



## INTEGRACIJA LEAN PRINCIPA I ODRŽIVE PROIZVODNJE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

### INTEGRATION OF LEAN PRINCIPLES AND SUSTAINABLE PRODUCTION IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Valentina Đuraš, *Fakultet tehničkih nauka*, Novi Sad

#### Oblast – MAŠINSTVO

**Kratak sadržaj** – Cilj savremenih kompanija jeste da se proces proizvodnje vrši sa što manjim gubicima i minimiziranjem bespotrebnog trošenja resursa. S obzirom da Lean koncept teži ka smanjenju otpada, upotreba prirodnih resursa, a održiva proizvodnja, odnosno tzv. Zelene fabrike koriste reciklirane materijale, radi se na redizajnu procesa, zamjeni, rastavljanju, ponovnoj proizvodnji, itd. Lean proizvodnja i održiva proizvodnja su veoma kompatibilne.

**Ključne reči:** Lean koncept, Poka Yoke, Jidoka, Održiva proizvodnja

**Abstract** - The goal of modern companies is to create production process with low rate of losses and to minimize the unnecessary consumption of resources. Given that the Lean concept tends to reduce waste, the use of natural resources, as little consumption of existing resources as possible, and sustainable production, i.e. the so-called Green factories use recycled materials. Work on process redesign, replacement, disassembly, reproduction, etc. Lean production and sustainable production are very compatible.

**Keywords:** Lean concept, Poka Yoke, Jidoka, Sustainable production

#### 1. UVOD

U ovom radu će biti opisan istorijski razvoj, osnovni principi, alati, metode i način funkcionisanja Lean metodologije, sa fokusom na Jidoka metodu, njen istorijski razvoj i praktičnu primjenu u automobilske industriji, problemi koji se mogu javiti i moguća rješenja istih. Zatim, biće objašnjeno kako Jidoka i Poka Yoke utiču na proizvodnju, šta je to što ih čini neizostavnim dijelom savremene proizvodnje.

U petom poglavlju je definisana održiva proizvodnja, njen istorijski razvoj, kao i veza između Lean metodologije i održive proizvodnje. Pored toga, objašnjen je i njihov zajednički uticaj u automobilske industriji kroz nekoliko primjera.

#### NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milenko Sekulić, red. prof.

#### 2. LEAN METODOLOGIJA

Implementacijom Lean-a skraćuje se vrijeme od narudžbe pa sve do isporuke finalnog proizvoda, i pri tome smanjujući gubitke koji se mogu javiti u toku procesa proizvodnje. Lean proizvodnja predstavlja manje rada i napora, manje investicija, manje vremena, alata i zaliha, kao i manje proizvodnog prostora. Lean metodologija je superiornija u odnosu na ostale metodologije, ne zbog alata i tehnologije koje koristi, nego zbog visokog stepena organizacije koji je uspostavljen u okviru metodologije. Proistekla je iz automobilske industrije, međutim, to ne znači da daje dobre rezultate samo u automobilske industriji.

Većina savremenih kompanija teži ka uvođenju Lean koncepta, u tom smislu kombinuju različite alate Lean-a kako bi im omogućili što bržu realizaciju datih aktivnosti, kao i postizanje zadatih ciljeva.

Neki od osnovnih principa Lean proizvodnje su: prepoznavanje gubitaka, standardizacija procesa, napredni tok, sistem vučenja, kvalitet na izvoru, i konstantno unapređenje. Pravilnom implementacijom ovih principa u procese proizvodnje i njihovom svakodnevnom primjenom, preduzeće može smanjiti zalihe, povećati kvalitet proizvoda i efikasnost radnika, skratiti ciklusno vrijeme proizvodnje, smanjiti broj otkaza mašina, kao i povećati iskorišćenost mašina i prostora.

Alati i metode koje se koriste u okviru Lean proizvodnje su: Kaizen, 5S, Poka Yoke, Jidoka, Just in time, Value stream mapping. Neki od najčešćih gubitaka ove metodologije su: prekomjerna proizvodnja, škart, nepotrebni pokreti, nepotrebne zalihe, prekomjerna obrada, čekanje, neiskorišćenost potencijala zaposlenih. Svi prethodno navedeni gubici samo potvrđuju potrebu za dobro definisanim strategijama i planovima, a koji imaju za cilj bolju efikasnost i kvalitet procesa proizvodnje, a time i gotovih proizvoda.

#### 3. JIDOKA

Ova metoda signalizira grešku koja se javila u procesu. Pritiskom na dugme, radnik zaustavlja proizvodnu liniju ili samo dio linije na koji greška utiče. Tada se pali crvena signalna lampica koja daje signal radnicima da je mašina stala i da postoji problem. Radnik zatim treba da otkloni grešku. Nakon uspješnog otklanjanja greške, radnik mašinu ponovo pokreće, i u slučaju da se proizvodnja odvija

bez ikakvih grešaka i problema, tada svijetli zelena signalna lampica, također, može se upaliti i žuta signalna lampica, koja daje signal da je radniku potrebna pomoć, odnosno radnik treba da detektuje i otkloni grešku, ukoliko je to u njegovoj mogućnosti. Jidoka je jedan od dva stuba Tojotino proizvodnog sistema, zajedno sa alatom „Just in time“. Samim tim što se mašina odmah zaustavlja čim se pojavi greška u procesu, znači da se problemi svode na minimum i da upotrebom ove metode dolazi do poboljšanja samog procesa.

Jidoka se često naziva i „autonomation“, što ustvari predstavlja – automatizacija sa ljudskom inteligencijom. Zbog čega je tako? Naziv je takav iz razloga što je omogućeno automatsko razdvajanje dobrih od loših komada, bez upravljanja mašinom od strane radnika. U tom slučaju, radnik ne mora konstantno da prati rad mašine, što dovodi do povećanja produktivnosti, jer radnik može da prati rad više mašina odjednom. Jidoka u Lean metodologiji je tehnički termin koji je kreirala Tojota, a koji se izgovara tačno onako kako glasi japanska riječ za automatizaciju. Vjerovatno jedan od glavnih razloga zaustavljanja procesa proizvodnje jeste dobijanje komada lošeg i nezadovoljavajućeg kvaliteta.

U nastavku će biti navedeno nekoliko stvari koje mogu izazvati loš kvalitet komada: iako se dio može sačuvati ili popraviti, to će prouzrokovati mnogo više rada i mnogo više napora da se dio popravi i vrati u funkcionalno stanje; produženje vremena između pojave defekta i pronalaska rješenja može dovesti do pojave i drugih defekata s obzirom da problem nije na vrijeme riješen; pojava tzv. „jednokratnih“ defekata, gdje produženjem vremena između pojave defekta i pronalaska rješenja može doći do toga da problem više nije aktivan kada ga se želi otkloniti. U nastavku će biti prikazani i definisani primjeri primjene Jidoke u automobilskoj industriji.

Prvi slučaj jeste kada mašina radi bez ikakvih problema, odnosno bez zastoja. Ovo je, naravno, najpoželjniji i jedino prihvatljiv slučaj tokom procesa proizvodnje. Na slici 3.1 a) se nalazi primjer iz prakse kada mašina radi bez zastoja.

Drugi slučaj prikazuje mašinu koja signalizuje da je prilikom procesa proizvodnje došlo do određenih problema. U tom slučaju radnik treba da ispita i otkloni uzrok nastalog problema što je prije moguće. Žuta lampica ne mora samo obavještavati o nastalom problemu koji je vezan za mašinu. Ona može, recimo, signalizovati i to da je pokretna traka na kojoj se nalaze komponente, poluproizvodi ili gotovi proizvodi puna i da ne postoji mogućnost za postavljanje novih komada. Takođe, može obavještavati o tome da nema više materijala u mašini i da proizvodnja stoji zbog toga. Na slici 3.2 b) je prikazan primjer iz prakse kada je mašina signalizovala problem tokom proizvodnje.

Treći slučaj je najnepoželjniji slučaj koji se može javiti tokom proizvodnje. Predstavlja mašinu koja je zaustavljena. To znači da je proces proizvodnje zaustavljen. Problem može biti kolizija robota, što je jedan od najvećih problema koji se mogu javiti, također može doći do toga da je alat pogrešno pozicionirao dio, da je došlo do programske greške, i sl. Na slici 3.3. c) je prikazan

primjer iz prakse kada je mašina zaustavljena zbog jednog od prethodno navedenih problema.



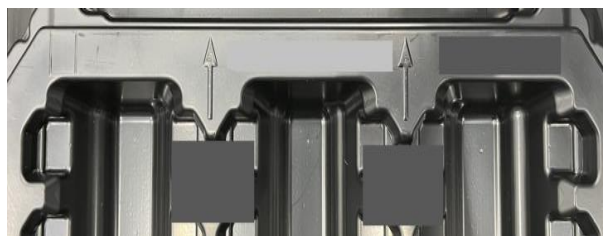
Slika 3. Signalne lampice koje obavještavaju da:  
 a) mašina radi bez zastoja,  
 b) mašina ima problem,  
 c) mašina je zaustavljena

#### 4. POKA YOKE ALAT

Jedan od osnovnih elemenata Jidoke jeste Poka Yoke. Ovaj alat je formiran da bi se minimizirale greške koje su rezultat ljudske nepažnje, odnosno negativna uticaj na finalni proizvod, zastoje u proizvodnji, a time i troškovi. Pojedine greške, kao što su pogrešno orjentisane komponente, zamjena alata ili pogrešno shvatanje zadataka, mogu jedino prouzrokovati radnici u proizvodnji.

Iz tog razloga postoji Poka Yoke u proizvodnji. Poka Yoke predstavlja preventivni alat koji se može odnositi na dizajn proizvoda, dizajn procesa i provjeru prije date operacije. Dizajn proizvoda se odnosi na sve promjene koje su vezane za proizvod. Dizajn procesa se odnosi na održavanje i nove varijante proizvoda, dok se provjera prije datih operacija odnosi na provjeru osnovnih funkcija. U nastavku će biti prikazani različiti primjeri Poka Yoke alata u zavisnosti od potreba proizvodnje za istim. U prvom slučaju je prikazana paleta za unos komponenti.

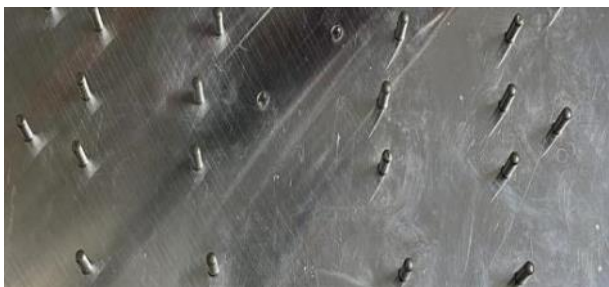
Kako bi se spriječilo pogrešno postavljanje palete u mašinu, na paleti se nalaze dvije strelice koje pokazuju pravilan smjer postavljanja iste, slika 4.1.



Slika 4.1 Smjer postavljanja i kretanja palete

Drugi slučaj je sličan prvom. Na slici 4.2. također je prikazana paleta za unos materijala. Pinovi su postavljeni tako da se materijal postavi pravilno. Međutim, u ovom slučaju je došlo do propusta u dizajnu i funkcionalnosti, jer su se mogli dodati pinovi koji bi tačnije definisali pozicije komponenti. Dodatni pinovi bi fiksirali

komponentu sa svih strana i ne bi postojala mogućnost greške.



Slika 4.2 Pozicija pinova na paleti

Jedan od osnovnih elemenata Poka Yoke alata jesu kamere. Koriste se kako bi dale tačne informacije o pozicijama komponenata u odnosu na alata, nosač komponente ili u odnosu na druge komponente na sklopu. Ove kamere omogućavaju detekciju određenih nepravilnosti ili defekata na dijelovima, slika 4.3. Olakšava pri razdvajanju škartnih komada od dobrih.



Slika 4.3 Kamera



Slika 4.4 Skener

Pored kamera, skeneri su takođe vrlo bitni elementi Poka Yoke alata. Mogu se naći kako na ulazu u mašinu, tako i u daljem procesu, slika 4.4. Skeniraju ulazni materijal i

detektuje njegovo prisustvo. Pored toga, mogu upozoriti radnika da je neki od dijelova pogrešno pozicioniran.

## 5. ODRŽIVA PROIZVODNJA

Svrha održive proizvodnje ili zelene proizvodnje jeste smanjiti negativan uticaj na životnu sredinu, minimizirati otpad, ispuniti zahtjeve kupaca u pogledu ekoloških performansi i smanjiti troškove energije i materijala za ekološke proizvode. Povećanjem zahtjeva kupaca, investitora i zajednice, industrije se suočavaju sa povećanjem materijala i energije širom svijeta. Ovo samo pokazuje kako održiva proizvodnja funkcioniše kao poslovni imperativ. Ideja Lean koncepta i održive proizvodnje jeste integracija s procesom konstantnog poboljšanja proizvodnog toka vrijednosti. Kako bi prevazišli nagle promjene statova kupaca i varijacije troškova, mnogi proizvođači su se okrenuli Lean proizvodnji. Tradicionalno Lean razmišljanje uzima u obzir samo smanjenje otpada (prekomjerna proizvodnja, čekanje, transport, neodgovarajuća obrada, nepotreban inventar, nepotrebno kretanje).

Zbog svega navedenog, teži se ka implementaciji ekološkog alata za smanjenje zagađenja životne sredine. U posljednjoj deceniji, mnogi istraživači su se bavili ovom temom, tako da ona za javnost više nije nepoznanica. Lean koncept i održiva proizvodnja identifikuju i mjerne aspekte i uticaje na okolinu, kao i ulaze i izlaze mase i energije, uz poštovanje stvarnog toka vrijednosti zasnovanog na proizvodnim tokovima vrijednosti. Sve mogućnosti poboljšanja koje Lean koncept i održiva proizvodnja identifikuje koristeći Kaizen pristup direktno su integrisane u kontinuirano poboljšanje već postojeće strukture. Kada se govori o uticaju automobila na okruženje, pod tim se misli na uticaj goriva i ugljen-dioksida na vazduh i atmosferu, što za posljedice ima uticaj i na ostale dijelove prirode kao što su voda i biljni svijet.

Prevelika proizvodnja ugljen-dioksida stvara efekat staklene bašte i uzrokuje brže zagrijavanje Zemlje, a samim tim i klimatske promjene. Goriva za opremu mogu trošiti mnogo energije i stvaraju povremene ekološke katastrofe poput izlivanja nafte. Nekonvencionalni izvori goriva postaju ekonomski održiviji. Prelaskom na električne automobile se može eliminisati problem emisije ugljen-dioksida u atmosferu i usporiti proces globalnog zagrijavanja. Na tom polju, kompanija Tesla se ističe u odnosu na ostale kompanije, jer proizvode isključivo električne automobile, zbog čega imaju najveću tržišnu vrijednost u automobilskoj industriji. Unutrašnjost automobila se takođe ne smije zanemariti, s obzirom da ljudi sve više vremena provode u istim, tako da se mora transformisati u sve atraktivniji životni prostor.

S obzirom da se plastika često koristi, prednost novih plastika jeste što su ojačane prirodnim vlaknima, čime je smanjena mogućnost za cijepanjem materijala, takođe, u slučaju pucanja nema oštrih rubova koji predstavljaju opasnost za čovjeka. Od prirodnih vlakana koja se koriste, ističu se tropska vlakna sljeza i drvena vlakna. Ova biljna vlakna koja se koriste su odlična zamjena za staklena vlakna, a takođe su vrlo bitna i kada je u pitanju kvalitet površina.

Prema nekim istraživanjima, upotreba prirodnih vlakana može rezultirati uštedom od 10-30% u odnosu na vještačka vlakna. Ove plastike imaju malu težinu i veliku nosivost, koje su idealne za lake konstrukcije i sigurnosne zahtjeve. Automobilaska industrija je odličan primjer malih koraka koji donose promjene i doprinose svijetu koji je ekološki prihvatljiv. Dobavljači rade s proizvođačima na pronalaženju rješenja za održiviju unutrašnjost vozila.

## 6. ZAKLJUČAK

Savremene kompanije sve više teže za uvođenjem Lean koncepta u procese proizvodnje. Implementacijom Lean-a se skraćuje vrijeme od narudžbe pa sve do isporuke finalnog proizvoda, i pri tome smanjujući gubitke koji se mogu javiti u toku procesa proizvodnje, u tom smislu kombinuju različite alate Lean-a kako bi im omogućili što bržu realizaciju datih aktivnosti, kao i postizanje zadatih ciljeva. Kada kompanije pravilno implementiraju dati koncept, dolazi do poboljšanja koja utiču na smanjenje ciklusnog vremena proizvodnje, smanjenje broja otkaza mašina, kao i povećanja iskorišćenosti mašina i prostora. Kako je već spomenuto, ovaj koncept se koristi kako bi se smanjili gubici tokom proizvodnje i svi neželjeni efekti koji se mogu pojaviti.

Samim tim što ovo sve dosta utiče na kvalitet konačnog proizvoda, implementacijom Lean metodologije se pokušava obezbijediti što bolji kvalitet. Uz Lean koncept je nezaobilazna održiva proizvodnja. S obzirom da Lean koncept teži ka smanjenju otpada, upotreba prirodnih resursa, što manja potrošnja postojećih resursa, a održiva proizvodnja, odnosno tzv. Zelene fabrike koriste reciklirane materijale, radi se na redizajnu procesa, zamjeni, rastavljanju, ponovnoj proizvodnji, itd.

Lean proizvodnja i održiva proizvodnja su veoma kompatibilne. Automobilaska industrija je odličan primjer malih koraka koji donose promjene i doprinose svijetu koji je ekološki prihvatljiv. Za automobilasku industriju ključne teme su elektromotori, područje optimizacije, lagane konstrukcije, i smanjenje emisije  $CO_2$ . Ipak, ni unutrašnjost automobila nije zanemarena, jer je unutrašnjost dio automobila koji vozač najčešće viđa i stoga mora biti praktičan, estetski prihvatljiv i da je težina što manja.

## 7. LITERATURA

[1] Bertina, A., (2009). *Implementacija Lean menagementa u poduzeću*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, Hrvatska.

- [2] Boiser, L., (2020). *How to Apply the Jidoka Principle to Boost Your Productivity*, Kanban Zone, Scottsdale, SAD. Dostupno na linku: Boost Productivity with Jidoka Principle - Kanban Zone (Preuzeto 02.08.2023.)
- [3] Lesničar, D., (2020). *Lean metodologija i primjena industrije 4.0*, Sveučilište Sjever, Varaždin, Hrvatska.
- [4] Čabarkapa, J., Sekulović, A., (2019). Lean razmišljanja u proizvodnoj organizaciji – Pregled lean alata za unapređenje procesa. In: *Međunarodni kongres o procesnoj industriji*, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Srbija, 30-31. maj.
- [5] Mandić, J., (2019). *Razvoj modela za unapređenje proizvodnog procesa i smanjenje uticaja gubitaka neuravnoteženosti i preopterećenja – Lean 3M*, Doktorska disertacija, Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad, Srbija.
- [6] Milosavljević, P., (2016). *Lean*, Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija
- [7] Pampanelli, A., Trivedi, N., Found, P., (2016). *The Green Factory – Creating Lean and sustainable manufacturing*, Taylor and Francis Group.
- [8] Rakarić, I., (2020). *Analiza održivosti automobilske industrije*, Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet, Zagreb, Hrvatska.
- [9] Hale, M., (2022). *Plastics Fast-Track Electric Vehicle Innovation*, Community for Plastics Professionals, Santa Monica, California.
- [10] Jurić, S., (2019). *Uvođenje Lean menadžmenta u proizvodne procese*, Istarsko veleučilište – Di scienze applicate, Pula, Hrvatska.

### Kratka biografija:



Valentina Đuraš rođena je u Prnjavoru, 1999. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstvo – Proizvodno mašinstvo odbranila je 2023. godine.

kontakt: [valentina.djuras@gmail.com](mailto:valentina.djuras@gmail.com)