ekološke performanse kompanija i doprinose njihovom uključivanju u borbu za očuvanje životne sredine.

1. KRATKA ISTORIJA LEAN PROIZVODNJE

Iako se Lean proizvodnja i Lean filozofija vežu za Toyotin proizvodni sistem, važno je istaći da se pionirovima Lean proizvodnje smatra američki industrijalac i poslovni magnat Henry Ford. U svojoj fabrici automobila pod nazivom Ford Motor Company, Ford je 1913. godine uspio ostvariti revolucionarni pomak u odnosu na dotadašnju proizvodnu praksu, na način da je integrisao

proizvodne procese u jedan sasvim novi koncept pod nazivom pokretna proizvodnja. Do pojave Fordovog pristupa proizvodni proces se odvijao u klasičnim proizvodnim radionicama koje su činile mašine za opštu namjenu i koje su bile grupisane prema vrsti obrade. Svaka od radionica proizvodila je velike količine istovrsnih dijelova koji bi bili skladišteni do momenta proizvodnje ostalih dijelova proizvoda, nakon čega bi ih se sklappalo u finalni proizvod. Nedostatak ovakvog načina proizvodnje ogledao se u velikim iznosima troškova sadržanih u nedovršenoj proizvodnji, kao i u velikom broju defektnih finalnih dijelova, koji vrlo često nisu mogli biti spojeni (zbog razlika koje su nastajale pri termičkoj obradi metala). Henry Ford je proces proizvodnje podijelio u proizvodne korake, koje je zatim poredao u proizvodne linije. Za potrebe proizvodnje korišćene su mašine koje su bile specijalizovane za proizvodnju određenog dijela automobila, kao i kontrolni uređaji koji defektnim proizvodima nisu dozvoljavali prolaz u sljedeći korak procesa. Masovna proizvodnja je omogućavala isporuku savršeno sklopljenih, zamjenjivih dijelova, a još jedna novina-pokretna traka na liniji za sastavljanje automobila omogućila je neprekidno kretanje dijelova kroz proizvodni proces i značajno ubrzanje proizvodnje. Uprkos tome, Fordov koncept proizvodnje (engl. push production) imao je značajan broj nedostataka (Krafcik 1988, 43): duge rokove isporuke, slabosti u odgovoru na zahtjeve kupaca, povećanje zaliha, smanjenje kvaliteta, povećanje aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, povećanje hijerarhije i birokratije, dodatne troškove, veće kapitalne zahtjeve, nemogućnost ponude raznovrsnih proizvoda, obavljanje jednostavnih, ponavljajućih poslova od strane nekvalifikovanih radnika. Godine 1933. Kiichiro Toyoda osniva kompaniju Toyota kao odjeljenje kompanije Toyota Automatic Loom Works, koja 1937. godine mijenja naziv u Toyota Motor Corporation pod kojim i danas posluje. Kiichiro je bio oduševljen idejom masovne proizvodnje u Fordovoj fabrici koju je, zajedno sa druga dva direktora Eiji Toyodom i Taiichi Ohnom, posjetio pedesetih godina prošlog vijeka. Ta posjeta bila je ključni momenat u stvaranju filozofije Toyotinog poslovanja. Po povratku u Japan Toyoda i Ohno su shvatili da masovna proizvodnja, koju je koristio Ford, ne može biti jednostavno preslikana u Toyotu, iz razloga što je japansko tržište bilo premalo i nije zahtijevalo količinu, nego raznovrsnost: od kompaktnih do luksuznih automobila. Najvažnije saznanje do kojeg su u Americi došli je bila identifikacija ključnih nedostataka masovne proizvodnje koje su definisali kao sedam vrsta gubitaka: prekomjerna proizvodnja, transport, čekanje/zastoji, prekomjerna obrada, zalihe, nepotrebni pokreti, škart. Tih sedam vrsta gubitaka postali su dio njihovog Toyota Production System koncepta. Uz to, glavni momenat, koji je preusmjerio Kiichirovo razmišljanje za vrijeme boravka u Americi, bio je princip popunjavanja rafova u trgovinama koji su bili dopunjavani tempom kojim su ih kupci praznili. Spajanjem ovog koncepta pull proizvodnje i Fordovog pristupa proizvodnji sa uklonjenim uočenim nedostacima, stvorena je bazična metodologija koja je predstavljala preteču Lean proizvodnje.

2. OSNOVNI POSTULATI LEAN PROIZVODNJE

U vremenu u kojem su uslovi poslovanja i zahtjevi kupaca sve nestabilniji i kompleksniji, preduzeća moraju pronalaziti načine da skraćuju svoje time-to-market cikluse kroz kontinuirano unapređivanje proizvodnih pristupa, identifikovanje i reagovanje na zahtjeve kupaca, primjenu metoda i pristupa koji omogućavaju snižavanje troškova, usmjeravanje fokusa na poboljšanje kvaliteta i funkcionalnosti proizvoda, uz zadržavanje ili snižavanje cijena. Lean (ili vitka) proizvodnja, kao proizvodna metodologija, ali i filozofski pristup, svoje temelje gradi na već pomenutom Toyota proizvodnom sistemu. Osnovna Lean paradigma podrazumijeva stvaranje proizvoda (usluga) koji savršeno odgovaraju željama i zahtjevima kupaca, stvorenih u savršenom procesu bez defekata i rasipanja. Da bi ovo postigla, svaka organizacija u svoje fundamente mora ugraditi sljedećih pet principa (Emiliani 2004, 177):

1. Razumjeti i definisati vrijednost iz perspektive korisnika i ugraditi je u karakteristike proizvoda (usluge).

2. Identifikovati, mapirati i razumjeti svaki proces unutar toka vrijednosti te identifikovati aktivnosti koje dodaju vrijednost (engl. Value Added), aktivnosti podrške i aktivnosti koje ne dodaju vrijednost (engl. Non Value Added).

3. Uspostaviti kontinuirani tok materijala, usluga i informacija od početka do kraja procesa.

4. Uspostaviti sistem povlačenja proizvodnje (engl. pull sistem) koji omogućava korisniku da daje signal onda kada se javi potreba za nekom vrstom proizvoda, odnosno preciznije, proizvodnju i isporuku proizvoda uzvodno, upravo na vrijeme, kada su potrebni i u količinama u kojima su potrebni nizvodno.

5. Kontinuirano poboljšavati, odnosno imati neprekidnu želju za unapređenjem i težnju ka savršenstvu. Iako je ipak samo teorijska kategorija, težnja ka savršenstvu, koja bi predstavljala proces u kojem sve aktivnosti donose vrijednost i u kojem je rasipanje svedeno na nulu, mora biti neprekidna.

Dostizanje postavljenih ciljeva i ostvarenje zadanih principa zahtijeva detaljno preispitivanje načina proizvodnje i isporuke dobara i usluga, kao i napuštanje paradigme masovne proizvodnje „serije i redovi“ (engl. batch and queue), te fokusiranje na proizvodne sisteme koji su usklađeni sa proizvodom i koji se zasnivaju na sistemu „povlačenje proizvodnje i protoka u jednom komadu“ (engl. pull production, one piece flow). Obrada serije i sistemi čekanja podrazumijevaju masovnu proizvodnju velike količine proizvoda ili dijelova i njihovo premještanje u sljedeću operaciju prije nego su tamo zaista i potrebni. Tako se stvaraju velike količine zaliha koje „zarobljavaju“ troškove i ostvaruju dugi ciklusi proizvodnje. Proizvodi su prilagođeni potencijalnim ili pretpostavljenim, a ne stvarnim zahtjevima kupaca, zbog činjenice da proizvodnja po serijama i funkcionalnim odjeljenjima poredanim u zadani red uzrokuje značajna vremenska kašnjenja. Zbog svega ovoga sistem je u mnogim svojim segmentima neefikasan i rasipnički. S druge strane, Lean podrazumijeva grupisanje opreme, radnika i resursa, neophodnih za proizvodnju u jednu ćeliju, čime se stvara kontinuirani i jednodijelni tok, koji omogućava da se postupci obrade različitih segmenata proizvoda odvijaju neposredno jedan uz drugi u tzv. „timovima proizvoda“. Vrlo važna osobina Lean-a je i sistematsko eliminisanje svih oblika troškova koji nemaju dodanu vrijednost. Tu spadaju sve vrste otpada i zagađenja koje su posljedica nedostataka u proizvodnom dizajnu ili proizvodnom procesu. *Muda* je japanski izraz za otpad, uzaludnost, besmislenost, a njihov „najveći neprijatelj“ bio je već pomenuti Toyotin izvršni direktor Taiichi Ohno. Za Taiichi-a *muda* je (Barraza et al. 2016, 5): svaka ljudska aktivnost koja ne stvara vrijednost, a asposrbuje resurse, greške koje moraju biti ispravljene, proizvodnja nepotrebnih dijelova koji gomilaju zalihe, nepotrebni koraci u obradi, beznačajno kretanje zaposlenih i beznačajni transport robe s jednog mjesta na drugo, grupa zaposlenih koja besposleno čeka jer nije dovršen proces u prethodnoj aktivnosti, proizvodi i usluge koji nisu usklađeni sa potrebama i željama kupaca. Cilj Lean proizvodnje je dostizanje takvog stanja u kojem će otpad i zagađenje biti svedeni na nulu, što se može postići kroz sistematsku procjenu troškova i vrijednosti povezanih sa proizvodom realizovanu kroz četiri strategije:

1. *Prihvatanje pogleda na cijeli sistem* preusmjerenjem fokusa sa funkcionalnih departmana na cjelokupni proizvodni sistem i pripadajuće ukupne troškove. Suština ove strategije je drugačiji pristup donošenju finansijskih odluka koji prihvata veće troškove za pojedine komponente koje se nabavljaju za određene funkcionalne departmane, kako bi se ostvarile ukupne uštede na nivou cijelog proizvodnog ciklusa. Tako npr. iako je jeftinije redovno nabavljati veće količine sirovina, odustajanjem od ovakve prakse ostvaruje se smanjenje ukupne cijene proizvoda, jer se eliminišu troškovi držanja zaliha.
2. *Evaluacija lanca vrijednosti* u svrhu identifikacije aktivnosti koje ne stvaraju vrijednost za kupca. Ovakve aktivnosti je potrebno redefinisati kako bi se smanjila količina otpada.
3. *Međufunkcionalna proizvodnja prilagođena proizvodu*, koja kroz proizvodno/procesno fokusirane ćelije omogućava kombinaciju procesa i opreme iz različitih funkcionalnih

područja te formiranje Lean timova sačinjenih od stručnjaka različitih profila angažovanih u različitim dijelovima proizvodnog procesa.

4. *Dizajn proizvoda* koji ima manji utrošak materijala, kvalitetniji je, jeftiniji i jednostavan za proizvesti. Ovo se postiže „korišćenjem standardnih dijelova, uklanjanjem nepotrebnih komponenti, integracijom više komponenti, odabirom komponenti koje se lako sastavljaju i sl“.

Pojedini autori (Belekoukias et al. 2014, 5348; Shah and Ward 2007, 801) u osnovne Lean proizvodne metode, koje organizacijama omogućavaju operativnu izvrsnost s jedne strane, odnosno realizaciju ciljeva vezanih za profitabilnost, efikasnost, brze reakcije na promjene želja i potreba kupaca, kvalitet i zadovoljstvo kupaca, s druge strane, ubrajaju: *Just in Time* (JIT), ukupno produktivno održavanje (engl. TPM), *Jidoka* (automatizacija sa ljudskom inteligencijom), mapiranje toka vrijednosti (engl. VSM) i *Kaizen* (tabela 1).

Tabela 1. Lean proizvodne metode i alatke (Garza-Reyes et al. 2018, 174)

JIT	Jednodijelni protok; Sistem povlačenja; Taktno vrijeme; Nivelirana proizvodnja; Čelijska proizvodnja; Vizuelna kontrola; Kanban/sistem povlačenja proizvodnje; Multifunkcionalni zaposlenici; JIT nabavka.
TPM	Ukupna efektivnost opreme (OEE); Jednominutna izmjena matrice (SMED); 5S; Autonomno održavanje; Planirao održavanje; Kvalitetno održavanje; Inicijalna kontrola prije početka proizvodnje; Bezbjednost, higijena i životna sredina.
JIDOKA	Provjera grešaka (Poka yoke); Andon/sistem vizuelne kontrole; Potpuni sistem rada.
VSM	Mapa trenutnog stanja; Mapa budućeg stanja; Dijagrami tokova.
KAIZEN	5S; Brainstorming; Kontinuirani tok; Kanban; Provjera podataka; 5 Zašto; Pareto grafikon; Grafikon toka; Gantov grafikon; VSM; Mapa procesa; Provjera grešaka/Poka Yoke.

Just in Time (sinhrona proizvodnja prema zahtjevima) je strategija proizvodnje i isporuke u kojoj se materijal neophodan za proizvodnju isporučuje tačno u vrijeme i u količini u kojoj je potreban, onom proizvodnom procesu kojem je potreban. Pri tome je važno istaći da je naglasak na riječi *time*. To znači da materijal treba da stigne u roku od nekoliko minuta prije njegove upotrebe na proizvodnoj liniji. Upravo zbog toga i jedino tako moguće je eliminisati otpad u oblicima kao što su prekomjerna proizvodnja, čekanje na zakašnjele isporuke i višak zaliha (Kootanaee 2013, 8). Cilj ove strategije je da se tok materijala osmisli sa stanovišta proizvodnog preduzeća primaoca na način da svi potrebni materijali budu na pravom mjestu i u pravo vrijeme. Za razliku od klasične nabavke koja zahtijeva usklađivanje logistike, nabavke, proizvodnje i prodaje te velikog broja eksternih dobavljača i pružalaca usluga, u *Just in Time* isporuci je nabavka puno lakša jer se svi artikli naručuju od centralnog dobavljača. On preuzima koordinaciju među pojedinačnim dobavljačima, naručuje od njih potrebne materijale prema planu proizvodnje i vodi računa o prijemu i skladištenju robe. Nesmetana i pouzdana komunikacija između učesnika predstavlja ključ za uspjeh *Just in Time* strategije.

Ukupno produktivno održavanje (engl. *Total Productive Maintenance*) ima za cilj maksimizaciju efikasnosti postrojenja i opreme čime se nastoji osigurati optimalni životni ciklus proizvodne opreme. Ovo se postiže: „Svođenjem zastoja mašina na najmanju moguću mjeru, minimiziranjem gubitaka u proizvodnji i otpadaka materijala i unapređenjem radne efikasnosti i produktivnosti zaposlenih i opreme“ (Wakjira and Singh 2012, 26).

Jidoka je Lean metoda koja je u literaturi poznata i kao automatizacija sa ljudskom inteligencijom. Svoje korijene vuče iz vremena kada je Toyota proizvodila automatizovane razboje, a podrazumijeva sistem automatskog zaustavljanja rada mašina. Automatsko zaustavljanje mašina

dogđa se u dva slučaja (Szmelter 2012, 5): u momentu završene proizvodnje planirane količine proizvoda i u slučaju nastajanja greške u proizvodnom procesu koja može biti ili greška u radu mašine ili greška nastala zbog nekompletnosti izrade proizvoda. Osnovni cilj *Jidoke* je sprečavanje proizvodnje škart dijelova ili defektnih proizvoda, uz zadovoljavanje propisanih standarda iz oblasti kvaliteta te omogućavanje da u sljedeću fazu dođu samo ispravni dijelovi ili proizvodi.

Mapiranje toka vrijednosti (engl. *Value Stream Mapping*) podrazumijeva mapiranje, odnosno objedinjavanje i slikovno prikazivanje svih dijelova procesa i njegovog toka vrijednosti. Mapiranjem se na vrlo jednostavan način prikazuju sve proizvodne operacije, stanje zaliha između operacija, potrebno vrijeme za izmjenu alata, sva nepotrebna čekanja, iskorišćenost praktičnog kapaciteta i sl. Na ovaj način se vizuelno identifikuje i mjeri otpad koji nastaje kao posljedice neefikasnosti ili nepouzdanosti informacija, vremena, novca, prostora, ljudi, mašina, materijala i alata, tokom procesa transformacije proizvoda (Pavnaskar et al. 2003, 3087).

Kaizen proces kontinuiranog poboljšanja je istovremeno i akcioni plan i filozofija. Kaizen, kao filozofija, stvara radnu klimu u kojoj je svaki zaposleni motivisan na lični i profesionalni napredak, kontinuiranu potragu za unapređenjima radnih procesa i postupaka te iniciranje pozitivnih promjena u organizaciji. Kao akcioni plan, *Kaizen*, u stvari, predstavlja svojevrsno uputstvo o načinu provođenja promjena u organizaciji i ostajanja na putu kontinuiranih poboljšanja. Nakon što postane dio organizacione kulture, *Kaizen* postaje platforma za održavanje Lean inicijativa.

3. VEZA IZMEĐU LEAN PROIZVODNJE I ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Uzimajući u obzir činjenicu da je Lean proizvodna paradigma najzastupljenija u savremenom proizvodnom okruženju (S tim u vezi interesantno je pomenuti neke od kompanija koje implementuju Lean: Coca-Cola, Nestle, Boeing, General Electric, Airbus, Klinika Mayo, Bank of America, Intel, Ford, Nike, Zara, Ikea, itd.) te da je pitanje ekološkog učinka kompanija, u smislu prevencije zagađenja i rasipanja resursa, postalo jedan od ključnih postulata poslovanja, razumljiv je povećan interes kako akademske, tako i poslovne javnosti za temu uticaja Lean proizvodnje na očuvanje životne sredine. S tim u vezi, potrebno je istaći da je u okviru ovog područja objavljen značajan broj radova u kojima su se pojedini autori bavili razvojem modela koji omogućavaju zajedničku primjenu obje paradigme u različitim sektorima i različitim zemljama (Ng et al. 2015; Pampanelli et al. 2014; Kurdve et al. 2014; Verrier et al. 2016, Bae and Kim 2008; Colicchia et al. 2017; Thanki et al. 2016; Zhan et al. 2018;), dok su pojedini proučavali prepreke koje mogu biti značajna smetnja u njihovoj implementaciji i procjeni (Cherrafi et al. 2017; Mittal et al. 2016). Lean proizvodnja je, u svojoj osnovi, fokusirana na smanjenje otpada i zagađenja te je, s tim u vezi, opravdano zapitati se sljedeće: a) jesu li organizacije koje su primijenile metode i principe Lean-a unaprijedile svoje mjere zaštite životne sredine? i b) koje su se Lean metode pokazale kao najefikasnije u procesu pozitivnog uticaja na ekološke performanse? U najvećem broju istraživačkih studija došlo se do zaključka da je implementacija Lean-a značajno unaprijedila ekološke performanse kompanija. Jedno od takvih provela je američka Agencija za zaštitu životne sredine 2000. godine, koje je na primjeru Boeing-a, vodećeg svjetskog proizvođača aviona i aeronautičke opreme, pokazalo da dramatična promjena proizvodne paradigme predstavlja ključnu strategiju za održanje konkurentne prednosti na visoko konkurentnom tržištu 21. vijeka. Lean proizvodna filozofija i strategija, koju je Boeing u februaru 1996. godine odlučio implementirati u cijeloj diviziji komercijalnih aviona, a nakon toga i u cijeloj kompaniji, rezultovala je značajnim unapređenjima koja bi mogla biti klasifikovana u pet segmenata:

1. *Lean proizvodnja je mejnstrim*. Preorijentacijom i značajnim ulaganjem u Lean, Boeing iskazuje svoje uvjerenje da upravo Lean igra najvažniju ulogu u njihovim naporima da odgovore na želje i potrebe kupaca, smanje troškove i sistematski i kontinuirano unapređuju svoje operativne performanse. Osim toga, važno je istaći i to da se Boeing-ovo iskustvo podudara sa iskustvima

- drugih industrijskih sektora u SAD-u te da zbog toga Lean filozofija predstavlja (i nastaviće da predstavlja) osnovni gradivni element američke industrijske proizvodnje.
2. *Lean doprinosi značajnom povećanju efikasnosti u iskorišćavanju resursa sa važnim implikacijama na životnu sredinu i održivost.* Zahvaljujući Lean-u Boeing je ostvario značajna unapređenja u domenu uštede energije i sirovina te smanjenja neproizvodnih izlaza koji su povezani sa proizvodnim procesom. Uštede u energiji nastale su kao rezultat smanjene iskorišćenosti prostora, smanjenog transporta i manje dorade proizvoda (najznačajniji rezultati, postignuti u Boeing-ovoj poslovnoj jedinici za proizvodnju mašina u Auburnu pokazuju da se kao rezultat Lean-a ukupni prostor koji koristi poslovna jedinica smanjio sa 650.000 na 450.000 kvadratnih metara, a eliminisano je 8.000 kvadratnih metara atmosfere sa kontrolisanom temperaturom).
 3. Efekti ovih napora ogledaju se u sveobuhvatnoj uštedi energije na bazi proizvoda povezanoj sa svim aspektima korišćenja energije za prostor u zgradi (npr. grijanje, hlađenje, rasvjeta, itd). Zahvaljujući poboljšanim korišćenjem prostora, boljom kontrolom zaliha, smanjenom stopom nedostataka i otpada, korišćenjem manjeg broja (ili eliminacijom) maziva i zaptivača te smanjenom upotrebom vozila, ostvarene su značajne uštede sirovina (Napori u poslovnoj jedinici u Auburnu doveli su do smanjenja potrošnje sirovina za 22 miliona dolara i smanjena štete i kvarenja, što je rezultiralo boljom opštom iskorišćenošću sirovina). Lean je omogućio i vrlo značajna unapređenja u domenu proizvodnje koja nije direktno povezana sa finalnim proizvodom, nego sa proizvodnim i montažnim operacijama (npr. otpad povezan sa defektima i materijalom izvan specifikacije, materijalom za pakovanje i gubicima materijala). Uštede se ogledaju kako u smanjenju defektnih proizvoda, tako i u smanjenju ukupnog troška izgubljenih dolara zbog nastajanje defektnih proizvoda. U istraživanju se navodi da je pogon u Auburnu smanjio nedostatke proizvoda sa 1.200/10.000 u 1996. na manje od 300/10.000, kao i da je svoju mjeru kvaliteta troškova, mjerenu kao ukupni trošak izgubljenih dolara zbog nedostataka, smanjio za više od 51 posto.
 4. *Lean stvara snažnu kulturu eliminacije otpada.* Ovo se postiže kreiranjem Lean timova koji se sastoje od predstavnika menadžmenta, alatničara, osiguranja kvaliteta, bezbjednosti, zdravlja i zaštite životne sredine (engl. SHEA), proizvodnog osoblja, informatičara i dr. Zadatak timova je da najprije izvrše sistematsku evaluaciju otpada koji nastaje u proizvodnim procesima razvojem postupaka za njegovo eliminisanje, mjerenjem rezultata, razvojem dodatnih postupaka za njegovo minimiziranje te da kontinuirano ponavljaju opisani ciklus.
 5. *Lean razmišljanje donosi moćne finansijske podsticaje za očuvanje resursa i poboljšanje prevencije zagađenja.*
 6. *Lean strategije nisu mogle biti primijenjene na ekološki osjetljive procese.* Studija je pokazala da operacije, koje su dio procesa proizvodnje metala i aktivnosti montaže u svim industrijama, poput farbanja, hemijskog tretmana i sušenja, nisu mogle postati Lean. Ova činjenica ima određene značajne implikacije za samu kompaniju, druge kompanije i životnu sredinu. Naime, prvo, Boeing se suočio sa nemogućnošću da stvori potpuni tok u jednom komadu (engl. single piece flow) za svoje proizvode, zbog čega je došlo do povećanja broja dana protoka, kao i većih zahtjeva za prostorom, sirovinama, energijom i zalihama. Drugo, istraživanje je pokazalo da je u dijelovima proizvodnog procesa koji su postali Lean uočeno značajno povećanje produktivnosti resursa koje se kreće u rasponu od 30-70 posto. Uz to, zbog činjenice da su se za pojedine proizvodne operacije morale zadržati tradicionalne proizvodne metode, Boeing nije mogao u potpunosti eliminisati proizvodnju velikih serija sličnih dijelova tokom dužih proizvodnih ciklusa.

Dobiveni rezultati bili su osnova za novo istraživanje koje su u zajedničkoj saradnji provele agencijina kancelarija za čvrsti otpad i reagovanje u vanrednim situacijama (OSWER) i kancelarija za politiku, ekonomiju i inovacije (OPEI), a sve sa ciljem daljeg utvrđivanja odnosa između Lean proizvodnje, ekološke efikasnosti i regulatornog okvira. Istraživanje je provedeno na uzorku od

četiri američke kompanije (U istraživanju su učestvovali: Apollo Hardwoods Company, General Motors Corporation, Goodrich Corporation - Aerostructures Group i Warner Robins U.S. Air Force Base) i rezultiralo sljedećim važnim saznanjima: a) Lean kreira radno i kulturno okruženje koje se pokazalo izuzetno pogodnim za minimiziranje otpada i prevenciju zagađenja; b) popunjavanjem ključnih „slijepih tačaka“, koje se mogu pojaviti prilikom njegove implementacije (o čemu će biti riječi kasnije u radu), Lean se može iskoristiti za ciljeve ostvarenja značajnijih unapređenje u zaštiti životne sredine; c) u situacijama kada organizacije razmatraju primjenu Lean metoda na ekološki osjetljive procese, može doći do pojave regulatorne nesigurnosti ili kašnjenja. Ovo može dovesti do situacija u kojima je ili povećan rizik od potencijalnog nepoštovanja ekoloških propisa ili su poboljšanja ekoloških performansi ograničena. Vrlo zanimljiv dio istraživanja je i korelacija koja je uočena između sedam uobičajenih vrsta otpada (na čije eliminisanje je Lean fokusiran) i uticaja koji svaki od njih ima na životnu sredinu (tabela 2).

Tabela 2. Uticaji na životnu sredinu povezani sa proizvodnim otpadom (United States Environmental Protection Agency 2003, 28)

Vrsta otpada	Uticaj na životnu sredinu
Defekti	Sirovine utrošene za izradu neispravnih proizvoda; Neispravne komponente zahtijevaju recikliranje ili odlaganje; Potrebno je više prostora za preradu i popravku, što povećava korišćenje energije za grijanje, hlađenje i osvjetljenje.
Čekanja/zastoji	Potencijalno kvarenje materijala ili otpad uzrokovan oštećenjem komponenti.
Prekomjerna proizvodnja	Više sirovina utrošenih za izradu nepotrebnih proizvoda; Dodatni proizvodi se mogu pokvariti ili zastarjeti te zahtijevati odlaganje.
Pokreti i transport	Veća upotreba energije za transport; Emisije iz transporta; Više prostora potrebnog za rad u procesu (engl. Work In Process); kretanje, povećanje osvjetljenja, grijanja i hlađenja, potražnje i potrošnje energije; Više pakovanja potrebnog za zaštitu komponenti tokom kretanja.
Zalihe	Više pakovanja za skladištenje WIP-a; Otpad od propadanja ili oštećenja uskladištenog WIP-a; Više materijala potrebnog za zamjenu oštećenog WIP-a; Veća potrošnja energije za zagrijavanje, hlađenje i osvjetljenje zaliha.
Složenost i prekomjerna obrada	Više utrošenih dijelova i sirovina po jedinici proizvodnje; Nepotrebna prerada koja povećava otpad, potrošnju energije i emisije.
Neiskorišćena kreativnost	Manje prijedloga u vezi sa mogućnostima za minimiziranje zagađenja i otpada.

Iako vrlo detaljna, istraživanja koje je provela EPA ipak nisu uspjela da daju odgovor na pitanje vezano za sposobnost pojedinih Lean metoda i alata da utiču na smanjenje identifikovanih i kvantifikovanih uticaja na životnu sredinu. S tim u vezi, važno je istaći da su pojedini autori (Garza-Reyes et al. 2018) istraživali postojanje korelacione veze između pet Lean metoda: JIT, TPM, *Jidoka*, VSM i *Kaizen* i ekoloških performansi kompanija. Zaključak istraživanja je sljedeći: generalno posmatrano, TPM i JIT metode rezultiraju najznačajnijim uticajem na sveukupne ekološke performanse kompanija, primjena *Kaizen* metode pozitivno utiče samo na upotrebu materijala i zagađenje, dok *Jidoka* i VSM nisu pokazali nikakav uticaj (Garza-Reyes et al. 2018, 175). Tabela 3. prikazuje sumirane rezultate korelacione analize.

Tabela 3. Sumarni prikaz rezultata korelacione analize (Garza-Reyes et al. 2018, 175)

Lean metoda	Upotreba materijala	Potrošnja energije	Neproizvodni autputi	Ispuštanje zagađivača
Kaizen /CI	+	0	0	+
VSM	0	0	0	0
Jidoka	0	0	0	0
TPM	+++	+++	+++	+++
JIT	++	++	++	++

Objašnjenje: +++: najviši stepen korelacije; ++: drugi po snazi stepen korelacije; +: treći po snazi stepen korelacije - svi su statistički značajni; 0: statistički neznačajna korelacija.

Pojedini autori su, pored VSM i TPM metoda, istraživali i uticaj pojedinačnih Lean alata: ćelijska proizvodnja, 5S i jednogminutna izmjena matrice na ekološke performanse kompanija (Chiarini 2014). Rezultati ovog istraživanja su pokazali da je primjena određenih Lean alata značajno unaprijedila ekološke performanse kompanija koje su bile predmetom istraživanja (Istraživanje je provedeno na uzorku od pet evropskih kompanija koje se bave proizvodnjom dijelova za motocikle. Kompanije su odabrane na osnovu sljedećih kriterija: a) slični proizvodi, proizvodni procesi i veličina; b) sve posluju na području EU, što znači da podliježu istom zakonodavstvu EU o životnoj sredini; c) svaka posjeduje ISO 14001 certifikat od 2008. godine i jednom godišnje objavljuje ekološki bilans i politiku u kojoj kvantifikuju sve ekološke performanse zajedno sa povezanim investicijama; d) svi tipični Lean alati implementirani su od 2008. godine i svaka od kompanija je vrlo posvećena Lean proizvodnji; e) u svakoj kompaniji u primjeni je pet vrsta Lean alata: VSM, 5S, ćelijska proizvodnja, SMED i TPM; f) primjena Lean alata je posmatrana na mašinama istog tipa, koje proizvode iste proizvode i imaju isti uticaj na životnu sredinu). Naime, implementacija *5S alatke*, koja je definisana sa pet preciznih koraka: odvajanje, dovođenje u red, sjaj i čišćenje, standardizacija i održavanje (Jugraj and Inderpreet 2017, 5) rezultirala je boljom identifikacijom i razdvajanjem različitih vrsta industrijskog otpada, redukcijom radioničkog prostora neophodnog za obavljanje proizvodnih aktivnosti, smanjenjem količine podmazanih i rastvorljivih krpa koje predstavljaju vrstu otpada te smanjenjem curenja ulja po podu. *Ćelijska proizvodnja*, koja podrazumijeva grupisanje sličnih dijelova u porodice dijelova i odgovarajuće mašine u mašinske ćelije (Fantahun and Mingyuan 2006, 767), za rezultat je imala smanjenje transporta materijala ka ćeliji, što se odrazilo na značajnu uštedu električne energije neophodne za punjenje baterije električnog kamiona. *SMED* je alatka koja je izumljena u Toyoti i služi za bolju organizaciju aktivnosti u momentu kada je proizvodnja zaustavljena kako bi se izvršila promjena dijelova mašine ili kalupa. Uz značajno povećanje efikasnosti u domenu tehničkih intervencija na mašinama, istraživanje je pokazalo da implementacija *SMED* alatke ne donosi značajne koristi za životnu sredinu. *TPM* se koristi za upravljanje na dva nivoa. Prvi nivo je istovremeno i osnovni i naziva se autonomno održavanje, a podrazumijeva svakodnevno čišćenje i osnovno održavanje mašina od strane radnika koji njima i rukuju. Drugi nivo je inženjerski i podrazumijeva prikupljanje podataka o učestalosti pojave kvarova od strane nadzornika, a sve sa ciljem kreiranja programa preventivnog održavanja. Istraživanje je pokazalo da je primjenom *TPM*-a postignuto značajno smanjenje curenja ulja na pod (posebno u podnožju mašina) te smanjenje emisije prašine i dima isparljivih organskih jedinjenja, izocijanata i amonijaka.

Neki autori su se bavili analizom uticaja Lean proizvodnje na uobičajene indikatore koji se koriste za mjerenje ekoloških performansi Lean kompanija u koje se ubrajaju upotreba materijala, potrošnja energije, neproizvodni autputi i ispuštanje zagađivača u zemljište, vodu ili vazduh. Studije su pokazale da Lean proizvodnja najpozitivnije utiče na smanjenje emisija štetnih gasova, efikasnost u korišćenju energije te smanjenje čvrstog otpada (Deif 2011; Fliedner 2008; Gustashaw and Hall 2008; Hajmohammad et al. 2013; Wiese et al. 2015).

Pored niza pozitivnih efekata, pojedina istraživanja su pokazala da primjena Lean metoda i alata dovodi do pojave tzv. slijepih tačaka. Naime, Lean metode eksplicitno ne identifikuju zagađenje i rizik po životnu sredinu kao „otpad“ koji treba eliminisati. Nadalje, osoblje koje je zaduženo za zaštitu životne sredine u mnogim kompanijama nije dobro integrisano u procese implementacije Lean-a te se stoga događa da se aktivnosti usmjerene na zaštitu životne sredine odvijaju uporedo i odvojeno od Lean procesa. I na kraju, ekspertize i saznanja, koja se nalaze u posjedu agencija za zaštitu životne sredine, a odnose se na problematiku minimiziranja otpada i sprečavanja zagađenja, nisu uvijek dostupna Lean praktičarima, što značajno otežava i usložnjava poslove vezane za implementaciju. Jedan broj autora smatra da Lean, pored pozitivnih, može imati i negativne implikacije na životnu sredinu (Carvalho et al. 2017, Dües et al. 2013, Rothenberg et al. 2001). Razlog leži u činjenici da je stremljenje ka većem nivou produktivnosti i efikasnosti vrlo često u koliziji sa ekološkom održivošću u proizvodnji. Tome u prilog govori činjenica da povećanje

poslovnih aktivnosti podrazumijeva povećanje proizvodnje, transporta, isporuka i zaliha, što rezultira povećanom količinom otpada. S tim u vezi pojedini autori posebno problematičnom smatraju JIT metodu koja, zbog održavanja niskog nivoa zaliha i time uslovljenog češćeg transporta, utiče na povećanje emisije ugljičnog dioksida te time smanjuje ekološke performanse kompanija. Uz to, povećanjem razdaljine i uključivanjem većeg broja proizvodnih linija, proizvodni proces postaje manje ekološki prihvatljiv (Venkat and Wakeland 2006, 3; Zhu and Sarkis 2004, 272).

ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni rezultati nekoliko relevantnih studija čija je zajednička veza bila identifikacija uticaja kojeg Lean proizvodnja ima na životnu sredinu. Fokus je, pri tome, bio usmjeren na pitanja unapređenja ekoloških performansi Lean kompanija, s jedne strane, odnosno identifikacije Lean metoda i alata koje imaju najveći stepen korelacije sa indikatorima koji se koriste za mjerenje uticaja na životnu sredinu, s druge strane. Među najdetajnija istraživanja u ovom području ubrajaju se studije slučaja, koje je američka agencija za zaštitu životne sredine provela u četiri američke kompanije i u kompaniji Boeing, istražujući, između ostalog, efekte implementacija Lean proizvodnje na prevenciju zagađenja životne sredine. Rezultati su pokazali da se odluka o prelasku na Lean pokazala potpuno ispravnom jer je omogućila značajno unapređenje poslovnih performansi i vidljivo smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu. Lean je omogućio i značajno podizanje efikasnosti u korišćenju resursa, što se vrlo pozitivno odrazilo na smanjenje zagađenja i održivost. Nadalje, Lean je omogućio stvaranje snažne organizacione kulture eliminacije otpada i snažne izvore finansijskih podsticaje za očuvanje resursa i poboljšanje prevencije zagađenja. Lean je postao Boeing-ov najsnažniji alat u brzom prilagođavanju i reakciji na promjene u željama i potrebama kupaca, smanjenju troškova te sistematskom i kontinuiranom unapređenju operativnih performansi. Nekolicina autora se bavila analizom uticaj Lean proizvodnje na uobičajene indikatore koji se koriste za mjerenje ekoloških performansi Lean kompanija (u koje se ubrajaju: upotreba materijala, potrošnja energije, neproizvodni autputi i ispuštanje zagađivača u zemljište, vodu ili vazduh). S tim u vezi, došli su do saznanja da je implementacija Lean-a značajno smanjila emisiju štetnih gasova, povećala efikasnost u korišćenju energije te uticala na smanjenje čvrstog otpada. Vrlo interesantni su i rezultati istraživanja do kojih su došli pojedini autori, a koji se odnose na individualnu sposobnost pojedinih Lean metoda i alata da doprinesu značajnom unapređenju ekoloških performansi Lean kompanija. S tim u vezi, važno je istaći da su TPM i JIT metoda pokazale najviši stepen korelacije sa svim indikatorima, dok je *Kaizen/CI* pokazao, po snazi najslabiju, ali ipak statistički značajnu korelaciju sa upotrebom materijala i ispuštanjem zagađivača. Među Lean alatima najviše su se istakle 5S i ćelijska proizvodnja, dok SMED, uprkos značajnom povećanju efikasnosti u domenu tehničkih intervencija na mašinama, nije pokazao rezultate u segmentu zaštite životne sredine. Nisu svi autori saglasni da Lean proizvodnja donosi isključivo pozitivne efekte, kada je u pitanju unapređenje ekoloških performansi kompanija. Naime, jedan broj istraživača smatra da Lean, pored pozitivnih, može imati i negativne implikacije na životnu sredinu. U središtu kritika se ponajprije našla JIT metoda, koju autori smatraju problematičnom zbog činjenice da zbog održavanja niskog nivoa zaliha zahtijeva češće transporte aktivnosti koje uzrokuju povećanje emisije ugljičnog dioksida, odnosno da generalno posmatrano težnja ka većem nivou produktivnosti i efikasnosti neminovno dovodi do povećanja proizvodnje, transporta, isporuka i zaliha, što rezultira povećanom količinom otpada te time i kreiranjem proizvodnog procesa koji se ne može okarakterisati kao ekološki prihvatljiv.

LITERATURA

1. Abreu, Florentina and Alves, Anabela and Moreira, Francisco. 2017. „Lean-Green models for eco-efficient and sustainable production”. *Energy*. 137: 846-853. Accessed February 5, 2022. doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.016
2. Abualfaraa, Wadhah and Salontis, Konstantinos and Al-Ashaab, Ahmed and Ala'raj, Maher. 2020. „Lean-Green Manufacturing Practices and Their Link with Sustainability: A Critical Review”. *Sustainability*. 12(3):981: 2-21. Accessed March 15, 2022. doi:10.3390/su12030981
3. Bae, Jin-Woo and Kim, Yoong-Woo. 2008. „Sustainable Value on Construction Projects and Lean Construction”. *Journal of Green Building*. 3(1): 156–167. Accessed February 5, 2022. doi.org/10.3992/jgb.3.1.156
4. Belekoukias, Ioannis and Garza-Reyes, Jose Arturo and Kumar, Vikas. 2014. “The impact of Lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations”. *International Journal of Production Research*. 52 (18): 5346–5366. Accessed February 7, 2022. doi.org/10.1080/00207543.2014.903348
5. Carvalho, Helena and Duarte, Susana and Cruz-Machado, Virgillio. 2011. “Lean, agile, resilient and green: divergences and synergies”. *International Journal of Lean Six Sigma*. 2 (2):151–179. Accessed February 11, 2022. doi: 10.1108/20401461111135037
6. Carvalho, Helena and Govindan, Kannan and Azevedo, Susana and Cruz-Machado, Virgilio. 2017. “Modelling green and lean supply chains: an eco-efficiency perspective”. *Resources, Conservation and Recycling*. 120: 75-87. Accessed March 1, 2022. doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.025
7. Cherrafi, Anass and Elfezazi, Said and Garza-Reyes, Jose Arturo and Benhida, Khalid and Mokhlis, Ahmed. 2017. „Barriers in Green Lean implementation: a combined systematic literature review and interpretive structural modelling approach”. *Production Planning and Control*. 28(10): 829-842. Accessed February 10, 2022. doi.org/10.1080/09537287.2017.1324184
8. Chiarini, Andrea. 2014. “Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers”. *Journal of Cleaner Production*. 85: 226-233. Accessed February 12, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080
9. Colicchia, Claudia and Creazza, Alessandro and Dallari, Fabrizio. 2017. “Lean and green supply chain management through intermodal transport: insights from the fast moving consumer goods industry”. *Production Planning and Control*. 28 (4): 321-334. Accessed April 5, 2022. doi.org/10.1080/09537287.2017.1282642
10. Deif, Ahmed M. 2011. „A system model for green manufacturing”. *Journal of Cleaner Production*. 19 (14): 1553-1559. Accessed January 10, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.05.022
11. Dües, Christina Maria and Tan, Kim Hua and Lim, Ming. 2013. “Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain”. *Journal of Cleaner Production*. 40: 93-100. Accessed January 13, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.023
12. Emiliani, Bob. 2004. „Improving business school courses by applying lean principles and practices”. *Quality Assurance in Education*. 12(4): 175-187. Accessed March 29, 2022. doi.org/10.1108/09684880410561596
13. Fantahun Defersha and Mingyuan Chen. 2006. “A comprehensive mathematical model for the design of cellular manufacturing systems”. *International Journal of Production*

- Economics*. 103: 767-783. Accessed January 15, 2022. doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.10.008
14. Fliedner, Gene. 2008. "Sustainability: a new lean principle". *Proceedings of the 39th annual meeting of the decision sciences institute*. 3321-3326. Accessed January 15, 2022. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.490.3852&rep=rep1&type=pdf>
 15. Garza-Reyes, Jose Arturo. 2015. "Green lean and the need for Six Sigma". *International Journal of Lean Six Sigma*. 6(3): 226–248. Accessed January 21, 2022. doi.org/10.1108/IJLSS-04-2014-0010
 16. Garza-Reyes, Jose Arturo and Kumar Vikas and Chaikittisilp, Sariya and Tan, Kim Hua. 2018. "The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations". *International Journal of Production Economics*. 200: 170–180. Accessed February 9, 2022. doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030
 17. Gustashaw, Dave and Hall, Robert. 2008. "From Lean to Green". *RW Hall - Target*. (5): 6-14. Dostupno na: https://www.ame.org/sites/default/files/documents/08-24-5-Lean_Green_Interface.pdf
 18. Hajmohammad, Sara and Vachon, Stephan and Klassen, Robert and Gavronski, Iuri. 2013. „Reprint of Lean management and supply management: their role in green practices and performance". *Journal of Cleaner Production*. 56: 86-93. Accessed February 23, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.038
 19. Jugraj, Singh Randhawa and Inderpreet Singh Ahuja. (2017)." 5s - a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions". *International Journal of Quality & Reliability Management*. 34(3): 1-45. Accessed February 20, 2022. doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045
 20. Kootanaee, Akbar Javadian and Babu, K. Nagendra and Talari, Hamidreza Fooladi. 2013. "Just-in-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement". *International Journal of Economics, Business and Finance*. 1(2): 7-25. Accessed April 23, 2022. doi:10.2139/ssrn.2253243
 21. Krafcik, John. 1988. „Triumph of the Lean Production System". *Sloan Management Review*. 30(1): 41-52. Accessed April 24, 2022. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5373958/mod_resource/content/4/krafcik_TEXTO_INTEGRAL.pdf
 22. Kurdve, Martin and Zackrisson, Mats and Wiktorsson, Magnus and Harlin, Urlika. 2014. „Lean and green integration into production system modelse-experiences from Swedish industry". *Journal of Cleaner Production*. 85: 180-190. Accessed March 21, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.013
 23. Mittal, Varinder Kumar and Sindhwani, Rahul and Kapur, Pramod Kumar. 2016. "Two-way assessment of barriers to Lean-Green Manufacturing System: insights from India". *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 7(4): 400-407. Accessed March 21, 2022. doi: 10.1007/s13198-016-0461-z
 24. Ng, Ruisheng and Low, Jonathan Sze Choong and Song, Bin. 2015. „Integrating and implementing Lean and Green practices based on proposition of Carbon-Value Efficiency metric". *Journal of Cleaner Production*. 95: 242-255. Accessed March 25, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.043
 25. Pampanelli, Andrea Brasco and Found, Pauline and Bernardes, Andrea Moura. 2014. „A Lean & Green model for a production cell". *Journal of Cleaner Production*. 85: 19-30. Accessed January 21, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.06.014

26. Pavnaskar, Sandeep and Gershenson, John and Jambekar, Anil. 2003. “Classification scheme for Lean manufacturing tools”. *International Journal of Production Research*. 41(13): 3075–3090.
Accessed March 21, 2022. doi.org/10.1080/0020754021000049817
27. Rothenberg, Sandra and Pil, Frits and Maxwell, James. 2001. “Lean, green, and the quest for superior environmental performance”. *Production and Operations Management*. 10(3): 228-243.
Accessed April 8, 2022. doi.org/10.1111/j.1937-5956.2001.tb00372.x
28. Shah, Rachna and Ward, Peter. 2007. “Defining and developing measures of Lean production”. *Journal of Operations Management*. 25(4): 785–805.
Accessed February 3, 2022. doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019
29. Suárez-Barraza, Manuel and Dahlgaard-Park, Su Mi and Rodríguez-González Francisco and Durán-Arechiga, Carolina. 2016. "In search of “Muda” through the TKJ Diagram". *International Journal of Quality and Service Sciences*. 8(3): 2-23. Accessed April 20, 2022. doi.org/10.1108/IJQSS-04-2016-0028
30. Szmelter, Agnieszka. 2012. “Jidoka as an example of Kaizen techniques of minimizing the logistics costs of mass production companies”. *Transport Economics and Logistics*. 46: 149-158. Accessed March 21, 2022.
http://ekonom.ug.edu.pl/web/znetl/index.html?lang=pl&ao=numery_archiwalne
31. Thanki, Shashank and Govindan, Kannan and Thakkar, Jitesh. 2016. “An investigation on lean-green implementation practices in Indian SMEs using analytical hierarchy process (AHP) approach”. *Journal of Cleaner Production*. 135: 284-298. Accessed February 26, 2022. doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.105
32. United States Environmental Protection Agency. 2000. „Pursuing Perfection: Case Studies Examining Lean Manufacturing Strategies, Pollution Prevention, and Environmental Regulatory Management Implications“. *Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd.*
Dostupno na:
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-11/documents/perfection.pdf>
33. United States Environmental Protection Agency. 2003. „Lean Manufacturing and the Environment: Research on Advanced Manufacturing Systems and the Environment and Recommendations for Leveraging Better Environmental Performance“. *Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd.*
Dostupno na:
https://www.epa.gov/sites/default/files/201611/documents/lean_environment_report.pdf
34. United states Environmental Protection Agency. 2007. “The Lean and Environment Toolkit”. Washington D.C.: Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd. in association with Industrial Economics, Inc. Dostupno na:
<https://www.epa.gov/sites/default/files/2013-10/documents/leanenvirotoolkit.pdf>
35. Venkat, Kumar and Wakeland, Wayne. 2006. “Is Lean necessarily Green?” Portland State University: Systems Science Faculty Publications and Presentations. Accessed January 12, 2022. Dostupno na:
https://pdxscholar.library.pdx.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1062&context=sysc_fac
36. Verrier, Brunilde and Rose, Bertrand and Caillaud, Emmanuel. 2016. „Lean and green strategy: the lean and green house and maturity deployment model“. *Journal of Cleaner Production*. 116: 150-156.
Accessed January 11, 2022. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.12.022

37. Vinodh, Sekar and Arvind, Kumar and Somanaathan, Muthusamy. 2011. "Tools and techniques for enabling sustainability through Lean initiatives". *Clean Technologies and Environmental Policy*. 13: 469–479.
Accessed March 9, 2022. doi 10.1007/s10098-010-0329-x
38. Wakjira, Melesse Workneh and Singh, Ajit Pal. 2012. „Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry“. *Global Journal of researches in engineering Industrial engineering*. 12(1): 24-32. Accessed, April 20, 2022.
https://globaljournals.org/GJRE_Volume12/4-Total-Productive-Maintenance-A-Case-Study.pdf
39. Wiese, Annelize and Luke, Rose and Heyns, Gert Jacobus and Pisa, Noleen M. 2015. „The integration of lean, green and best practice business principles“. *Journal of Transport and Supply Chain Management*. 9(1): 1-10.
Accessed March 29, 2022. doi: 10.4102/jtscm.v9i1.192
40. Zhan, Yuanzhu and Tan, Kim Hua and Ji, Goujun and Tseng, Ming-Lang. 2018. „Sustainable Chinese manufacturing competitiveness in the 21st century: green and lean practices, pressure and performance“. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 31(6): 523-536.
Accessed March 29, 2022. doi.org/10.1080/0951192X.2016.1268721
41. Zhu, Qinghua and Sarkis, Joseph. 2004. "Relationships between operational practices and performance among early adopters of green supply chain management practices in Chinese manufacturing enterprises". *Journal of Operations Management*. 22(3): 265-289. Accessed April 5, 2022. doi.org/10.1016/j.jom.2004.01.005