Vitki i pametni proizvod

Hohšteter, Denis

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:003161

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Denis Hohšteter

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor: Student:

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić, dipl. ing. Denis Hohšteter

Zagreb, 2018.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se obitelji, Velikoj Ovci, Maloj Ovci, Svrbežu, Fioni, Malom Zelenom, prijateljima i svima koji su doprinijeli izradi ovog rada te svim profesorima od kojih sam imao zadovoljstvo učiti, a posebno svome mentoru prof. dr. sc. Nedeljku Štefaniću

Denis Hohšteter

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **DENIS HOHŠTETER** Mat. br.: 0178078113

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **VITKI I PAMETNI PROIZVOD**

Naslov rada na engleskom jeziku: **LEAN AND SMART PRODUCT**

Opis zadatka:

Industrija 4.0 je novi koncept koji je prvi puta predstavljen 2011. na sajmu u Hannoveru. Predstavlja povezivanje fizičkog i virtualnog svijeta pri čemu nastaju pametni proizvodi, digitaliziraju se proizvodni i uslužni procesi, optimizira se korištenje energetskih resursa te se otvaraju nova radna mjesta zasnovana na digitalnim znanjima i vještinama. Lean menadžment te njegovi principi i alati se mogu vrlo uspješno kombinirati s digitalnim tehnologijama i primjenjivati u svim vrstama poduzeća i industrija.

U radu je potrebno:

a) Objasniti principe i alate Lean menadžmenta
b) Opisati detaljno osnove Industrije 4.0
c) Sistematizirati i opisati digitalne tehnologije
d) Za proizvoljno odabrani proizvod razviti inovativni Vitki i pametni proizvod
e) Razraditi proizvodni proces za proizvodnju Vitkog i pametnog proizvoda
f) Procijeniti koristi koje poduzeće može ostvariti proizvodnjom i plasmanom Vitkog i pametnog proizvoda na tržištu
g) Razviti informacijski sustav za razvoj i proizvodnju pametnih proizvoda

Zadatak zadan:

30. studenog 2017.

Rok predaje rada:
1. rok: 23. veljače 2018.
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2018.
3. rok: 21. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 26.2. - 2.3. 2018.
2. rok (izvanredni): 2.7. 2018.
3. rok: 24.9. - 28.9. 2018.

Zadatak zadao:

Štefanić N.

Prof. dr. sc. Nedeljko Štefanić

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Branko Bauer

SADRŽAJ

POPIS SLIKA II
POPIS TABLICA III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE IV
SAŽETAK V
SUMMARY VI
1. UVOD 1
2. OSNOVE INDUSTRIJE 4.0 2
2.1 Industrija 4.0 2
2.2 Internet stvari 4
2.3 Model pametne tvornice 6
2.4. „Big data“ 8
2.5. Ostali pojmovi industrije 4.0 9
3.0 ZNAČAJKE INDUSTRIJE 4.0 10
3.1 Kibernetsko-fizički sustav (eng. Cyber-physical system- CPS) 10
3.2 Umreženost 11
3.3 Energetska iskoristivost 11
3.4 Fleksibilnost 12
3.5 Pametni strojevi i roboti 12
3.6 Povećana produktivnost 12
3.7 Horizontalna i vertikalna integracija 13
3.8 Cyber-sigurnost 13
3.9 3D printanje ili aditivne tehnologije 13
3.10 Novi poslovni modeli 14
3.11 Decentralizacija 14
3.3 Brz odziv na promjenu 14
3.13 Novosti koje donosi industrija 4.0 15
4. LEAN MENADŽMENT 16
4.1 Povijest i razvoj Lean menadžmenta 16
4.2 Pojam i principi Lean menadžmenta 18
4.3 Alati Lean menadžmenta 26
4.4. Lean metrika 32
5. VITKI I PAMETNI PROIZVOD 33
5.1. Vitki i pametni stol 34
5.2. Izvedba i konstrukcija Vitkog i pametnog stola 35
5.3 Razvoj i proizvodnja Vitkog i pametnog stola 40
5.4 Procjena koristi koje poduzeće može ostvariti plasmanom na tržište 41
5.5 Stanje konkurencije 43
5.6. Simulirani vremenski tok izrade prototipa te proizvodnja i plasman na tržište 45
5.7 Moguća unaprjeđenja 51
6. ZAKLJUČAK 52
7. LITERATURA 53
PRILOZI 54

POPIS SLIKA

Slika 1. Razvoj industrije [17] 3
Slika 2. IOT Model [17] 5
Slika 3. Pametna tvornica 7
Slika 4. Pametna tvornica [4] 8
Slika 5. Kibernetsko-fizički sustav [4] 11
Slika 6. Usporedba Lean i masovne proizvodnje 1980-ih[8] 17
Slika 7. Osnovni principi Lean filozofije 19
Slika 8. Lanac vrijednosti[6] 21
Slika 9. Vrste aktivnosti[7] 22
Slika 10. Razlika između *push* i *pull* proizvodnje[14] 23
Slika 11. Sedam vrsta gubitaka (jap. muda) u proizvodnji [6] 24
Slika 12. Lean metrika [11] 25
Slika 13. Alati Lean menadžmenta [13] 26
Slika 14. Primjer VSM-a u uslužnim djelatnostima (odobravanje kredita)[8] 27
Slika 15. Kaizen[15] 28
Slika 16. 5S metoda[17] 29
Slika 17. Poka Yoke princip 30
Slika 18. Utjecaj SMED-a na vrijeme izmjene alata [20] 31
Slika 19. Vrijeme čekanja i naručivanja kave 33
Slika 20. Broj gostiju na dan 35
Slika 21. Dimenzije uređaja 37
Slika 22. Dijelovi uređaja 38
Slika 23. Rukovanje uređajem 39
Slika 24. Dva načina korištenja 40
Slika 25. Web stranica Byte Lab-a 41
Slika 26. Broj konobara po smjeni 42
Slika 27. McDonald's 44
Slika 28. Avenue Mall Zagreb 44
Slika 29. Glomazni i skupi proizvod[14] 45
Slika 30. Indiegogo 46
Slika 31. Prihod po mjesecima 49
Slika 32. Vremenski okvir 50

POPIS TABLICA

Tablica 1. Lean metrika [11] 32
Tablica 2. Problemi prisutni kod klasičnog pristupa i poboljšanja koja uvodi Lean Table 43
Tablica 3. Izrada prototipa 47
Tablica 4. Troškovi izrade 47

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

00-001-01 Sklopni crtež Vitkog i pametnog stola

SAŽETAK

Ovaj završni rad opisuje pojmove digitalizacije, Industrije 4.0, Usluge 4.0, Interneta stvari, Interneta usluga, koncept pametnog stola te same trendove u uslužnim djelatnostima. U sklopu zadatka završnog rada bilo je potrebno objasniti i opisati kako se pojmovi i tehnologije koje su ključne u Industriji 4.0 i digitalizaciji mogu implementirati u ugostiteljstvu.

Detaljno su objašnjeni pojmovi i primjene Industrije 4.0 i digitalizacije te su dani primjeri postojećih implementacija. Sama primjena tehnologija i trendova koje nalažu Industrija 4.0 i digitalizacija vrlo je izazovna. Kada se primjene tehnologije i principi rada digitalizacije i Industrije 4.0 sa svim popratnim procesima dobiva se koncept pametnog stola.

Na samom početku rada obrađene su detaljno osnove Industrije 4.0, objasniti principi i alati Lean menadžmenta, sistematizirane i opisane digitalne tehnologije. U srednjem dijelu završnog rada govori se o konceptu pametnog stola i primjerima tehnologija koje se koriste u njemu. Također pojašnjeni su principi na koji način se uvode tehnologije Industrije 4.0 u ugostiteljske ustanove. Cilj svih tehnologija je transformacija ugostiteljskih ustanova, primarno kafića, u održive i efikasnije sustave s ciljem pružanja maksimalne usluge korisniku.

Treći dio rada bavi se primjenom razrađenih teorijskih znanja na ugostiteljski objekt. Snimanjem procesa rada pametnog stola i uočenim problemima s kojima su suočeni, doneseni su zaključci i dani prijedlozi o poboljšanju procesa i tijeka rada, te analiza novog predloženog procesa. Također je dan uvid u pokrivanje troškova izrade i predviđani prihod u bliskoj budućnosti.

Zaključak završnog rada je da Industrija 4.0 s popratnim alatima i digitalizacija imaju veliku ulogu u preobrazbi ugostiteljskih sustava. Potreba za implementacijom elemenata pametnog stola s ciljem prilagođavanja hrvatskog uslužnog sustava potrebama klijenata sveprisutno je stanje bilo koje ugostiteljskog objekta.

Ključne riječi:

Industrija 4.0, Lean menadžment, digitalizacija, pametni stol, Internet stvari, Internet usluga, Ugostiteljstvo 4.0

SUMMARY

This final paper describes digitization, Industry 4.0, Services 4.0, Internet of Things, Internet of Services, Smart Desk Concept, and Trends in Service Activities. As part of the final paper task, it was necessary to explain and describe how the concepts and technologies that are key in Industry 4.0 and digitization can be implemented in the service industry.

The concepts and application of Industry 4.0 and digitization are explained in detail, and examples of existing implementations are given. The very application of technology and trends that Industry 4.0 requires and digitization is very challenging. When applying the technology and principles of digitization and Industry 4.0 with all the accompanying processes comes the concept of a smart desk.

At the very beginning of the final paper was a detailed background of Industry 4.0, explained. The Lean management principles, tools and systems are systematized and described. In the middle section of the final paper, we talk about the concept of a smart desk and the examples of technologies used in it. The principles for introducing Industry 4.0 technology to service facilities are also explained. The goal of all technologies is to transform catering establishments, primarily coffee shops, into more sustainable and efficient systems to provide maximum customer service.

The third part of the paper deals with elaborated theoretical knowledge of the catering facility. By capturing the smart table process and the problems encountered with it, conclusions and suggestions for improvement of the process and workflow were presented, as well as analysis of the new proposed process. There was also an insight into covering the cost of making and predicting revenue in the near future.

The conclusion of the final paper is that Industry 4.0 with accompanying tools and digitization have a major role in the transformation of service systems. The need for the implementation of smart table elements with the aim of adapting the Croatian service system to the needs of clients is the ubiquity of any service facility.

Keywords:

Industry 4.0,digitization, smart table, lean table, Internet of Things, Internet of services, Catering 4.0

1. UVOD

U današnje vrijeme tehnologija se sve brže razvija te moramo biti u korak s njom. U želji za poboljšanjem kvalitete života ljudi su osmislili mnoge inovacije, koje ponekad zažive, a ponekad i nisu toliko prihvaćene. Promatranjem okoline možemo uočiti razne prednosti i nedostatke svega. Treba težiti da proizvod bude što jednostavniji za korištenje, a opet funkcionalan i kvalitetan, kako bi zaista ispunio svoju svrhu. To ne mora biti samo proizvod, već i tok informacija ili usluge. Sve se može povezati internetom ili putem pametnog uređaja - mobitela, tableta, sata, laptopa i sl. pa su nam ti proizvodi i usluge uvijek i svugdje lako dostupni. Zbog toga dobiju prefiks "pametni", a doslovce sve što danas vidimo možemo na neki način još poboljšati i unaprijediti.

U ovom radu opisat će se detaljno osnove Industrije 4.0 , objasniti principi i alati Lean menadžmenta, sistematizirati i opisati digitalne tehnologije. U drugom djelu rada će se opisati inovativni Vitki i pametni stol. Razradit će se proizvodni proces za proizvodnju Vitkog i pametnog stola. Procijenit će se koristi koje poduzeće može ostvariti proizvodnjom i plasmanom Vitkog i pametnog proizvoda na tržište i daljnje mogućnosti unaprjeđenja i nadogradnje istog. Naposljetku dan je uvid u troškove proizvodnje te predviđena zarada od Vitkog i pametnog proizvoda u bliskoj budućnosti.

2. OSNOVE INDUSTRIJE 4.0

2.1 Industrija 4.0

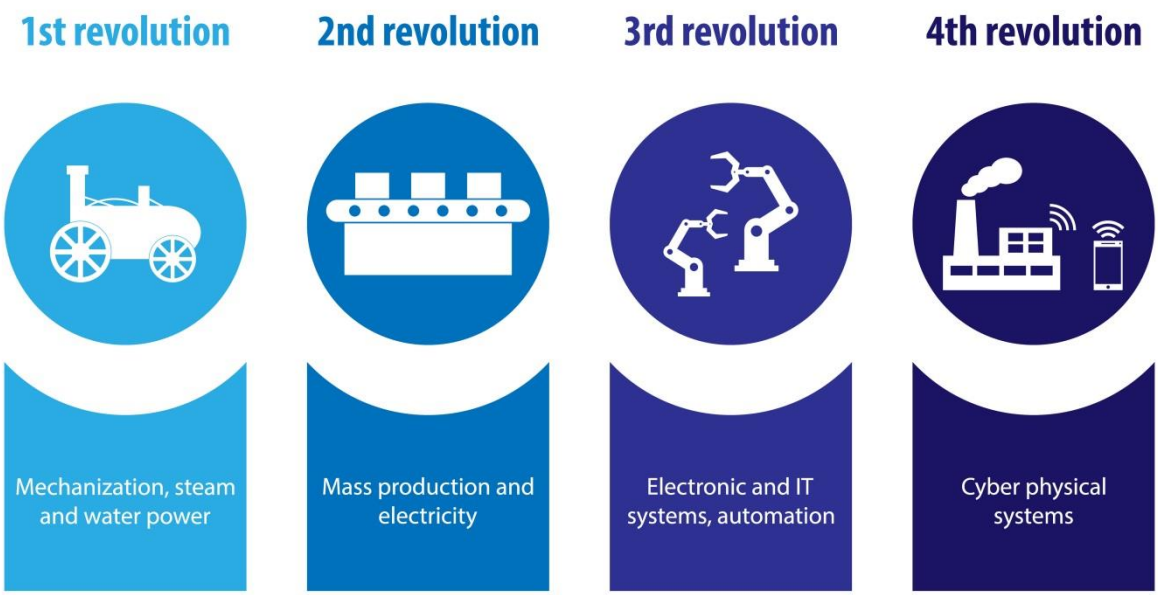
Naziv Industrija 4.0 predstavlja sinonim za četvrtu industrijsku revoluciju koja se temelji na kibernetsko-fizičkom proizvodnom sustavu tj. na modelu pametne tvornice. Termin Industrije 4.0 predstavljen je 2011. kao dio nove njemačke industrijske strategije na sajmu u Njemačkoj pod nazivom *Hannover Messe* .

Ideja Industrije 4.0 je zamisao da svi objekti u tvornici (strojevi, roboti, uređaji, proizvodi) i ljudi međusobno komuniciraju, uglavnom bežičnim putem. Cilj nove industrijske revolucije je visoko-fleksibilna, individualizirana, masovna proizvodnja s malo škarta. Kupac dobiva proizvod skrojen po njegovoj mjeri za relativno nisku cijenu. Za proizvodni je proces bitno da je fleksibilan jer mora biti u stanju proizvesti što više različitih tipova proizvoda te biti u stanju napraviti promjenu na proizvodu u zadnjem trenutku uslijed promjene potražnje tržišta. Od inženjera se očekuje sudjelovanje u cijelom životnom vijeku proizvoda. Pametni proizvodi koji su rezultat Industrije 4.0 će biti u stanju slati veliki set podataka svom proizvođaču te pomoću tih podataka sugerirati koja su mu poboljšanja potrebna u budućnosti. Od 1. industrijske revolucije je proizvodnja postala jako kompleksan proces.

U ranim počecima industrije radna je snaga obavljala vrlo jednostavne poslove i bila je smatrana samo brojem. Kvalitetna organizacija rada je tad bila smatrana najbitnijom stavkom uspješnog poduzeća. Tu su korijeni ideje znanstvenog menadžmenta. Kako vrijeme odmiče, raste i svijest da je kvaliteta radnika vrlo bitna za uspjeh poduzeća. Industrija 4.0 pomiče granicu dalje i u središte procesa proizvodnje stavlja međusobnu suradnju radnika i svih objekata koji ih okružuju. Tako je za uspješno implementiranje Industrije 4.0 u poduzeće bitno imati kvalitetnu organizaciju rada, kvalitetno osoblje i pametne strojeve koji su u stanju inteligentno reagirati na podražaje. Industrija 4.0 predstavlja svojevrsnu promjenu razmišljanja kako se dolazi do gotovog proizvoda.

Materijal koji se nalazi u procesu proizvodnje sada putuje od stroja do stroja kazujući svakom stroju način na koji želi biti obrađen. Svaki dio ima jedinstveni čip u sebi na kojem se nalaze informacije za obradu. Taj čip i nakon proizvodnje i prodaje skuplja informacije o proizvodu koje su vidljive na Internetu stvari (eng. *Internet of things*-Iot). Inteligentni strojevi smanjuju bespotrebno prenaprezanje radnika i omogućuju im koncentraciju na kreativniji dio

posla što će dovesti do povećanja dodane vrijednosti proizvodima. Inteligencija koju strojevi posjeduju znači da strojevi sami donose odluke do jedne razine, ali su cijelo vrijeme pod nadzorom operatera koji reagiraju na moguće greške, kako bi Industrija 4.0 postala stvarnost u budućnosti. Sveopća digitalizacija stanovništva i procesa je ključ za uspjeh Industrije 4.0. Ona će, ako gledamo proizvodnju: smanjiti njene troškove, smanjiti pojavu škarta te orijentirati proizvodnju ka kupcu. Civilizacija je dosad iza sebe ostavila tri industrijske revolucije koje se mogu opisati i kao skokovi napretka u industrijskim procesima koji rezultiraju značajnim povećanjem produktivnosti procesa. Slika 1. prikazuje razvoj industrije.



Slika 1. Razvoj industrije [17]

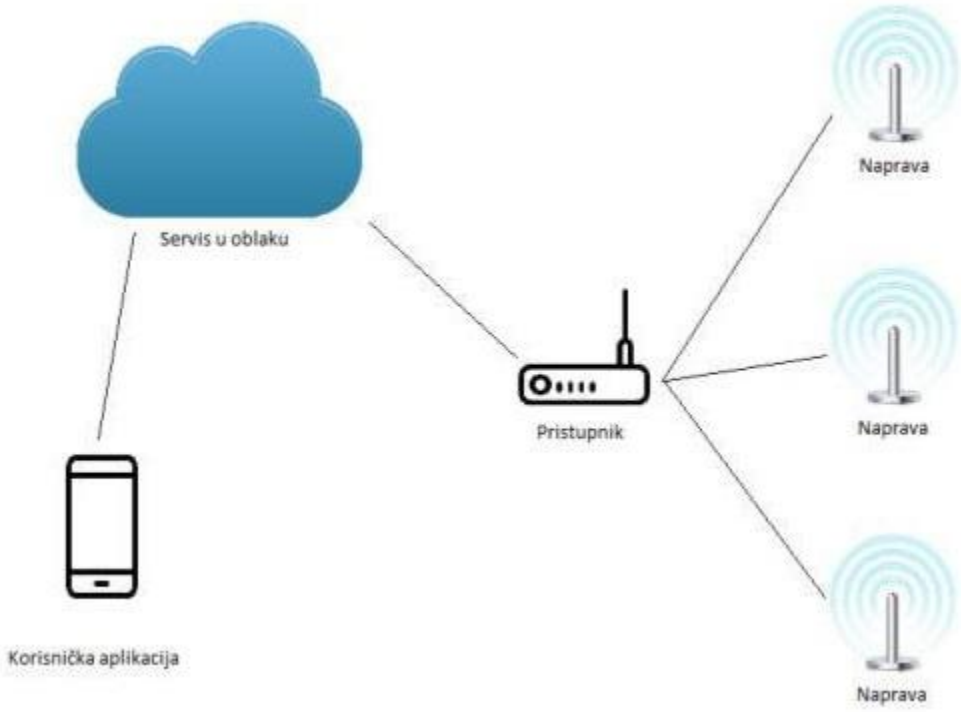
Kao što je vidljivo sa slike, prvu industrijsku revoluciju karakterizira pojava mehanizacije, odnosno uvođenje strojeva u proizvodnju. Druga industrijska revolucija nastupila je pojavom podjele rada, pokretnih traka. To je bilo vrijeme masovne proizvodnje, a glavni principi su se temeljili na taylorizmu i centraliziranom upravljanju. S vremenom se proizvodnja odmicala od masovne prema pojedinačnoj, pojavom mikroprocesora dolazi do automatizacije proizvodnih procesa. Pojam vitke proizvodnje javlja se već 70-tih godina. Danas smo svjedoci 4. industrijske revolucije koju karakterizira samostalno upravljanje, koncept pametne tvornice te kibernetsko-

fizički informacijski sustav. Novosti koje uvodi industrija 4.0 je integracija interneta stvari i interneta usluga u proizvodni okoliš.

2.2 Internet stvari

2000. godine na svijetu je živjelo 6 milijardi ljudi te je bilo 500 milijuna uređaja spojenih na internet. Tijekom 2008. godine kada je bila i organizirana konferencija u Francuskoj, *Internet of things – internet of the future* broj uređaja spojenih na internet je prvi put bio veći od broja ljudi na zemlji. 2011. ljudska populacija je dostigla broj od 7 milijardi, dok je broj uređaja spojenih na internet 13 milijardi. 2015. godine broj uređaja koji koriste internet je tri puta veći od broja ljudi na zemlji. Pojam *Internet of Things* (IoT) utemeljio je Kevin Ashton 1999. godine [5]. Britanski znanstvenik tada je u svom radu uočio ograničenje interneta u kojem većinu podataka stvara čovjek. *Internet of Things* sugerira da bi i uređaji mogli vršiti međusobnu komunikaciju pomoću vlastitih osjetila. U velikom broju današnjih uređaja su već ugrađeni senzori koji imaju mogućnost javljanja velikog broja informacija te slanja tih informacija putem interneta. U svojoj osnovi pojam IoT odnosi se na povezivanje svakodnevnih objekata/stvari na internet i/ili sa drugim uređajima s ciljem pružanja jednostavnijeg, preciznijeg i pametnijeg iskustva u korištenju ovih svakodnevnih uređaja.

Konačna svrha IoT-a je olakšavanje svakodnevnih rutinskih i naprednijih radnji tijekom dana, na poslu ili kod kuće. Sustav IoT sastoji se od pametnih naprava kojima korisnik upravlja putem interneta. Tako, korisnik treba posjedovati neku vrstu aplikacije, npr. aplikaciju za pametni mobitel. Aplikacija ne mora komunicirati izravno s napravama, nego sa servisom koji upravlja napravama, te skladišti i obrađuje podatke s naprava [5]. Prikaz modela IOT prikazan je na slici 2.



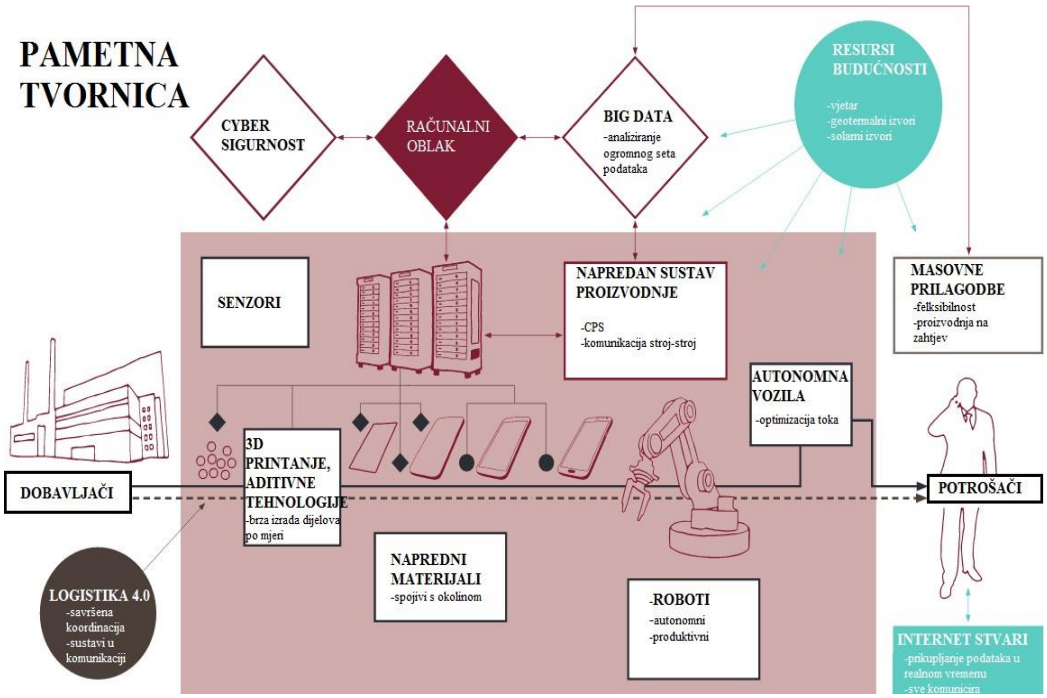
Slika 2. IOT Model [17]

Na slici su prikazani servis u oblaku, pristupnik za upravljanje napravama, tri naprave te korisnička aplikacija. Naprava je pametni uređaj kojime se može upravljati udaljeno. Pristupnik je uređaj koji povezuje naprave sa servisom u oblaku. Skuplja sve poruke iz lokalne mreže naprava te ih prosljeđuje servisu u oblaku. Također poruke sa servisa u oblaku prosljeđuje u lokalnu mrežu naprava. Servis u oblaku je servis koji obrađuje i skladišti podatke o napravama i pristupnicima. Za svaku napravu servis mora znati s kojim pristupnikom naprava komunicira te kakve poruke naprava može poslati i kakve poruke naprava može primiti. Sve poruke i podatke koje je naprava poslala ili koji su napravi poslani, servis sprema u bazu podataka. Servis u oblaku sadrži i podatke o korisnicima i korisničkim aplikacijama. Korisnička aplikacija je aplikacija pomoću koje korisnik upravlja napravama. Naprave komuniciraju s pristupnikom, šalju mu poruke ili poruke primaju od njega. Pristupnik komunicira sa servisom u oblaku. Korisnička aplikacija ne komunicira izravno s napravama niti s pristupnikom, nego sa servisom u oblaku. Novi europski istraživački program *Horizon 2020* navodi informacijsku i komunikacijsku tehnologiju kao glavni temelj za razvoj novih usluga i platformi. Polje informacijske i komunikacijske tehnologije orijentira se na razvoj novih komponenti i sustava i razvoj Interneta budućnosti. IoT će pridonijeti razvoju mnogih novih usluga koje su podržane

platformama Interneta stvari. Glavni izazovi programa *Horizon 2020* koje definira Europska komisija su: održivi razvoj i optimalna potrošnja energije, definiranje novih tehnologija u prometu ljudi i roba, razvoj tehnologija za upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom koja će biti prilagođena ljudskim potrebama, sigurnost interneta te razvoj novih metoda liječenja i dijagnostike pacijenata. Svi ovi izazovi pokušavaju poboljšati kvalitetu života cjelokupnog društva. Usluge koje pruža IoT možemo podijeliti u tri skupine: usluge koje omogućuje pametna okolina, usluge vezane uz zdravstvo i usluge usmjerene na korisničko konzumiranje informacija. Upravo na temelju Iot-a uspostavit će se globalne mreže koje će obuhvaćati strojeve, proizvodne i skladišne objekte u formu virtualno-fizičkog sustava (*eng. Cyber-Physical System* - CPS). Industrija 4.0 i pametna tvornica uklapaju se u IoT te se povezuju i s ostalim pametnim tehnologijama iz svojih okruženja.

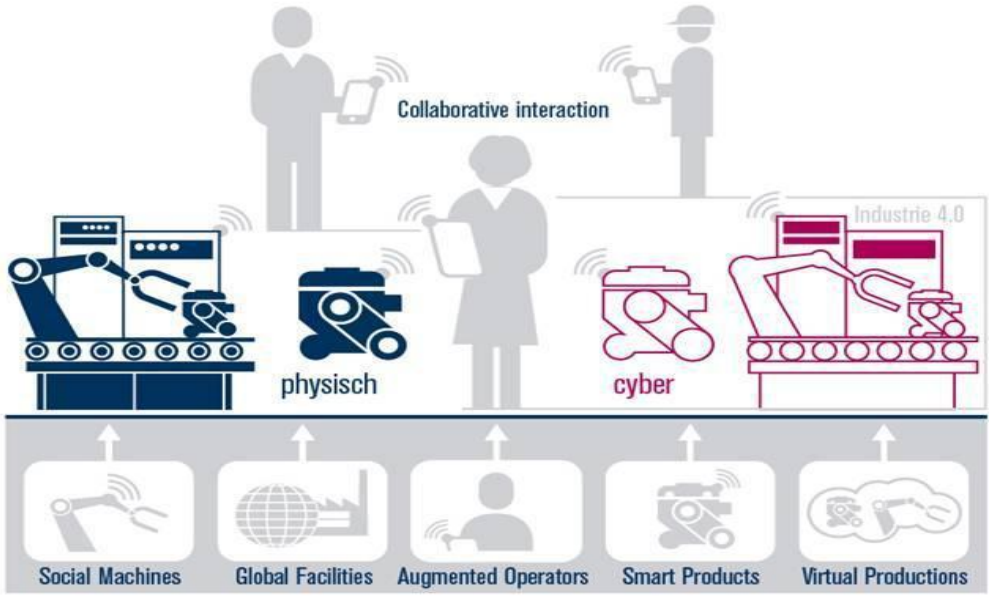
2.3 Model pametne tvornice

Osnovna karakteristika pametne tvornice je integracija raznih sustava na svim nivoima. U sustavu proizvodnih tehnologija, automatizacije i IT-a postoje horizontalna i vertikalna integracija koja vodi rješenju sa što manje posrednih slojeva. Horizontalna integracija označuje integraciju različitih podsustava, poput logistike, marketinga ili proizvodnje u različitim fazama planiranja proizvodnje bilo unutar firme ili između raznih firmi ili subjekata. Vertikalna ili hijerarhijska integracija omogućava visok stupanj integracije ICT-a kako bi se omogućio zajednički razvoj proizvoda, vođenje proizvodnje i proizvodnja[3]. Dakle, pametna tvornica se može definirati kao umreženi globalni sustav na mikrorazini s novim proizvodnim tehnologijama, novim materijalima i sustavima za obradu i pohranu podataka. Vizija inovativnog pametnog poduzeća za sljedeću generaciju proizvodnje može se predstaviti u sljedećim značajkama: vitka proizvodnja, fleksibilnost, agilnost, učinkovitost, korištenje nužnih informacija, jasna predviđanja i sigurnost što je prikazano na slici 3. Sve ove osobine rezultiraju dugoročnom održivošću.



Slika 3. Pametna tvornica [7]

Kada se Industrija 4.0 svede na razinu jednog proizvodnog pogona ona omogućava umrežavanje svih elemenata, počevši od ulaznih vrata, svjetala, grijanja, ventilacije, povezivanje strojeva pa sve do složenijih sustava poput zona skladištenja. Omogućuje nam u svakom trenutku uvid u bilo koji od segmenata tog sustava pokrivenog umrežavanjem, brzim dijagnosticiranjem grešaka kao i nadzorom. Također su dane mogućnosti izrade mnogo kvalitetnijih izvještaja na temelju kojih se mogu podnijeti daljnje proizvodne aktivnosti. Takav sustav ne služi da bi se iz pogona izbacio radnik već služi kao vrlo kompleksna informacijska podrška koja vodi i nadzire proizvodne djelatnosti kao što je to prikazano na slici 4.



Slika 4. Pametna tvornica [4]

Osnovni dio pametne tvornice su i pametni proizvodi. To su proizvodi koji znaju svoju povijest, trenutni status te alternativne pravce za dolazak do svog odredišta, odnosno znaju kako su proizvedeni i kako trebaju biti korišteni. Pametni proizvodi mogu komunicirati sa svojom okolinom, s robotima koji mogu očitati kako trebaju biti obrađeni, s transportnim autonomnim vozilima te skladišnim objektima. Pametni strojevi i roboti su visoko autonomni, programirani u pravom vremenu. Imaju viši stupanj integracije što znači adaptaciju, komunikaciju i interakciju s okolinom. Također, u mogućnosti su raditi zajednički s ljudima na određenim zadacima [4].

2.4. „Big data“

Velika baza podataka se često smatra ogromnom neobrađenom sirovinom 21. stoljeća. Procjenjuje se da će se količina dostupnih podataka udvostručavati svakih 1,2 godine. Poduzeća budućnosti će proizvoditi ogromne količine podataka koji će se morati negdje spremiti, obraditi i analizirati. „Big data“ sustav se bavi brzom i efikasnom obradom velikih setova podataka. On predočuje i vizualizira informacije u realnom vremenu. Pomoću dobivenih informacija iz tako velike količine podataka se može optimizirati kvaliteta proizvodnje, uštedjeti energija, poboljšati usluga. Sakupljanje i obrada ogromnih količina podataka će u budućnosti postati standard bez kojeg se ne mogu donijeti pravovaljane odluke u realnom vremenu.

2.5. Ostali pojmovi industrije 4.0

Računalni oblak (eng. *Cloud computing*) je tehnologija koja omogućuje pohranu i razmjenu podataka putem interneta. Podaci su pohranjeni na poslužiteljima pružatelja usluge koji ujedno pruža uslugu povezivanja, pohrane i razmjene podataka.

Internet se odnosi na mrežu baziranu na ovim internetskim protokolima: www, ekstranet putem interneta, EDI putem interneta, internet-ready mobilni telefoni.

CRM (eng. *Customer Relationship Management*) jest upravljačka metodologija koja stavlja klijenta u središte poslovne djelatnosti, bazirana je na intenzivnoj uporabi informacijskih tehnologija za prikupljanje, integriranje, obradu i analizu informacija vezanih za klijente.

Broadband su širokopojasne tehnologije ili veze koje omogućuju brz prijenos podataka, osobito filmova, igara, videokonferencija putem internetske mreže (npr. ADSL, kabelska veza, UMTS, optička veza, VDSL, unajmljeni vod).

Realno vrijeme (eng. *real time*) je naziv za kompjutorske sustave koji prikažu podatke u isto vrijeme kad ih i prime.

E-trgovina su transakcije koje se provode preko mreža računala baziranih na internetskom protokolu te preko ostalih računalnih mreža. Zaprimanje narudžbi dobara i usluga ostvaruje se putem navedenih mreža, ali samo plaćanje i konačna isporuka dobara i usluga mogu biti provedeni online ili offline. Narudžbe zaprimljene telefonom, telefaksom ili ručno pisanim elektroničkim porukama ne smatraju se e-trgovinom.

3.0 ZNAČAJKE INDUSTRIJE 4.0

3.1 Kibernetsko-fizički sustav (eng. Cyber-physical system- CPS)

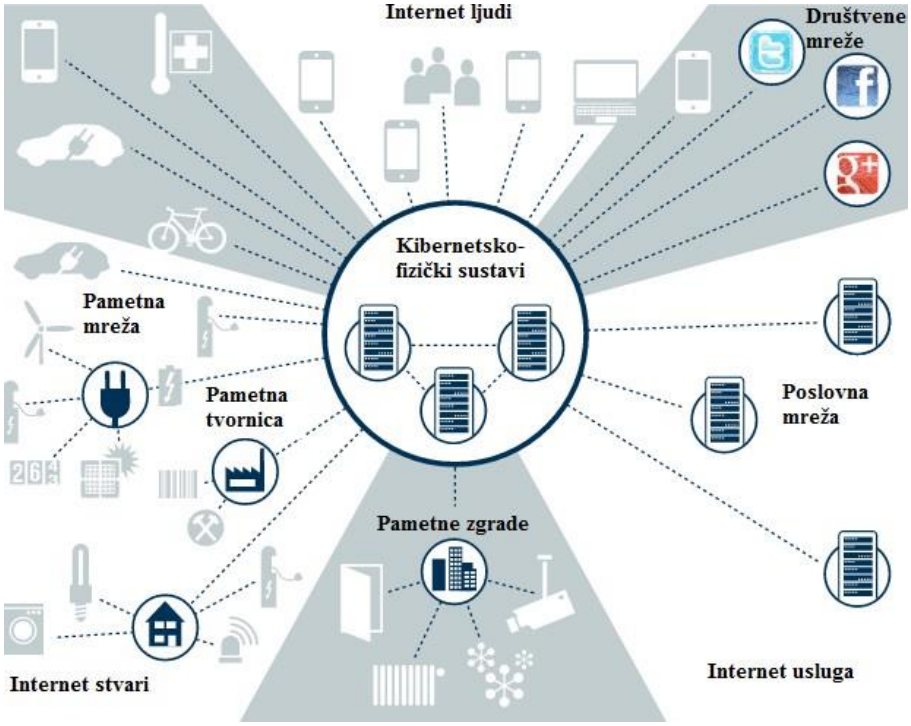
Kibernetsko-fizički sustavi su sustavi koji povezuju fizički svijet (putem senzora) s virtualnim, a zasnivaju se na međusobnoj integraciji računalnih algoritama i fizičkih komponenti. Računala preko mreže nadgledaju i kontroliraju fizičke procese koji onda preko povratnih petlji šalju podatke i utječu na računala i njihove proračune. Sve je povezano pomoću interneta s njegovim korisnicima. Novi sustav mijenja odnos između čovjeka i upravljivih sustava. Svi uređaji, strojevi, materijali su opremljeni senzorima i međusobno povezani komunikacijskim tehnologijama. Industrija 4.0 je zasnovana na uspješnom funkcioniranju ovog sustava. Sustav je u stanju sam sebe optimizirati, a time i sam proizvodni proces. Roboti i ljudi sada mogu usko surađivati bez straha od ozljeda za razliku od prijašnjih vremena kada su roboti bili odijeljeni od ljudi pomoću ograda.

Osnovne elemente kibernetsko-fizičkog sustava čine:

- organizacija
- osoblje
- tehnologija

Dio poslova koji je čovjeku kompliciran, npr. kompleksni izračuni, obavljaju roboti, a čovjek obavlja poslove koji su njemu jednostavni, a robotima kompleksni- npr. hod od mjesta A do mjesta B. Informacijske tehnologije su ugrađene u strojeve, skladišne sustave i tvorničke resurse. Sve se kontrolira u realnom vremenu. CPS sustav je u stanju:

- nadgledati i upravljati fizičkim i organizacijskim procesima
- integrirati različite tehničke discipline
- biti u interakciji s korisnicima
- kontinuirano optimizirati vlastitu izvedbu
- prilagoditi se na promjene u okolini



Slika 5. Kibernetsko-fizički sustav [4]

3.2 Umreženost

Na početku 21. stoljeća umreženost se smatrala luksuzom, no svakim danom postaje sve bitnije imati pristup internetu i biti u stanju komunicirati s cijelim svijetom. U Industriji 4.0 digitalni i „pravi“ svijet su povezani. Strojevi, radna mjesta i ljudi će konstantno izmjenjivati informacije putem interneta. Proizvodnja s međusobno umreženim strojevima postaje skladna: stroj dobiva u svakom trenutku informaciju o: operacijama na ostalim strojevima, vremenu dolaska određenog dijela do njega, itd. Čak su i proizvodi u stanju preko interneta komunicirati s transportnim sredstvima o idućim koracima. Umreženost može biti uspostavljena između dva ili više poduzeća tako da proizvodni procesi budu optimirani i usklađeniji vezano uz datume isporuke.

3.3 Energetska iskoristivost

Dijelovi proizvodnih linija ili strojeva koji ne rade se s dostupnošću novih tehnologija mogu

jednostavno ugasiti, za razliku od starijih verzija strojeva koje rade iako ne proizvode ništa. Energija se može bolje iskoristiti tako da svaki radnik biva informiran u realnom vremenu o tome koliko koji proces troši energije i na koje se načine ona može uštedjeti. Sve se intenzivnije razvija i tehnologija skladištenja energije (npr. baterije).

3.4 Fleksibilnost

U današnjem tipu proizvodnje lansiranje novog proizvoda uzima previše vremena. To zahtjeva: sate prilagodbi, probe, puno radnika i mnoge neočekivane troškove. Dan izgubljen uslijed zastoja proizvodnje vuče za sobom velike gubitke. U Industriji 4.0 će se taj cijeli proces odvijati u „virtualnoj proizvodnji“ tako da se ne gubi vrijeme u namještanju proizvodnih parametara. Svi se procesi prije dolaska u proizvodnju prvo simuliraju, a nakon provjere kvalitete simulacije se ti podaci šalju u sustav zadužen za kontroliranje proizvodnje. Probna planiranja proizvodnje na ovaj način su uspjela skratiti uspostavljanje automatizirane proizvodne linije s 3 mjeseca na 3 dana.

Također će doći i do povećane fleksibilnosti u radnom vremenu. Više neće biti nužno za radnike da budu prisutni na jednom te istom mjestu 8 sati na dan, već će posao moći obavljati i s drugih lokacija. Ovo znači da će ovakvim radnim uvjetima biti moguće zapošljavanje najboljih radnika.

3.5 Pametni strojevi i roboti

Roboti posjeduju sve veći stupanj inteligencije te su sposobni prilagoditi se i komunicirati s okolinom. Pametni strojevi i roboti su u stanju bez zaštitne ograde usko surađivati sa zaposlenicima bez straha od njihovog ozljeđivanja.

3.6 Povećana produktivnost

S povećanjem iskoristivosti u proizvodnji dolazi i povećanje produktivnosti. U Industriji 4.0 je moguće proizvesti jako malu količinu proizvoda, a da se ne gubi profit. CPS provodi kontinuirano optimiziranje proizvodnje, što znači da stalno traži načine kako proizvesti što više sa što manje ulaznih resursa. U idućih 5 do 10 godina se očekuje povećanje produktivnosti u iznosu 5 do 8 %. Najveća se poboljšanja očekuju u automobilskoj industriji.

3.7 Horizontalna i vertikalna integracija

Horizontalna integracija se odnosi na integraciju različitih IT sustava korištenih u različitim fazama proizvodnje i procesa planiranja proizvodnje koji uključuju razmjenu materijala, energije i informacija unutar poduzeća i između različitih poduzeća. Vertikalna integracija se odnosi na integraciju različitih IT sustava na različitim hijerarhijskim razinama (senzori-kontrolni sustav-menadžment proizvodnje-planiranje strategije poduzeća) s ciljem postizanja najboljeg rješenja. Ukratko, horizontalna i vertikalna integracija spajaju u poduzećima odjele kao što su: proizvodnja, održavanje, inženjering, a izvan poduzeća spajaju: dobavljače, poduzeća i potrošače.

3.8 Cyber-sigurnost

S povećanom međupovezanosti putem interneta svih objekata u proizvodnji raste i opasnost od hakiranja i zloupotrebe velike količine prikupljenih podataka. Stoga je potrebno uspostaviti pouzdan sustav mrežne povezanosti i onemogućiti ne dopuštene upade u baze podataka. Cyber-sigurnost predstavlja velik, rastući, globalni problem, kažu stručnjaci. Prijetnje su moguće u vidu: krađa poslovnih tajni i intelektualnog vlasništva, namjerne promjene podataka te poremećaja u kontroli poslovnih procesa. Spajanje strojeva na Internet sa sobom donosi mnoštvo ranjivosti, na koje se često ne obraća velika pažnja. Može se dogoditi da haker upadne u bazu podataka u kojoj se nalaze parametri obrade i dimenzije obratka te ih nesmetano otuđi.

3.9 3D printanje ili aditivne tehnologije

Poduzeća još uvijek otkrivaju načine na koje se ova nova tehnologija može sve koristiti. U današnjoj se proizvodnji koristi uglavnom za izradu prototipova ili individualnih sitnih komponenti. S razvojem Industrije 4.0, 3D printanje će se koristiti i za izradu linija proizvoda koje su rađene točno po željama kupaca. Ova tehnologija nudi jednostavnu mogućnost izrade najkompliciranijih oblika povoljnih tehničkih karakteristika po relativno niskoj cijeni. Prednost 3D printera je i ta da se ne moraju nalaziti u tvornicama, nego mogu biti raspoređeni na različitim lokacijama te tako bitno smanjiti troškove transporta.

3.10 Novi poslovni modeli

Tko se nije u stanju digitalizirati, biva ostavljen iza konkurencije i prepušta višak dodane vrijednosti konkurenciji koja je prošla kroz proces digitalizacije. Poslovi moraju biti u stanju podnijeti promjene u zadnji čas. Novi poslovni model kojeg donosi Industrija 4.0 će malim i srednjim poduzećima učiniti dostupnijima softverske usluge i sustave koji u postojećim poslovnim uvjetima nisu na dohvat ruke. Sve informacije se dobivaju u realnom vremenu, pa je lakše nadzirati i dokazati radi li se određeni posao po dogovorenom ugovoru (npr. ima li kašnjenja i zašto). Problem po zakonodavca a i poduzeća tvore stalno mijenjajuće tehnologije i inovacije jer je nužan zakonski okvir za uporabu novih tehnologija. Ako se novi zakonski okviri donose prebrzo, postoji mogućnost da će biti nekvalitetni, a samim time i otvoreni za zlouporabu.

3.11 Decentralizacija

Kibernetsko-fizički sustavi su u stanju samostalno donositi odluke i proizvoditi zahvaljujući 3D printerima. Procesi će u budućnosti upravljati sami sobom u modularnom sustavu u kojem neće biti potrebna centralna figura koja odgovara za sve. Decentralizacija je posljedica sve veće fleksibilnosti, a samim time i kompleksnosti proizvodnje. Za obradu tolike količine podataka bi bio potreban jako kompleksan centralni sustav.

3.3 Brz odziv na promjenu

S uvođenjem koncepata Industrije 4.0 dolazi i do bržeg i boljeg donošenja odluka. S međusobnom povezanosti uređaja, podaci koje oni generiraju brzo prolaze kroz softversku obradu dajući informacije, na temelju kojih stručnjaci donose pravovremene odluke. S obzirom na velike količine podataka, odluke se sve češće donose na temelju znanja i iskustva, a ne na temelju metode pokušaja i pogrešaka. Bolje odluke za sobom vuku manje pogrešaka i škarta. U takvom sustavu menadžerima će biti omogućen u svakom trenutku uvid u stanje tvornice. Najveći izazov za menadžere će biti u određivanju:

- koje podatke prikupljati
- tko treba dobiti na uvid informacije izvađene iz tih podataka
- kako iskoristiti tu informaciju

- najbolje odluke

S brzim odzivom na promjenu u najvećoj mjeri profitira kupac. Razvojem tehnologije je omogućeno mijenjanje mišljenja i narudžbe u zadnji trenutak jer je odziv na promjenu brz.

3.13 Novosti koje donosi industrija 4.0

Industrija 4.0 donosi velike promjene u postojeći proizvodni proces. Nove značajke proizvodnje koju Industrija 4.0 nosi sa sobom su izrazita proizvodnja individualnih dijelova po zahtjevu kupca pomoću izrazito fleksibilnog proizvodnog pogona koji usko povezuje kupca s poduzećem kao i procesom stvaranja dodatne vrijednosti. Proizvodnja postaje visoko fleksibilna uz nisku cijenu, proizvodi se personaliziraju, tj. postaju visoko individualizirani i u uvjetima velikoserijske proizvodnje. Zatim, proizvode se manje serije uz brzu izmjenu proizvoda i veliki broj varijanti. Također, aditivne tehnologije zamjenjuju konvencionalne načine proizvodnje. Proizvodnja postaje skup inteligentnih postupaka i procesa koji proizvode inteligentne proizvode. Proces postaje potpuno umrežen što smanjuje gubitke u proizvodnji zbog bržeg uočavanja grešaka i zastoja. Poslovni modeli se također mijenjaju na način da se manjim proizvođačima daje prilika na globalnom tržištu, odnosno dolazi do fragmentacije vrijednosnog lanca. Postaje ključno interdisciplinarno inženjersko razmišljanje kod zaposlenika. Dolazi do povećanja konkurencije te decentraliziranosti tržišta. Također, dolazi i do široke integracije kupaca i poslovnih partnera u procese stvaranja nove vrijednosti te u poslovne procese. U budućnosti će doći i do stvaranja tzv. hibridnih proizvoda, proizvodi koji nastaju povezivanjem proizvodnje i visoko kvalitetnih uslužnih djelatnosti.

4. LEAN MENADŽMENT

Lean menadžment je koncept upravljanja proizvodnjom, razvojem proizvoda i usluga koji ima za cilj stvoriti točno određenu i ciljanu vrijednost za kupca, odnosno robu ili uslugu. Poduzeća koja imaju klasičnu strukturu i organizaciju, u pravilu se vrlo teško nose s velikim promjenama globalnog tržišta. Takva poduzeća imaju strogu horizontalnu i vertikalnu komunikaciju i organizirana su prema funkcijama što smanjuje fleksibilnost, brzo djelovanje i odgovaranje na zahtjeve tržišta. Klasična organizacija stvara nepotrebne troškove, smanjuje kvalitetu usluga, ali i motivaciju zaposlenika tvrtke. Zbog toga je potreban novi način vođenja koji će se moći nositi sa sve većim zahtjevima i očekivanjima kupaca.

4.1 Povijest i razvoj Lean menadžmenta

Mnoge ključne temelje i principe Lean menadžmenta postavio je Henry Ford koji je 1913. godine uspio ostvariti prvu pravu integraciju proizvodnih procesa pod nazivom „Pokretna proizvodnja“. Pokretnu proizvodnju činila su tri elementa, a to su dijelovi, standardni rad i pokretna traka. Na taj način je stvorio pokretnu, montažnu traku što je predstavljalo prekretnicu u načinu proizvodnje. Henry Ford je uspio proces proizvodnje podijeliti u korake i tako podijeljene proizvodne korake poredati u proizvodne linije koristeći strojeve specijalne namjene gdje god je to moguće kao i kontrolne uređaje koji ne dopuštaju defektnim proizvodima prolaz na sljedeći korak procesa, a sve u cilju brze proizvodnje i montaže ispravnih dijelova u svega nekoliko minuta. To je bio revolucionaran korak u proizvodnji u odmaku od klasičnih radionica koje su bile sastavljene od strojeva opće namjene grupirane prema vrsti obrade. Takve proizvodne radionice su proizvodile velike količine istovrsnih dijelova koji su zatim čekali u skladištu proizvodnju ostalih dijelova kako bi u konačnici bili sastavljeni u finalni proizvod. Takav način proizvodnje rezultirao je pretrpanošću nedovršenom proizvodnjom kao i velikim brojem defektnih finalnih proizvoda.

Međutim, Henry Ford nije imao problema sa protokom proizvodnje i obrtajem zaliha jer su se skladišta kompanije praznila svakih nekoliko dana. Problem je bila nemogućnost pružanja varijantnosti i raznolikosti proizvedenih automobila ovisno o zahtjevima tržišta na kojem je Ford počeo polako gubiti korak sa konkurentima.[4] 1930-ih, a još intenzivnije nakon Drugog svjetskog rata, Kiichiro Toyoda koji je 1930. godine osnovao Toyota Motor Company, Taiichi Ohno i drugi u Toyoti, sagledavši takvu situaciju u Fordu, zaključili su da je, uz seriju malih i

jednostavnih inovacija u proizvodnom procesu, moguće osigurati kontinuitet i brz protok proizvodnje, a istovremeno pružiti tržištu varijantnost i raznolikost proizvoda. Potaknuti takvim razmišljanjima, stručnjaci u Toyoti su revizirali i prilagodili Fordov originalni koncept proizvodnje vlastitim potrebama i potrebama tržišta te je tako nastao poznati Toyotin Proizvodni Sustav ili TPS.

Metrika	Japan	USA
Output:		
•Produktivnost (sati/vozilo)	16.8	25.1
•Kvaliteta (pogreške/100 vozila)	60.0	82.3
Radna snaga:		
•% radnika u timovima	69.3	17.3
•Broj vrsta poslova	11.9	67.1
•Prijedlozi/Zaposleniku	61.6	0.4
Layout:		
•Prostor (m2/vozilo/godišnje)	5.7	7.8
•Prostor za dorade i popravke (% prostora za montažu)	4.1	12.9
•Zalihe (dani)	0.2	2.9

Slika 6. Usporedba Lean i masovne proizvodnje 1980-ih[8]

Toyota je ovakav sustav rada razvijala od 1949. do 1975. godine [4]. Iako ga druge tvrtke u to vrijeme nisu koristile, primijetile su da je vrlo funkcionalan u vrijeme naftne krize 1973. godine kada su se velike automobilske tvrtke našle u velikim problemima. Jedna od osnovnih karakteristika tog proizvodnog sustava bila je preusmjeravanje težišta djelovanja proizvodnih inženjera sa pojedinačnih strojeva i njihovog iskorištenja, kao i individualnih procesa, na cjelokupni proces proizvodnje i protok proizvoda kroz tu proizvodnju. Eugen Perković Unapređenje procesa poduzeća primjenom Kaizena Fakultet strojarstva i brodogradnje 7 U Toyoti su, dakle, zaključili kako bi uz pomoć nekoliko jednostavnih rješenja u proizvodnji bili u stanju osigurati:

- niske troškove proizvoda,
- visoku varijantnost proizvoda,
- visoku kvalitetu proizvoda,
- vrlo kratko vrijeme od narudžbe do isporuke proizvoda.

U cilju brze i kvalitetne reakcije na nestabilne odnosno promjenjive zahtjeve tržišta. Danas Toyota predstavlja vodeći svjetski primjer uspješne Lean proizvodnje odnosno Lean sustava

upravljanja uopće, o čemu govori i činjenica da krupnim koracima idu prema prvom mjestu u automobilskoj industriji gledano prema kvaliteti i broju prodanih automobila u svijetu. Najveći dokaz snage Lean sustava upravljanja poduzećem je Toyotina dominantnost na svjetskom tržištu automobila, njihova visoka kvaliteta kao i vodeća uloga u hibridnoj tehnologiji. Kako se Lean filozofija širi svijetom i dolazi u gotovo svaku državu svijeta, menadžeri i vlasnici kompanija usavršavaju specifična znanja i tehnike Lean upravljanja koja se počinju primjenjivati i izvan same proizvodnje, dakle u uslužnim poduzećima, logistici, distribuciji, održavanju i zdravstvu.

4.2 Pojam i principi Lean menadžmenta

„Lean je proizvodna filozofija koja kada je implementirana skraćuje vrijeme od narudžbe kupca do isporuke gotovog proizvoda, eliminirajući sve izvore rasipanja (gubitaka) u proizvodnom procesu.“[5]

Pojam *lean menadžment* možemo prevesti kao *vitki menadžment*, odnosno *vitko upravljanje*. Označava smanjenje pogona, skladišta, vremena, opreme, prostora, napora i rada zaposlenika, kapitala i investicija istovremeno se približavajući željama kupaca.

Ovakva filozofija omogućava točno određivanje vrijednosti proizvoda i to iz perspektive kupca, odnosno korisnika. Zato je potrebno da se poslože sve aktivnosti koje dodaju vrijednost u najboljem mogućem redoslijedu koje će se provesti bez ikakvih smetnji kad god je to potrebno. To dovodi do znatnog povećanja efikasnosti svih procesa u organizaciji.

Lean menadžment može se definirati i kao pristup poslovanju koji njeguje partnerstvo s dobavljačima, ulaže u široko osposobljene i educirane zaposlenike, potiče širenje poslova i zadaća zaposlenika do maksimuma i jača njihovu odgovornost, podržava rad u međufunkcionalnim timovima, koristi moderne komunikacijske sustave i visokofleksibilne automatizirane strojeve za proizvodnju različitih proizvoda.

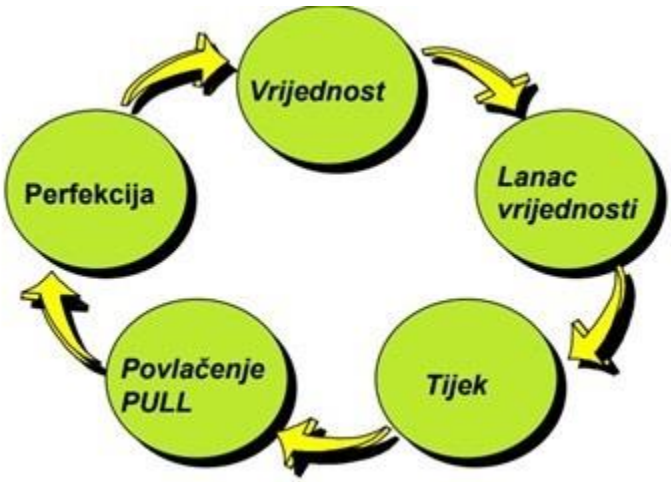
[4] Womack, Jones & Roos: “The Machine that Changed the World“

[5] Prof. Dr. sc. Nedeljko Štefanić, Nataša Tošanović, dipl. ing. ; Lean proizvodnja

Lean predstavlja način organizacije poslovanja u kojem radimo prave stvari na pravom mjestu u pravo vrijeme i u pravim količinama uz minimiziranje otpada, veliku fleksibilnost i otvorenost prema promjenama.

Lean filozofija može se opisati pomoću pet osnovnih principa ili karakteristika koji prikazuju opću sliku i predstavljaju bazu razumijevanja takvog sustava, a to su Womack i Jones grupirali kao:

- precizno definiranje vrijednosti proizvoda sa stajališta kupca
- prepoznavanje toka vrijednosti (value stream) za određenu vrstu proizvoda
- ujednačen i kontinuiran tijek proizvodnje (tok materijala i informacija)
- povlačenje („pull“) proizvoda kroz cjelokupan proces proizvodnje
- težnja ka savršenstvu



Slika 7. Osnovni principi Lean filozofije [14]

prema James P. Womack-u i Daniel T. Jones „Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation“

Kombinirajući osnovne principe Lean-a zapravo stvaramo korake koje ćemo primijeniti u implementaciji Lean-a u određenoj organizaciji i to konceptom „top-down“ - ideja i podrška mora doći od najvišeg menadžmenta i spušta se na niže razine do samih radnika u organizaciji.

4.2.1 Vrijednost

Lean započinje od vrijednosti - osobine koja je vezana uz određeni proizvod ili uslugu i koja ispunjava svoju osnovnu zadaću - zadovoljenje potreba i želja kupaca. Definira ju krajnji kupac i zato je potrebno razumjeti kako kupac doživljava proizvod ili uslugu koja mu se nudi, analizirati potrebe kupaca i osobine proizvoda, te odrediti koji procesi dodaju, a koji ne dodaju vrijednost proizvodu. Vrijednost je samo ono što je kupac spreman platiti.

Ipak, iskustvo pokazuje da većina proizvodnih i uslužnih organizacija proizvode i nude on što njima najviše odgovara, a zanemaruju stvarne želje kupaca i korisnika. Zbog toga je potrebno ugraditi vrijednost kroz cijeli proces koji rezultira gotovim proizvodom ili uslugom, odnosno poboljšati aktivnosti oko procesa.

4.2.2 Lanac vrijednosti

Lanac (dodavanje) vrijednosti je skup svih specifičnih aktivnosti u organizaciji koji sudjeluju u stvaranju vrijednosti specifičnog proizvoda ili usluge koju je potrebno isporučiti kupcu. Taj proces se odvija kroz tri važne zadaće top menadžmenta:

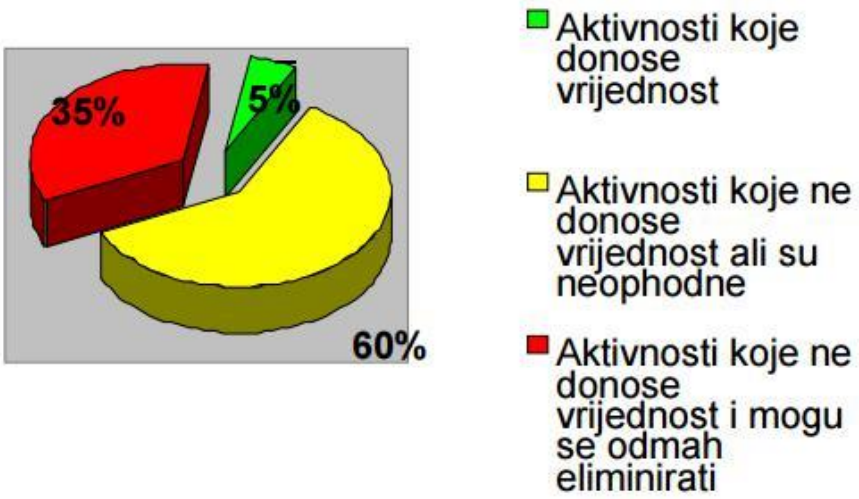
- rješavanje problema kroz koncepte do detaljnog projektiranja gotovih proizvoda i lansiranja proizvodnje,
- upravljanje informacijama od primanja narudžbi do planiranja proizvodnje i dostave gotovih proizvoda,
- fizička transformacija sirovih materijala u gotove proizvode.

Potrebno je usmjeravati procese na stvaranje onih dobara i usluga koje potrošači percipiraju kao vrijednosti; tako će se smanjiti utrošci resursa, a povećati razlika između vrijednosti za kupca i troškova isporuke. U ovom koraku potrebno je podijeliti zaposlenike u timove, objasniti im ciljeve, educirati ih i zadati vremenski rok u kojem je potrebno izvršiti određene aktivnosti. Krajnji cilj ovog dijela analize jer određivanje grupa proizvoda ili usluga i mapiranje toka vrijednosti koje uključuju što više kvantitativnih informacija o procesu - vrijeme trajanja operacija, vrijeme potrebno za tehnološki ciklus, kapacitet strojeva, vrijeme trajanja rada, čekanje,pripremno-završno vrijeme, vrijeme transporta, tok informacija.

Slika 8. Lanac (dodavanje) vrijednosti[6]

Precizno analiziranje i definiranje lanca vrijednosti je ključni korak u uočavanju i uklanjanje gubitaka, a njima možemo uočiti tri vrste aktivnosti:

- aktivnosti koje stvaraju ili dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi (VAT, *Value–added activities*) - aktivnosti koje kupac ili korisnik prepoznaje i koje je spreman platiti jer one za njega predstavljaju dodavanje vrijednosti
- aktivnosti koje ne dodaju vrijednost, ali su neizbježne za odvijanje cjelokupnog procesa zbog trenutnih ograničenja u tehnologiji i proizvodnji (NVAT, *Non–Value– added activities*)
- aktivnosti koje ne stvaraju ni ne dodaju vrijednost, predstavljaju čisti gubitak i moguće ih je odmah eliminirati (WT, *Non–Value–added activities*)



Slika 9. Vrste aktivnosti[7]

4.2.3 Kontinuirani tijek

Nakon mapiranja lanca, odnosno tijeka vrijednosti, potrebno je odrediti kontinuirani tijek i to eliminiranjem gubitaka u procesu. Ne smije biti čekanja, zastoja niti gubitaka u procesu stvaranja vrijednosti. Treba što bolje zadovoljiti princip prelaska predmeta rada s operacije na operaciju, tako da se eliminira vrijeme predmeta u procesu rada koje ne dodaje vrijednost proizvodu. Nakon mapiranja kontinuiranog tijeka, savjetuje se da se odmah krene s implementacijom, a mogući propusti i novonastali problemi rješavaju se korak po korak.

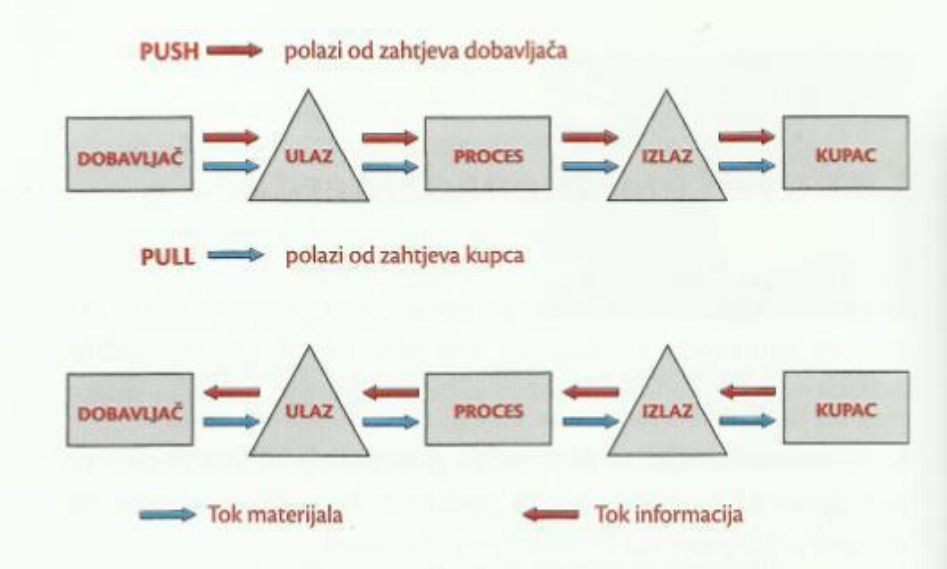
Kako bi protočnost bila što bolja potrebno je razumjeti vrste vremena u procesu, kontrolirati odvijanje procesa, ukloniti uska grla i zastoje te neplanirane dorade.

U uslužnim djelatnostima ovaj princip znači da usluga koju neka organizacija pruža mora „teći“ neprekidno do korisnika te usluge.

4.2.4 Sustav povlačenja (PULL)

Sustav povlačenja počinje s kupcem - kupnjom ili narudžbom proizvoda. Kupac ili korisnik sam bira kad će koji proizvod ili uslugu uzeti iz lanca vrijednosti umjesto da mu se proizvod ili usluga

nameće. Nakon što kupac izrazi potrebu za proizvodom, svaki korak u lancu vrijednosti prenosi informaciju na prethodni korak u procesu da postoji potreba za određenom količinom materijala, dijelova ili proizvoda, a taj put duž lanca vrijednosti pokreće proces u kojem se odvijaju aktivnosti koje dodaju vrijednost i one koje ne dodaju vrijednost, ali su nužne za cjelokupno odvijanje procesa. Tako proizvod ili usluga nije plasirana na tržište ukoliko za nju ne postoji potreba ili potražnja niti se pojavljuje gomilanje zaliha.



Slika 10. Razlika između *push* i *pull* proizvodnje[14]

Sustav povlačenja proizvoda u potpunosti je različit od principa masovne proizvodnje koji je baziran na sustavu „guranja“ (engl. push) gdje su se proizvodi ili usluge plasirali na tržište bez da postoji sigurnost potrebe za tim proizvodom ili uslugom od strane korisnika, kupaca.

4.2.5 Težnja ka savršenstvu

Posljednji Lean princip temelji se na kontinuiranom usavršavanju i poboljšavanju procesa, aktivnosti i zaposlenika neke organizacije (Kaizen). Uvođenje Lean-a nije jednokratni pothvat već neprekidno putovanje prema savršenstvu. To osigurava prednost nad konkurencijom.

Kaizen se temelji na sustavu uključivanja svih zaposlenika svakodnevnim poticanjem na manja poboljšanja gdje god je to moguće, ali i omogućivanja i aktivnog sudjelovanja u radionicama na kojima se rješavaju konkretni problemi.

Prema filozofiji Kaizena ne postoji operacija, proizvod, tijek rada ili procesa u kojem nema mogućnosti za daljnje poboljšanje. Nema kraja procesima smanjivanja potrebnog rada, vremena, prostora, troškova i pogrešaka, a kupcima je potrebno nuditi ono što žele.

4.2.6. Sedam vrsta gubitaka u proizvodnji

Svaki poslovni sustav, proizvodni ili uslužni, prožet je raznim nepravilnostima koje se mogu nazvati gubicima, a koje uzrokuju nepotreban trošak. Japanska riječ za gubitke u proizvodnji odnosno poslovanju jest „muda“. Takve gubitke u poduzeću ili kompaniji moguće je definirati kao aktivnosti koje troše resurse, a ne stvaraju ili ne dodaju vrijednost. U proizvodnom procesu vrijednost se stvara ili dodaje proizvodu koji se proizvodi i prodaje, dok se u uslužnim procesima vrijednost stvara odnosno dodaje usluzi koja se razvija i nudi klijentima. U jednom i u drugom slučaju je najvažniji klijent odnosno kupac i on nije spreman plaćati aktivnosti koje ne dodaju vrijednost proizvodu ili usluzi koje on kupuje.

Postoje 7 osnovnih tipova gubitaka koje su definirali menadžeri Toyote. Takva sistematizacija se može primijeniti u bilo kojem poduzeću, za bilo koji proces i osnova je Lean koncepta – poduzeće bez gubitaka. Definirano je sedam vrsta gubitaka (Slika 10.) [6]:

Slika 11. Sedam vrsta gubitaka (jap. muda) u proizvodnji [6]

1. Transport

- Nepotrebno kretanje materijala (obradaka) između operacija ili između skladišnih površina

- Neučinkovit transport informacija
- Neuspješna komunikacija: gubitak podataka, nekompatibilnost, nepouzdanost informacija

2. Prekomjerna proizvodnja

- Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu
- Izvođenje operacija koje nisu neophodne
- Stvaranje dokumentacije koju nitko ne zahtijeva ili koja uopće neće kasnije koristiti (prekomjerna administracija)
- Loše predviđanje (procjena) prodaje, odnosno zahtijeva tržišta
- Slanje uputa prema previše ljudi (ili obratno)
- Proizvodnja "za svaki slučaj"

3. Čekanje

- Vrijeme čekanja materijala između operacija, čekanje radnika na strojevima ili na materijal (loše planiranje proizvodnje). Potrebno je detaljno proučiti pokrete u operacijama, sinkronizirati i ujednačiti proizvodnju. Čekanje na podatke, rezultate testova. Informacije,odluke, potpis, odobrenje i slično.
- Čekanje na isporuku (primjerice, kasni sirovina)

4. Prekomjerna obrada

- predimenzionirani strojevi, kriva ili nedostajuća tehnološka oprema, pripremno-završno
- vrijeme, čišćenje između obrade
- Previše procesa obrade
- Previše detaljna obrada
- Loš dizajn (konstrukcija) proizvoda, koja zahtijeva previše koraka obrade (previše kompleksan proizvod)

5. Zalihe

- Visoke zalihe povezane su sa prekomjernom proizvodnjom („zamrznuti kapital" u skladištima)
- Stvaranje proizvoda koji se ne mogu plasirati na tržištu

6. Nepotrebni pokreti

- Loš raspored strojeva - nepotrebno gibanje radnika
- Ljudi se trebaju micati kako bi došli do informacija
- Ručni rad kako bi se kompenzirali neki nedostaci u procesu proizvodnje

7. Škart

- Prekid toka zbog grešaka, nepotrebna vremena, troškovi i prostor za analizu i otklanjanje.
- Nepotpune, netočne, nepravodobne informacije

4.3 Alati Lean menadžmenta

Lean zahtijeva stalne i transparentne protoke, kratka protočna vremena i minimalne zalihe uz maksimalnu prilagodljivost zahtjevima kupaca i korisnika. Alati Leana se odnose na samu organizaciju, njezine zaposlenike, kvalitetu, pripremu, održavanje, procese, aktivnosti, tehnologiju i protočnost materijala. Veliki broj alata koristi se u primjeni Leana. Ovom radu će biti spomenuti samo neki od njih.

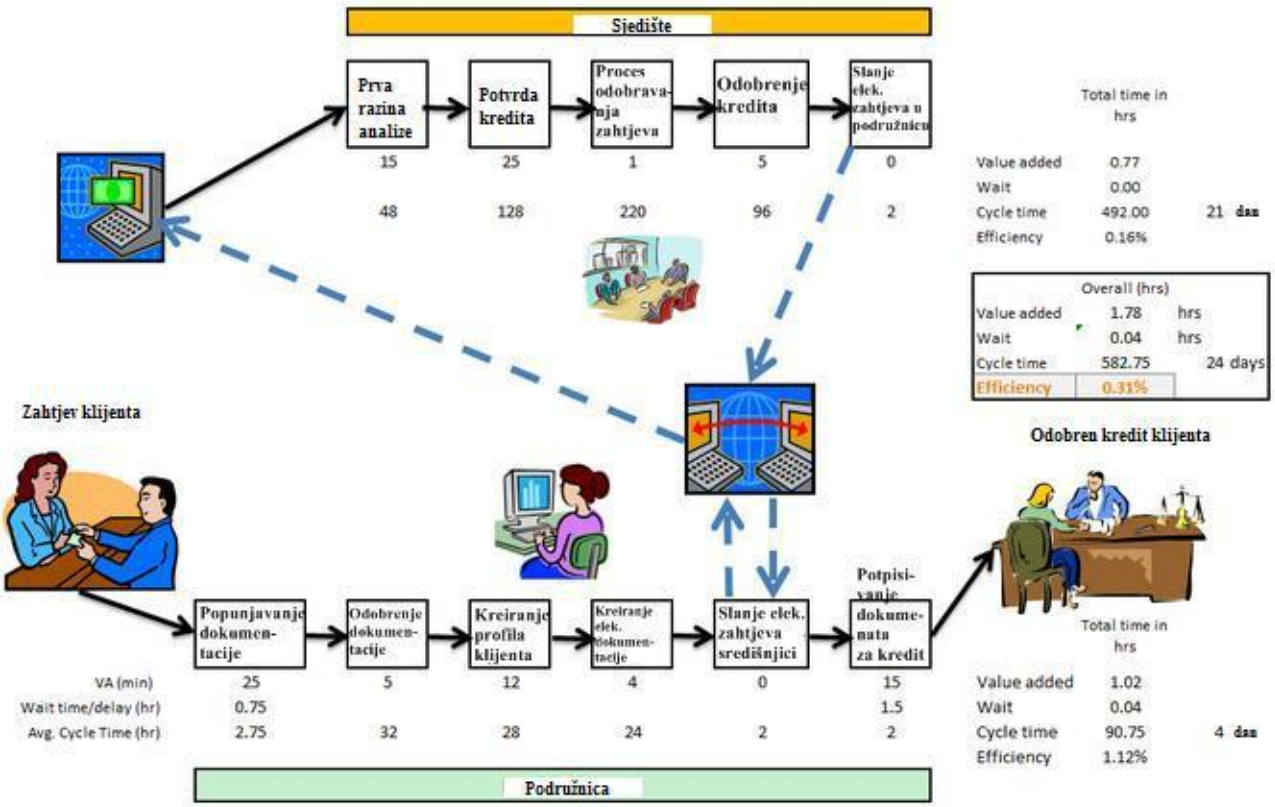
Slika 12. Alati Lean menadžmenta [13]

4.3.1 Mapiranje toka vrijednosti

Kako bi dobili cjelokupnu sliku o procesima u organizaciji potrebno je mapirati procese, aktivnosti, materijalne i informacijske tokove. U prvom koraku se identificiraju procesi koji ne dodaju

vrijednost, a nakon toga se eliminiraju aktivnosti koje ne dodaju vrijednost kao i nepotrebna čekanja između operacija.

Analiza započinje od krajnjeg kupca (korisnika). Prikazuje se trenutno stanje procesa podacima o vremenima izrade, stanjima skladišta, kretanju materijala uz korištenje standardnih simbola. Uz analizu trenutnog stanja i eliminiranje gubitaka postiže se novi poboljšani model koji se prikazuje u mapi budućeg stanja. Uz to, potrebno je izraditi i plan aktivnosti u kojem je opisano sve što je potrebno napraviti, tko je odgovoran za pojedinu aktivnost i do kad ju treba realizirati.



Slika 13. Primjer VSM-a u uslužnim djelatnostima (odobravanje kredita)[8]

4.3.2 Kaizen

Kaizen je proces stalnog, brzog, jednostavnog i laganog poboljšanja u svim segmentima djelovanja organizacije - proizvodnji, inženjeringu, procesima potpore poslovanju i upravljanju. Fokusira se na ljude (zaposlenike), temelji se na njihovom uključivanju u procese i orijentiran je na njihovu dobrobit. Promovira se timski rad i osobna disciplina. Kaizen označavaju inovativni

proizvodi i usluge, orijentacija na procese, nove organizacijske strukture, brzo prihvaćanje ideja, poboljšana realizacija, decentralizacija, osobna odgovornost, sudjelovanje svih zaposlenika.

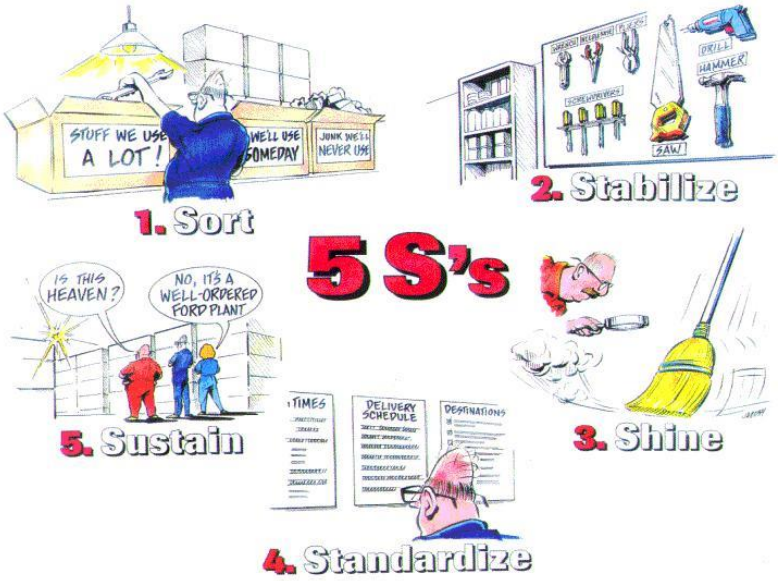
Slika 14. Kaizen[15]

Uvođenje ovog alata u organizaciju znači i održavanje Kaizen radionica koje karakteriziraju male grupe zaposlenika, rad na konkretnim problemima i podrška menadžmenta. Sastoje se od definiranja problema, utvrđivanja i analiziranja trenutnog stanja, ideja za moguća poboljšanja, odabira najboljih rješenja, definiranja planova za provedbe novih ideja, definiranja mjerljivih pokazatelja i praćenja napretka.

4.3.3 5S

Metoda 5S obuhvaća logičko, tehničko i strateško organiziranje radnog mjesta ili odjela u cilju povećanja efikasnosti na mikro razini i humanizirati rad tehnologijskim i ergonomskim oblikovanjem radnog prostora i njegovim zadržavanjem čistim, urednim, pristupačnim i sigurnim. Implementacijom 5S alata povećava se sigurnost, kvaliteta, produktivnost i pouzdanost strojeva.

[8] http://asq.org/service/body-of-knowledge/tools-value-stream-map



Slika 15. 5S metoda[17]

1. Sortiranje (Seiri) – oslobađanje prostora od nepotrebnih stvari, uklanjanje svih zapreka i predmeta koji smetaju, korištenje vizualnih alata koji omogućuju kontrolu predmeta u prostoru. Ovim se smanjuje se mogućnost traženja izgubljenih dijelova, povećava se sigurnost, a na radnom mjestu ostaju samo alati i naprave potrebni za rad.

2. Postavljanje na mjesto (Seiton) – na radnom mjestu ostaviti samo predmete koji su potrebni i posložiti ih tako da se optimizira vrijeme njihova izuzimanja, svaki predmet ima svoje mjesto i tamo uvijek mora biti (osim kad se njime koristi). Olakšava pronalaženje, korištenje i vraćanje alata i materijala; radna okolina postaje ugodnija za rad i smanjuje se broj ozljeda na radu.

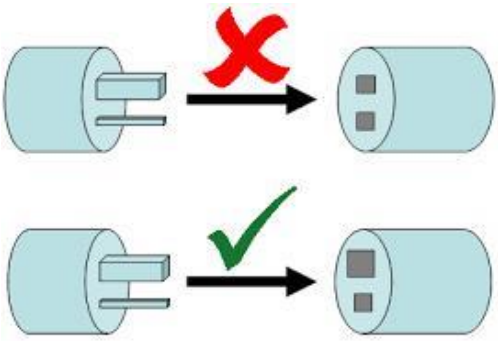
3. Čišćenje (Seiton) – identificirati mjesta čišćenja, održavati radna mjesta čistim i urednim. Omogućuje se lakše otkrivanje greški, stvara se bolja radna okolina, povećava efikasnost i smanjuju se nezgode.

4. Standardizacija (Seiketsu) – uspostavljanje standarda, uvođenje vizualnih kontrola na radnim mjestima, održavanje radnih mjesta tako da se problemi lako otkrivaju, kontinuirano se unaprjeđuje kroz kontinuiranu provjeru. Standardizacija omogućava da prva 3 S-a postanu navika zaposlenika, promovira vlasništvo nad procesom i osigurava raspored 5S aktivnosti.

5. Održavanje (Shitsuke) – ugrađivanje vizualne komunikacije (umjesto verbalne) i održavanje uvedenih unaprjeđenja i dogovorenih procedura. Održavanjem se osigurava de se ne vraća na stari način rada i potiču se zaposlenici da unaprjeđuju trenutno stanje [9].

4.3.4 Poka Yoke

Poka Yoke je japanski izraz koji znači sprječavanje slučajnih grešaka i predstavlja princip koji obuhvaća tehničke izvedbe i objekte za brzo otkrivanje grešaka. Temelji se na primjeni jednostavnih i djelotvornih sustava koji sprječavaju da greške u radu i djelovanju u proizvodnom procesu budu prenesene na krajnji proizvod.



Slika 16. Poka Yoke princip

Glavna svrha Poka Yoke alata je eliminacija svih potencijalnih mjesta na kojima se može dogoditi pogreška. Koristi se prilikom uvođenja Kaizena i može se uvoditi u svakom koraku. Potrebno je otkriti grešku i njezin uzrok, te poduzeti akcije za eliminaciju te greške.

U uslužnim djelatnostima postoje dvije vrste Poka Yoke; jedna se temelji na pružatelju usluga, a druga na korisniku. Poka Yoke temeljena na pružatelju usluga ima tri dijela:

1. Zadatak –fokusiranje na zadatak i uobičajene pogreške tijekom odrađivanja zadataka za kupca
2. Tretman – fokusiranje na interakciju između korisnika i zaposlenika (standardiziranje komunikacije)
3. Opipljivost – standardizacija radnog okoliša jer utječe na dojam korisnika i pojednostavljuje zadaće zaposlenika

Poka Yoke temeljena na korisniku ima tri dijela:

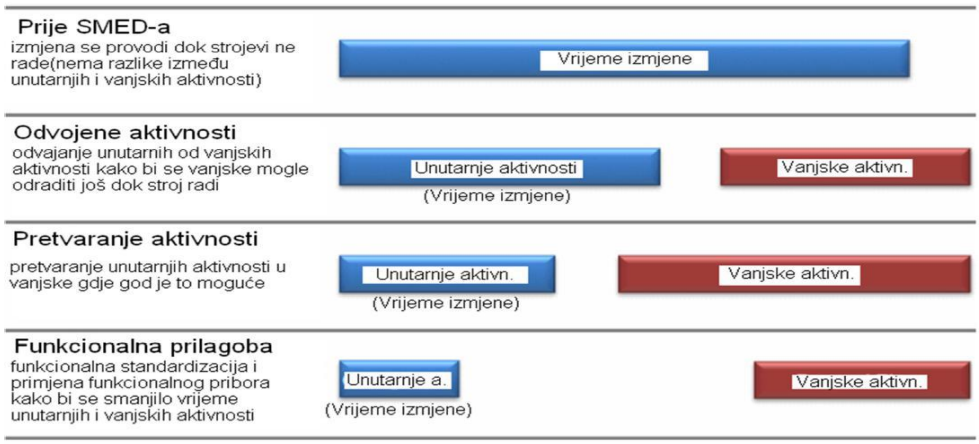
[9] http://www.tpfeurope.com/cms/view/44

1. Priprema – potpuna priprema korisnika prije korištenja usluge
2. Susret – zaštita korisnika koji mogu krivo protumačiti, ignorirati ili zaboraviti određenu uslugu i njihovu ulogu u njoj
3. Odluka – podsjećanje korisnika na vrijednost usluge i kontinuirano poboljšanje (povratne informacije od korisnika)

Poka yoke uređaji najčešće ne predstavljaju veliku investiciju, ali zato u mnogome pomažu minimizirati varijacije proizvoda. Specifičnost ovih uređaja je u tome što moraju biti konstruirani tako da ne dozvole greške u procesu obrade, a jedini način da projektiranje poka yoke uređaja bude efikasno je precizna analiza samih proizvodnih procesa i jasan cilj što se želi postići u proizvodnji. U slučaju poka yoke uređaja zadovoljni su i management poduzeća i radnici, management jer se smanjuje varijacija u proizvodnji i mogućnost proizvodnje lošeg proizvoda, a radnici jer su rasterećeni obaveze da provjeravaju proizvode, a novonastalo vrijeme mogu iskoristiti za rad na drugim aktivnostima ili odmoru.

4.3.5. SMED

SMED metoda čiji naziv potječe kao skraćenica od: „Single-Minute Exchange of Dies“ jest metoda koja ima za cilj smanjenje vremena potrebnog za izmjenu alata ili neke druge opreme u procesu proizvodnje.



Slika 17. Utjecaj SMED-a na vrijeme izmjene alata [20]

Sam naziv „Single-Minute Exchange of Dies“ implicira da se zapravo teži smanjiti vrijeme za izmjenu alata na jednoznamenkastu vrijednost. [20]

Koristi primjene SMED-a [20]:

- Manji troškovi proizvodnje(brža promjena alata ima za posljedicu kraće vrijeme zastoja opreme).
- Manje dimenzije dijelova(brža promjena alata omogućuje češću promjenu proizvoda koji se izrađuje).
- Brži (lakši) odgovor na zahtjeve kupaca.
- Lakše pokretanje (Standardizirani procesi izmjene alata poboljšavaju konzistenciju i kvalitetu).

4.4. Lean metrika

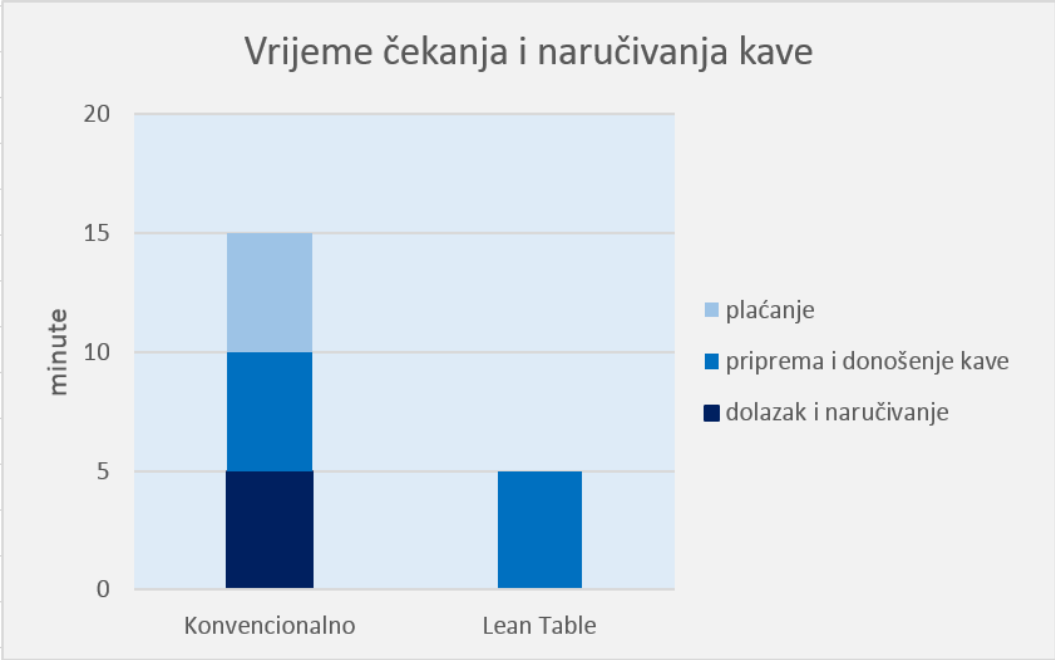
- Važan element kod uvođenja Lean-a u poduzeće
- Predstavlja mjereni iskaz uspješnosti aktivnosti
- Pomaže u minimiziranju gubitaka
- Podrška procesima donošenja odluka
- Sistematizacija prema lako razumljivim kriterijima

Tablica 1.Lean metrika [11]

Tablica Lean metrike			
Parametar uspješnosti procesa	Postojeće stanje	Novo stanje	Poboljšanje (%)
Ciklus proizvodnje			
Produktivnost			
WIP			
Takt			
Broj ljudi			
Kretanje (m)			
Potrebni prostor			
Čekanje			

5. VITKI I PAMETNI PROIZVOD

Zašto ne unaprijediti usluge u kafićima? Sve oko nas se razvija, u užurbanoj svakodnevici ponekad nemamo toliko vremena za čekanje. Rado bismo popili kavu u pauzi od pola sata, ali dolazak konobara i usluživanje traju 20 minuta. To naravno odbija korisnike i sigurno sljedeći puta nećemo doći u taj kafić. Definitivno treba smanjiti vrijeme čekanja konobara da primi, pripremi i naplati narudžbu, a samim time bi se smanjili i put i vrijeme konobara. U ovom radu je osmišljen Lean Table, vitki, odnosno pametni stol. Stol bi postao pametan putem uređaja za naručivanje koji bi se nalazio na sredini stola umjesto klasičnog cjenika. Na taj bi način gosti mogli u miru sjesti, pregledati cjelokupnu ponudu i jednostavnim klikom naručiti željeni napitak. Tako konobar ne bi fizički morao doći do stola više puta, nego samo kako bi donio pripremljenu narudžbu.



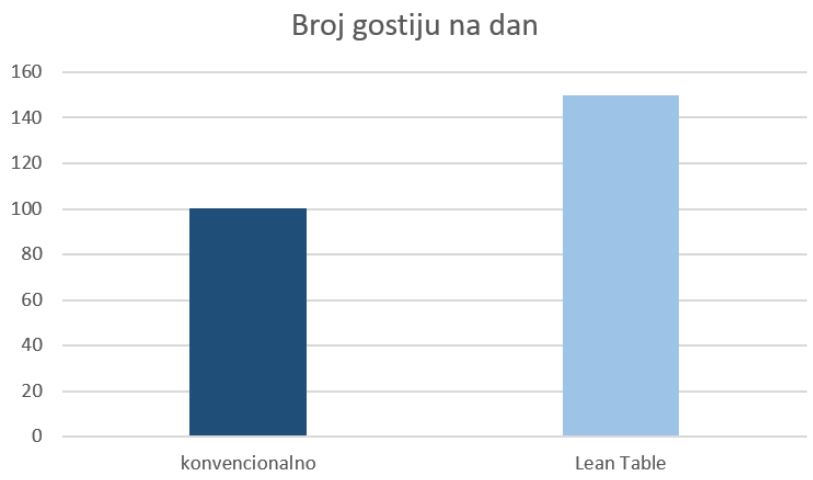
Slika 18. Vrijeme čekanja i naručivanja kave

Sjedajući za stol u kafiću, očekujemo brz dolazak konobara kako bismo što prije bili usluženi. Često se to ne dogodi te naše nestrpljenje raste. Događa se da konobar u kratkom roku primi našu narudžbu, no ona biva donesena nakon duljeg vremena ili je napitak koji bi trebao biti topao, zapravo hladan i slično. Ako pak nismo zadovoljni uslugom, ponovno zovemo konobara kako bismo mu iznijeli svoj komentar na njegov rad. Nažalost, taj konobar vrlo često nije odgovoran za situaciju u kafiću te samo posluživanje.

Promatrajući situaciju sa strane konobara, uviđamo da je njegov posao najmanje tri puta dolaziti za isti stol. Prvi puta da gost naruči, drugi puta da mu donese narudžbu te treći, da naplati. Nije rijedak slučaj kada konobar u pristojnom periodu dolazi do gosta, no gost se ne može odlučiti što bi naručio ili dio gostiju naruči, a dio naručuje u trenutku kada konobar drugi puta dolazi za stol. Ako gost nije zadovoljan naručenim, žali se konobaru, koji nije zaslužan za pravljenje narudžbi već za njihov dolazak na stol gosta. Sami gosti vrlo često znaju biti nepristojni, zahtjevni, nekulturni. Takav stav loše utječe na efikasnost konobara. Kako bismo unaprijedili, to jest poboljšali uslugu u kafićima, ali i uvelike smanjili nezadovoljstvo gosta i radnika kafića, osmišljena je ideja Vitkog i pametnog stola. Sam naziv i pojam pametnog stola predstavlja inovaciju koja briše loše načine komunikacije i rada te zahvaća mnoge mogućnosti koje nam današnja tehnologija pruža.

5.1. Vitki i pametni stol

Gost sam za svojim stolom ili putem pametnog telefona naručuje te plaća, nije potrebno čekati konobara te se povećava vjerojatnost dobitka egzaktne narudžbe, budući da konobar nije posrednik između gosta i djelatnika koji radi za šankom. Nadalje, gost plaća svojom beskontaktnom karticom prislonivši ju na senzor za plaćanje, pri čemu se smanjuje još jedan dolazak konobara za stol ili odlazak gosta za šank. Konobar donosi narudžbu za stol, a gost svoje nezadovoljstvo naručenim može izraziti anketom za svojim pametnim stolom. Također, konobara može pozvati primjenom pametnog stola. Uređaj na stolu radi evidenciju kupljenih proizvoda te informira voditelja kafića o stanju dostupnih proizvoda, što onemogućuje da dođe do nedostatka nekih proizvoda. Na ovaj se novi način skraćuje vrijeme narudžbe, pruža se direktan pogled samih korisnika na dostupnost svih usluga, povećava se fleksibilnost i učinkovitost te je moguće kontinuirano unaprjeđenje, upravljajući programom po kojem pametni stol funkcionira. Gosti su zagarantirani, budući da je ovo brži i efikasniji način naručivanja.



Slika 19. Broj gostiju na dan

5.2. Izvedba i konstrukcija Vitkog i pametnog stola

5.2.1.Konstrukcija

Zaslon

Uređaj ima zaslon osjetljiv na dodir što korisniku omogućuje izravnu komunikaciju s grafičkim elementima te se pomoću njega jednostavno može vidjeti ponuda i izvršiti narudžba. Baziran je na posebnoj tehnologiji pod nazivom e-papir (eng. e-ink) koja oponaša izgled papira i tinte. Za razliku od konvencionalnih ravnih zaslona koji koriste pozadinsko osvjetljenje da bi osvijetlili piksele, e-papir reflektira okolno svjetlo kao obični papir. Prednost ovog pristupa je vrlo mala potrošnja električne energije i iznimno dobra vidljivost i kutovi gledanja. Vanjski sloj ekrana čini tanko i tvrdo staklo otporno na grebanje koje služi kao zaštita.

Wi-Fi modul

Inkorporira WLAN, Bluetooth i ZigBee tehnologiju, omogućuje uređaju spajanje na internet i s ostalim uređajima putem bežične mreže, što je ključan aspekt Interneta stvari.

Modul za plaćanje

Koristi NFC tehnologiju putem kojeg bi se vršilo plaćanje pametnim mobitelom ili beskontaktnom karticom na jednostavan, brz i siguran način.

Senzori

Služe za detekciju pokreta i prisutnosti kako bi se znalo da je netko sjeo za stol te broj osoba. To je potrebno kako bi ostali korisnici preko interneta vidjeli kolika je gužva, te kao sigurnosna

mjera i potvrda da je netko stvarno naručio nešto, u protivnom bi se narudžba poništila (npr. netko nešto naruči i odmah ode)

Ti senzori također mjere intenzitet okolne rasvjete kako bi se po potrebi upalilo pozadinsko osvjetljenje na zaslonu. Uređaj sadrži četiri senzora po obodu čime se postiže pokrivenost polja od 360°. Dodatni senzori kao što su senzori za mjerenje količine ugljikovog dioksida i monoksida kontinuirano bi nadzirali njihovu koncentraciju u zraku i u slučaju ako ona postane veća od dopuštene, uređaj bi tada poslao signal i upalila bi se ventilacija ili otvorio prozor. Ista posljedica slijedi i prilikom prevelike koncentracije dima u prostorijama u kojima je pušenje dopušteno.

Kontrolna jedinica

Kontrolna jedinica upravlja i koordinira rad cijelog sustava. Ona prikuplja i obrađuje podatke sa dodirnog ekrana i senzora koji se zatim šalju na glavno računalo.

Napajanje

Napajanje uređaja bi se vršilo pomoću ugrađene Lithium-Polymer (Li-Po) baterije. Zbog njenog velikog kapaciteta i niske potrošnje električne energije uređaj bi imao veliku autonomiju rada prije ponovnog punjenja. Tim pristupom su se izbjegla nepotrebna ožičenja.

Kućište

Kućište prvenstveno ima ulogu da sigurno poveže sve dijelove u jednu kompaktnu cjelinu. Također, štiti dijelove od raznih smetnji, kao što su prašina, voda, mehanička oštećenja i slično. U konačnici ono ima i estetsku ulogu, te u velikoj mjeri određuje konačan izgled.

Uporaba injekcijskog prešanja polimera omogućuje izradu velikih serija kućišta pri niskim cijenama.

Ljepljiva folija

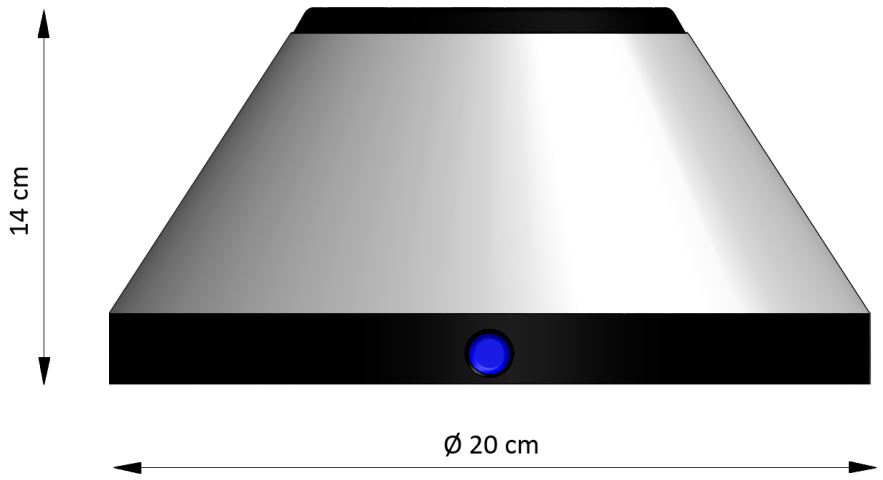
Specijalna izdržljiva ljepljiva folija koja služi za jednostavno i sigurno pričvršćivanje postolja uređaja sa stolom bez oštećivanja njegove površine. Uspješno se veže na razne materijale stola.

Adheziv Nano 470

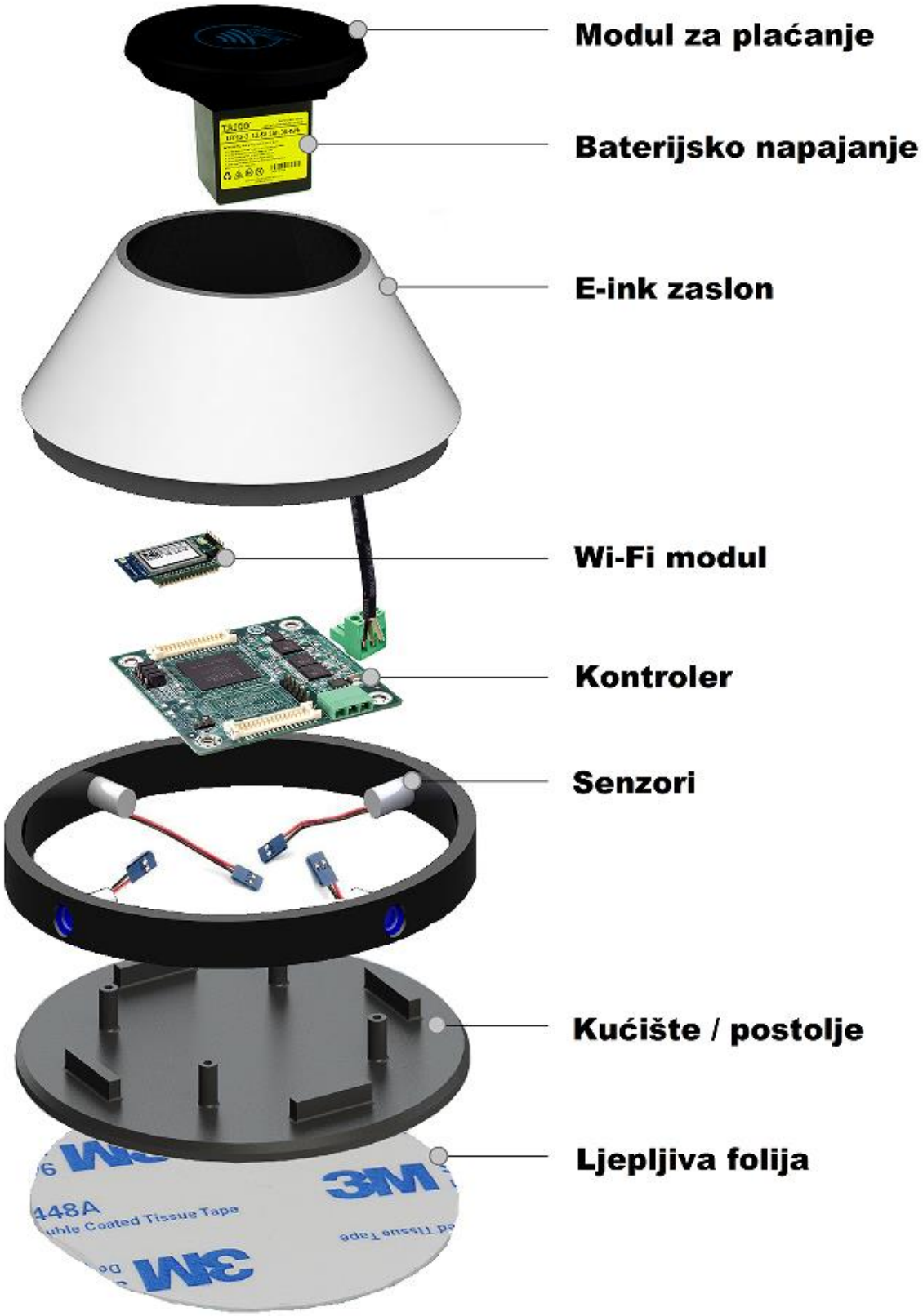
Staklena ploča stola je povezana za čelični stalak jakim adhezivom Nano 470 koji se lako nanosi te ima vrlo kratko vrijeme stvrdnjavanja pri bijeloj svjetlosti za razliku od ostalih adheziva kojima je potrebna UV svjetlost.

Sigurnost

Cijeli uređaj ima IP67 certifikat što znači da je otporan na moguće prolijevanje tekućina, prašinu, nečistoće te se može jednostavno i sigurno očistiti. To je u okolnostima kafića iznimno bitno, jer vrlo lako dođe do prolijevanja tekućine ili nakupljanja prašine, a također je važno iz higijenskih razloga da se može nesmetano čistiti deterdžentima.



Slika 20. Dimenzije uređaja



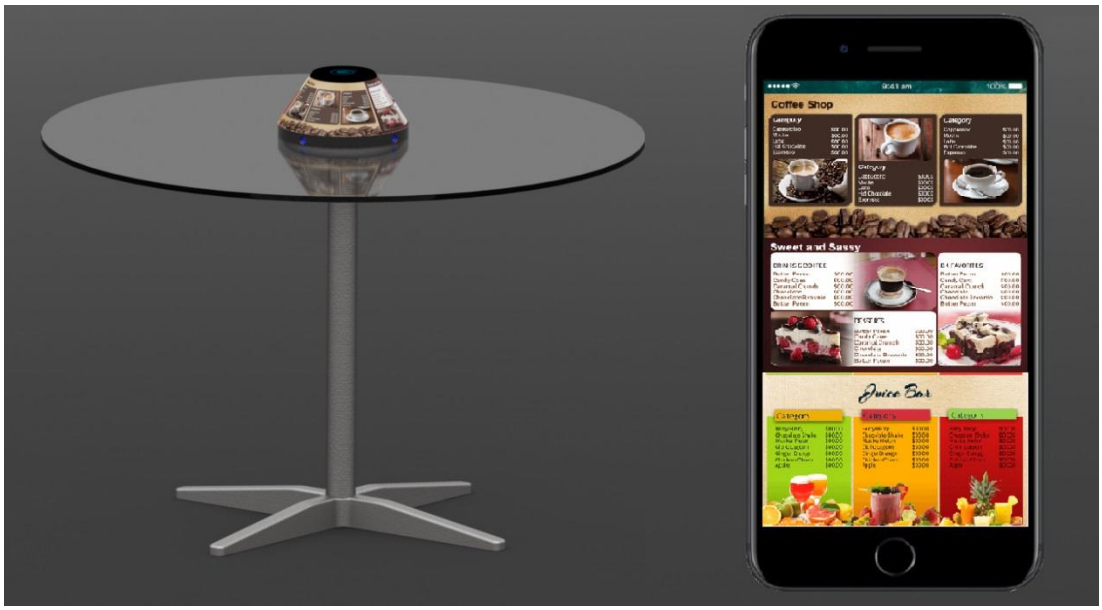
Slika 21. Dijelovi uređaja

5.2.2 Načini korištenja

Korisnik ima na izbor koristiti ponuđeni uređaj ili vlastiti pametni telefon.

Slika 22. Rukovanje uređajem

Uređaj omogućuje korisniku da dodirom prsta pregledava ponudu kafića i izvrši svoju narudžbu. Konobar pritom prima tu narudžbu na svoje računalo i posvećuje se izradi iste. Nakon dostavljanja naručenog interakcija korisnika i konobara završava. Prije odlaska korisnik plaća potrebnu novčanu svotu putem beskontaktne kartice ili pametnog telefona. Time je cijeli proces optimiziran te je ljudska greška minimizirana



Slika 23. Dva načina korištenja

U slučaju da korisnik ne želi koristiti uređaj na stolu, nego izvršiti narudžbu putem svog mobitela, to bi bilo izvedeno tako da se korisnik spoji na bežičnu Wi-Fi mrežu i tada bi se u internet pregledniku otvorila stranica s identičnim mogućnostima kao na uređaju.

Također, postoji mogućnost rezervacije stola putem interneta (kao kod Cinestara gdje se vidi tlocrt slobodnih mjesta i korisnik jednostavno odabere željeni stol).

5.3 Razvoj i proizvodnja Vitkog i pametnog stola

Izrada prototipa

Izradom prototipa bio bi dobiven uvid u funkcionalnost samog uređaja. To bi omogućilo da se praktično vidi ima li još kakvih nedostataka koje je potrebno otkloniti prije serijske proizvodnje. Osim toga, uvelike je lakše i jednostavnije upravljati idejom i proizvodom kada imamo opipljivu domenu same ideje.

Prototip bi bio jednostavan kako bi troškovi bili što niži. Korištena bi bila gotova platformu kao što je Arduino i Raspberry Pi jer su povoljni i lako dostupni te postoji vrlo široka paleta periferije koja se može jednostavno spojiti. Kućište bi se izradilo primjenom 3D printera.

Nakon detaljnog testiranja prototipa krenulo bi se u suradnju sa Byte Lab razvojnim partnerom s kojim bi se konstruirao pravi funkcionalan proizvod. Napravilo bi se nekoliko komada i postavilo u jedan kafić na testiranje u realnoj okolini. Nakon dodatnog usavršavanja krenulo bi se u serijsku proizvodnju.

Slika 24. Web stranica Byte Lab-a

Nabava materijala

Unutar ovog aspekta razmišljanje je orijentirano na jeftine logističke troškove. Logistički troškovi su skuplji u nerazvijenim zemljama te su veći što je vrijednost proizvoda manja. Stoga je plan da se naruči 10% više materijala nego što je očekivana potrošnja, kako ne bi ostalo previše zaliha, a opet da je osigurano da proizvodnja nesmetano teče.

Serijska proizvodnja

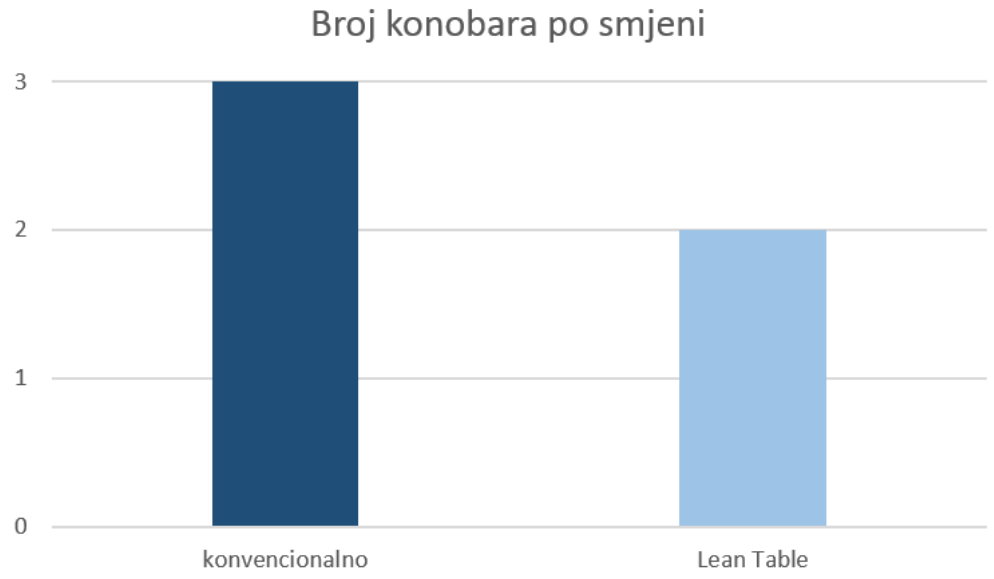
Lanac opskrbe uključuje sve aktivnosti te poduzeća partnere koji su uključeni u montažu gotovog proizvoda. Cilj jest u što kraćem vremenu proizvesti što veći broj kvalitetnih uređaja koje kasnije ne bi trebalo naknadno dorađivati. Prema usavršenom prototipu bi se izradio plan serijske proizvodnje.

5.4 Procjena koristi koje poduzeće može ostvariti plasmanom na tržište

Uređaj je malih dimenzija, jednostavan za korištenje, troši minimalno energije, a uvelike poboljšava samu uslugu, ali ne samo to, već ima i mnoštvo drugih pogodnosti. Uređaj bi bio povezan s ekranom za šankom gdje bi konobar vidio koju narudžbu mora odnijeti za koji stol, također bi bio povezan sa skladištem gdje bi se automatski vidjelo koliko čega je taj dan

potrošeno te što treba naručiti. Nadalje, bio bi povezan na internet kako bi ljudi vidjeli ima li slobodnih mjesta u kafiću te kakve su recenzije gostiju. Plaćanje bi bilo jednostavno i sigurno putem beskontaktnih kartica i mobitela. Naravno, ako netko ima dodatnih pitanja ili želi platiti gotovinom, postojala bi tipka "pozovi konobara", kako bi zaista svaki gost bio zadovoljan, ali željeni cilj je smanjiti broj koraka konobara. U današnje vrijeme ljudi sve manje plaćaju gotovinom pa stoga plaćanje karticama pridodaje još jedan elemenat efikasnosti.

Ne samo da bi Lean stol poboljšao uslugu za goste, već uvelike i za sam objekt u kojem se nalazi. Naime, poslodavac bi morao imati manji broj zaposlenika jer se efikasnost jednog konobara automatski poveća.



Slika 25. Broj konobara po smjeni

Nadalje, u svako vrijeme se zna koliko kojeg proizvoda ima na skladištu te koji proizvodi se najviše naručuju. Također se bilo kada može promijeniti ponuda, dodati neki novi proizvod ili oduzeti neki koji se uopće ne prodaje, ali možemo lako i promijeniti cijenu, kao što se npr. u ljetnoj sezoni povisuju cijene, a sve to bez da moramo fizički stalno tiskati nove cjenike. To znači da kada jednom imamo pametni uređaj za naručivanje, ne trebamo više raditi inventuru, tiskati nove cjenike, paziti da ćemo gostu reći da imamo nešto čega nam je ponestalo.

U tablici je procijenjeno koje koristi može poduzeće ostvariti proizvodnjom i plasmanom Vitkog i pametnog stola na tržište.

Tablica 2. Problemi prisutni kod klasičnog pristupa i poboljšanja koja uvodi Lean Table

Problemi	Zašto Lean Table?
-velika mogućnost pogreške, npr. krivo tumačenje narudžbe, zaboravljanje narudžbe, ne uočavanje gosta, pogrešna naplata, ne naplata, prodaja robe koje nema na stanju	-skraćuje vrijeme od narudžbe do isporuke, a vrijeme je najvažnija stvar u lean-u
-nepotrebne kretnje konobara što rezultira duljim trajanjem ukupnog procesa	-pružanje direktnog pogleda korisnika na dostupnost pojedinih usluga
-dugo vrijeme isporuke, osobito za vrijeme gužve	-prebacivanje većeg dijela procesa na korisnike usluga
-gubitak korisnika zbog mogućnosti dužeg čekanja na uslugu	-privlačenje korisnika zbog brzine i točnosti usluge
	-povećava fleksibilnost i učinkovitost
	-kontinuirano unaprjeđenje

5.5 Stanje konkurencije

Danas postoje brojni slični pokušaji, no u većini slučajeva oni su glomazni, skupi, nepraktični i ne povećavaju efikasnost usluge. Korisnici najčešće moraju stajati u redu kada žele nešto naručiti, a problem posebno dolazi do izražaja prilikom gužvi (Slika 27.). Takvi pristupi nisu toliko prihvaćeni pa većina korisnika i dalje odabire klasičan način naručivanja ili mole zaposlenike da obave narudžbu umjesto njih (Slika 28.).

Slika 26. McDonald's

Slika 27. Avenue Mall Zagreb

Vitki i pametni stol nudi ugodniju i ležerniju metodu naručivanja i plaćanja jer svaki stol ima svoj uređaj, lak i brz pristup svoj raspoloživoj ponudi i cijenama, jednostavnu rezervaciju, a i eliminira se čekanje u redu i stvaranje gužvi.

Slika 28. Glomazni i skupi proizvod[14]

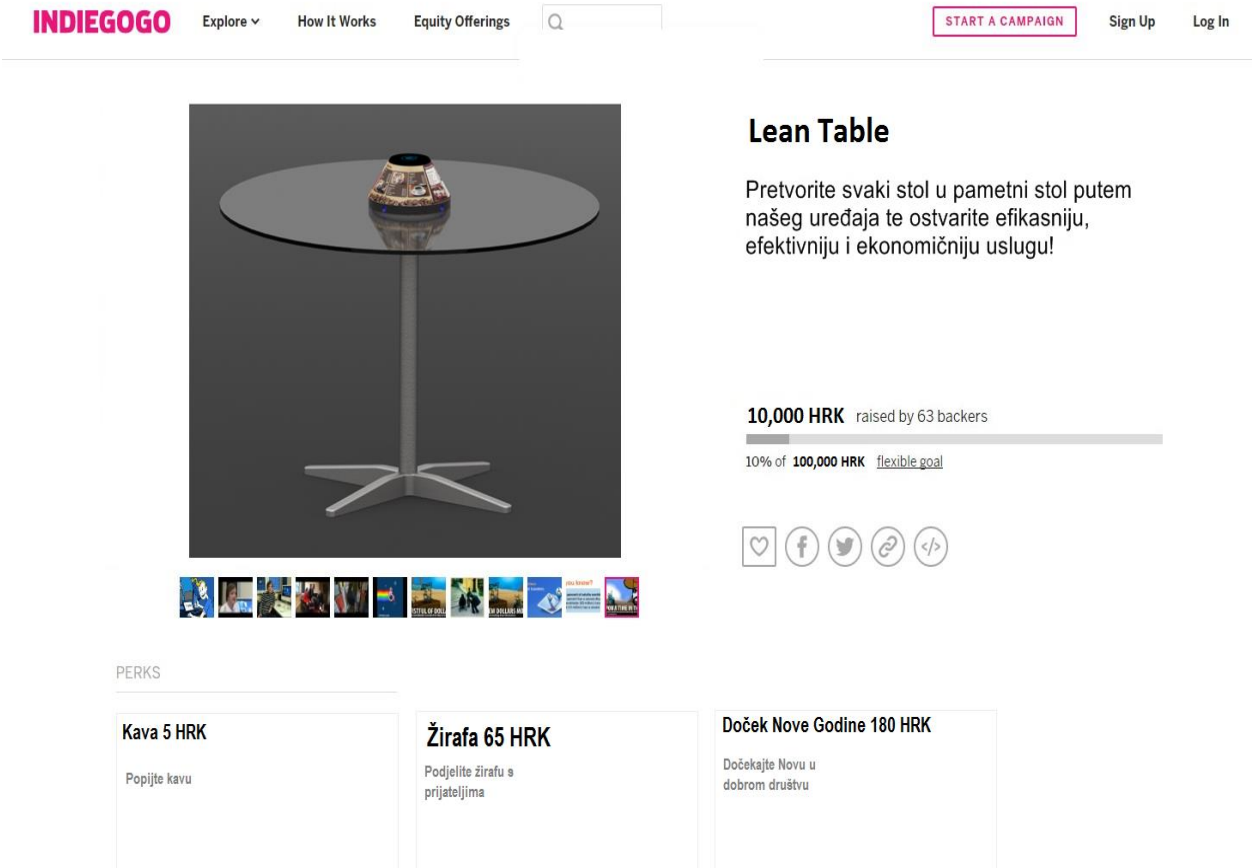
5.6. Simulirani vremenski tok izrade prototipa te proizvodnja i plasman na tržište

Prikupljanje financijskih sredstava vezanih za provođenje ideje pametnog stola u realnost podijeljeno je u dvije faze, primarna i sekundarna.

5.6.2 Primarna faza

U primarnoj fazi sva prikupljena financijska sredstva raspodijelila bi se na izradu prototipa pametnog stola. Oblik samog uređaja, izgled, smještanje i vrsta ekrana, podloge za komunikaciju, elektroničke komponente, implementaciju softvera , izvora napajanja te dostava i postavljanje nekoliko pametnih stolova u kafić te prikupljanja informacija o njihovu ponašanju u realnoj okolini.Prihod u primarnoj fazi će biti minimalan, ako će ga uopće i biti. Cilj primarne faze je pokriti sve troškove prilikom stavljanja pametnog stola na tržište, a realan prihod od pametnog stola se očekuje u sekundarnoj fazi. Dva su glavna izvora prihoda za pokrivanje troškova pametnog stola u primarnoj fazi. To su startup poduzeća i fondovi Europske unije. U najširem mogućem značenju startup je tvrtka koja traži svoj poslovni model odnosno način da radi što svaka tvrtka u konačnici mora raditi: profitirati. Stoga možemo reći da je startup inovativan tehnološki biznis koji ima potencijal brzog rasta i velikih dometa. Startup je dakako američki pojam i uključuje bilo koju vrstu tvrtke, iako se i u SAD-u povezuje s

visokotehnološkim projektima. Razlog tomu je jednostavan i vezan za samo ime: tehnološki projekti po svojoj prirodi imaju najveći potencijal za rast.



Slika 29. Indiegogo

Od 3 najpoznatija Kickstarter, Indiegogo, GoFoundMe, odabran je Indiegogo. U vremenskom rasponu od mjesec dana cilj je prikupiti 100 000 kn. Osim vlasnika kafića koji bi svojim financijskim prilogom podržali razvoj i time dobili uređaje po jeftinijim cijenama nego kasnije u prodaji, moguće su također donacije građana koji bi ovisno o iznosu uplate, u kafiću u kojem će biti postavljeni stolovi, dobili gratis kavu. Za nešto veću donaciju moguće je osigurati proslavu nove godine po promotivnoj cijeni i slične usluge u dogovoru s kafićima.

5.6.3. Sekundarna faza

Nakon testiranja u kafiću i sagledanih rezultata ušli bi u sekundarnu fazu financiranja troškova. Sekundarna faza bi se dijelila na prihod dobiven putem sponzora i novčana sredstva dobivena kupovinom pametnih stolova za sve ostale kafiće. U sekundarnoj fazi bi vijest o pametnom stolu bila uvelike poznata i web stranica bi imala dobru posjećenost te bi uz pomoć novčanih sredstava

sponzora dio troškova izrade serije pametnih stolova bili pokriveni. Ostatak troškova pokrilo bi se novcem dobivenim novim narudžbama. U tom djelu financiranja bio bi ostvaren prvi pravi prihod od pametnih stolova. Vremenski period od osnivanja ideje pa preko realizacije do ostvarivanje prihoda bi bio 2 godine.

5.6.4. Izrada prototipa

Tablica 3. Izrada prototipa

Konstruiranje, dizajn, izrada, dostava	- 20 000 kn
Materijal	- 5 000 kn
Ekran, zaštitna površina	- 10 000 kn
Elektroničke komponente	- 5 000 kn
Sklapanje	- 1 000 kn
Implementacija	- 2 000 kn
Troškovi promoviranja i marketinga	- 20 000 kn
Indiegogo	+ 100 000 kn
Ostatak - predviđen za neočekivane troškove	+ 37 000 kn

Troškovi izrade softvera uključuju 3 programera i iznajmljeni uredski prostor. Izrada je planirana kao najveći utrošak financijskih sredstava koje bi pomoglo financirati Ministarstvo turizma te Europski fondovi. Nakon implementacije aplikacije na pametne stolove preostaju troškovi održavanja što uključuje dodatnog programera

Tablica 4. Troškovi izrade

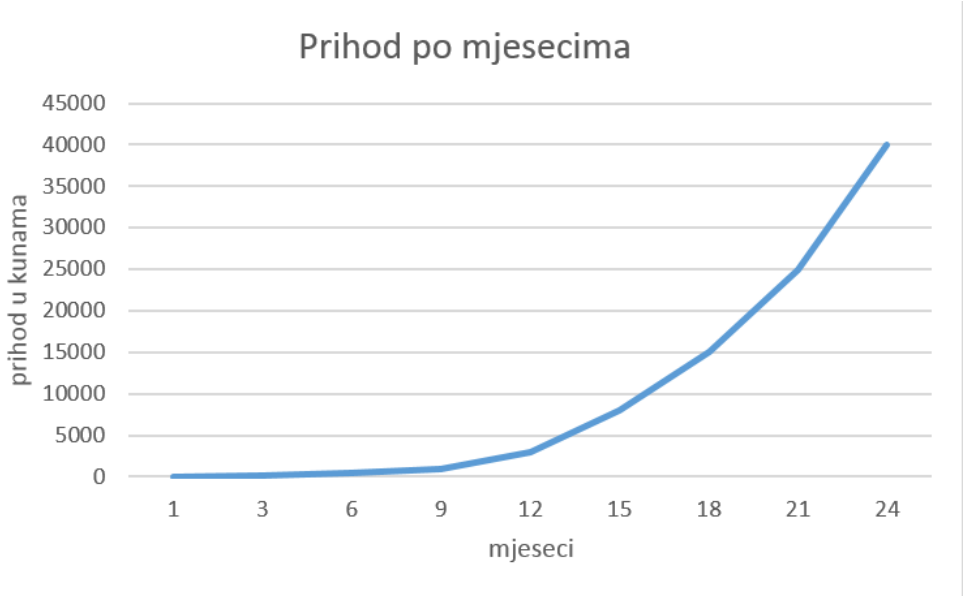
Troškovi izrade	- 600 kn / uređaju
Troškovi programiranja	- 30 000 kn
Troškovi održavanja	- 1000 kn / mjesečno

Troškovi najma prostora	- 4000 kn / mjesečno
Troškovi energije i režija	- 500 kn / mjesečno
Potpora Ministarstva turizma	+ 18 000 kn
Financijska sredstva iz Europskog Fonda	+ 13 000 kn
Financijska potpora ulagača	+ 100 000 kn
Financijska potpora sponzora	+ 10 000 kn / mjesečno
Procjena prihoda od prodaje uređaja	+ 1 000 kn / uređaju
suma	~ 40 000 kn

Nakon 2 godine od početka izrade pametnog stola profit bi bio 40 000 kn prilikom izrade i prodaje od 10 uređaja što je potrebno samo za pokretanje i izvedbu same ideje, dalje bi profit samo rastao jer su u prve dvije godine otklonjeni svi problemi.

Na kraju druge godine sa financijskog stajališta krenuvši iz nule uz profit od 40 000 kn uspješno bi bili nadmireni svi nepredviđeni troškovi proizvodnje , transporta te marketinga. Sa zalihom materijala za proizvodnju, gotovim idejama implementiranih u proizvod, gotovim softverskim rješenjima i aktivnim sustavom za podršku ušlo bi se u treću godinu. U trećoj godini uz minimalno uloženog vremena, uhodanom proizvodnjom, organiziranom dostavom i podrškom u slučaju kvara očekuje se većinski profit. Uz pretpostavku da je pametni stol na kraju treće godine implementiran u tridesetak kafića ukupni profit bi iznosio 200 000 kuna

.



Slika 30. Prihod po mjesecima

Prikupivši sredstva potrebna za izradu i proizvodnju stola preko Indiegogo te sponzora i naposljetku od prodaje uspjeli bi pokriti sve troškove te bi prihod ostvaren od Vitkog i pametnog stola bio vidljiv tek nakon godine dana. Nakon 12 mjeseci prihod bi rastao eksponencijalno kao što je vidljivo iz slike 30. Gdje bi nakon godine i pol ostvarili profit od 15 000. Nakon dvije godine prihod bi prerastao 40 000 kn.

Vremenski okvir prikazan na slici 31. Prikazuje vremenski slijed od začetka ideje pa do serijske proizvodnje Vitkih i pametnih stolova. Ideja i formiranje tima je započelo u ožujku 2017. Do studenog iste godine traje istraživanje i razvoj koje je dovelo do izrade prvog prototipa. U travnju 2018. započeta je indiegogo kampanja koja traje do lipnja 2018. U srpnju se predviđa testiranje nekoliko probnih uređaja u kafićima koja dovodi do listopada 2018. Svi bugovi i nepredvidive greške i nedostaci bi se uklonili i moglo bi se krenuti u serijsku proizvodnju Vitkog i pametnog stola.

Slika 31. Vremenski okvir

5.7 Moguća unaprjeđenja

Kako bi kontinuirano Vitki i pametni stol bio konkurentan na području tehnologije koja svakim danom postaje sve kompleksnija i unapređenija potrebno je biti inovativan i nastaviti poboljšavati proizvod. Iz tog razloga fokus poboljšanja usmjeren je na budućnost. Neki od primjera su integracija sa društvenim mrežama, bežično punjenje pametnih mobitela, satova i drugih uređaja, donošenje narudžbi dronovima, proširenje mogućnosti uvođenjem mnogih senzora na razna mjesta kao što su šalice, stolice itd. Također se potrebno prilagoditi zahtjevima tržišta te konstantno pratiti rast i pad cijena materijala, usluga i slično. Samim time bi u budućnosti Vitki i pametni stol smanjio proizvodne troškove te postao masovno dostupan.

6. ZAKLJUČAK

Ovim radom uvedeno je nešto inovativno i revolucionarno u uslužne objekte. Razvoj IT tehnologija u posljednjih dvadeset godina naglasio je digitalnu transformaciju kao pravac u kojem se mora razvijati i uslužne djelatnosti. Internet kao platforma tvori razgranatu mrežu mogućnosti međusobne komunikacije. Sve što okružuje ljude će biti povezano. Pojmovi poput Internet of Things , Internet of Services, Cloud Computing, 3D Printing, Big Data i slični postali su temelj današnjeg modernog svijeta, a time i usluga. Definicija Industrije 4.0 je da se novim tehnologijama, ispravnim korištenjem i izmjenama, poboljša funkcioniranje trenutnog sustava usluga njihovom implementacijom.

U ovom načinu rada većina odgovornosti svodi se na samog gosta, on naručuje kada je odlučio što želi, a podaci se automatski prosljeđuju na potrebno mjesto te se na jednom mjestu obrađuju te vrše daljnje analize. Glavni fokus je bio da se promijeni sam princip naručivanja u svrhu veće efikasnosti i kvalitetnije usluge. Tako konobar ne bi više morao dolaziti do svakog gosta zbog narudžbe i plaćanja čime bi se postigle značajne uštede u vremenu. Razvojem inovativnog Vitkog i pametnog stola automatizirao bi se ustaljeni proces, smanjila mogućnost pojava pogrešaka , omogućilo više vremena za usluživanje novih gostiju te smanjenjem troškova i povećanjem prihoda doprinijelo efikasnijem poslovanju poduzeća.

7. LITERATURA

[1]. Lean menadžment priručnik, *Proizvodnja i usluge*, Zagreb, 2014.

[2]. *Lean upravljanje*; http://www.qualitas.hr/poslovno-savjetovanje/lean-upravljanje.html; 3.2.2017.

[3]. Kondić, Ž., Maglić, L.: Poboljšanja u sustavu upravljanja kvalitetom metodologijom „Lean six sigma“;
[4]. http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=41013&lang=en, 3.2.2017.
[5]. *Whats Lean*; http://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm, 3.2.2017.

[6]. Womack, James P.; Jones, Daniel T.: *„Lean Thinking“*, New York, 2003.

[7]. Štefanić, N.: *Lean proizvodnja*, 2012, https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/20_09_2011__14682_Osnove_menadzm enta-LEAN.pdf, 3.2.2017.

[8]. *Pull production systems*, http://alexsibaja.blogspot.hr/2014/10/pull-production-systems-benefits-and.html, 3.2.2017.

[9]. Oritz Chris A., *Kaizen Assembly – Designing, Constructing and Managing a Lean Assembly Line*, Taylor and Francis Group, 2006, Boca Raton, Florida, USA

[10]. https://kim.kaizen.com/kimglobal/userfiles/Image/pt/kaizen.png, 4.2.2017.

[11]. Masaki Imaj, *KAIZEN – Ključ japanskog poslovnog uspeha*, Mono i Manjana, 2008.

[12]. http://www.leanbih.com/, 4.2.2017.

[13]. http://tps-lean-posao.blogspot.hr/2013/01/29-kaizen.html, 4.2.2017.

[14]. http://www.bulsuk.com/2009/02/taking-first-step-with-pdca.html, 5.2.2017.

[15]. Pereira, R.: *Kaizen Rules*, http://blog.gembaacademy.com/2007/07/22/kaizen-rules-%E2%80%93-1-2/; 5.2.2017.

[16]. *Upravljanje kvalitetom*, http://svijet-kvalitete.com/index.php/upravljanje-kvalitetom/1255-ishikawa-dijagram, 5.2.2017.

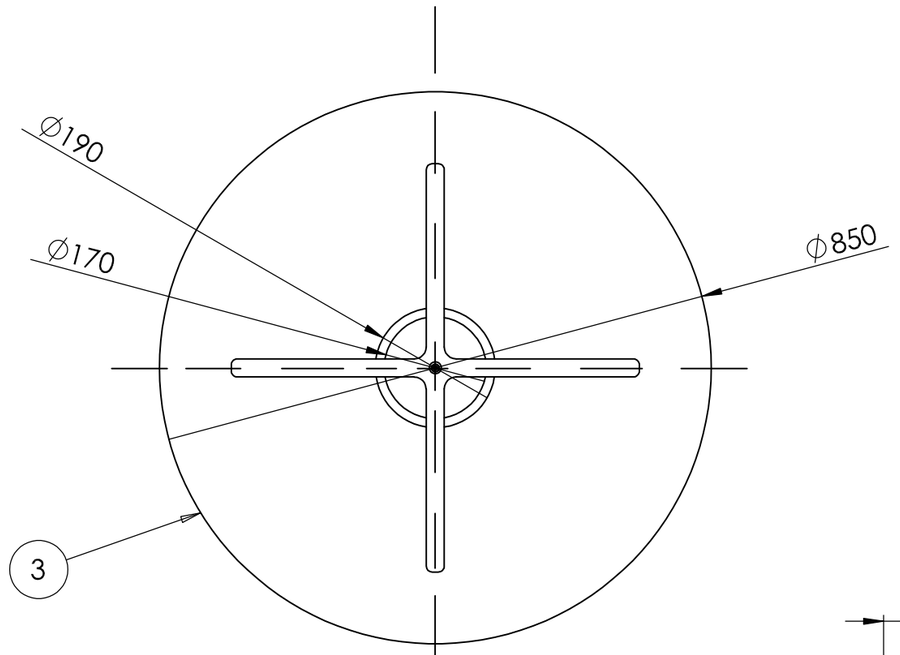
[17]. https://en.wikipedia.org/wiki/5S_(methodology), 5.2.2017.

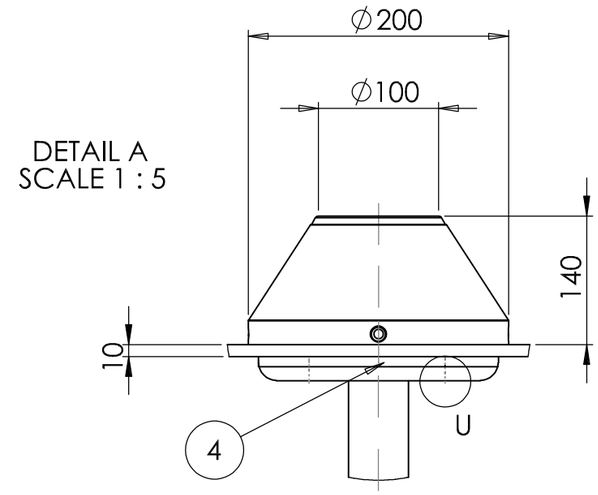
[18]. Vlašić Katarina, *Metode reinženjeringa i njihova provedba u grafičkoj proizvodnji*, Zagreb, 2012.

[19]. http://lablean.blogspot.hr/2015/03/kanban-smart-way-to-organise-work-flow.html, 5.2.2017.

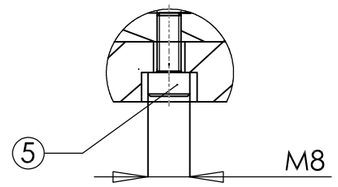
PRILOZI

I. CD-R disc
II. Sklopni crtež Vitkog i pametnog stola

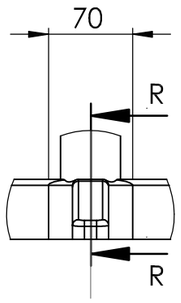




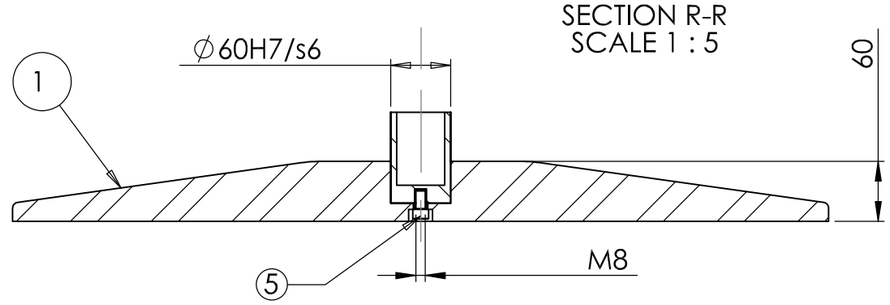
DETAIL A
SCALE 1 : 5



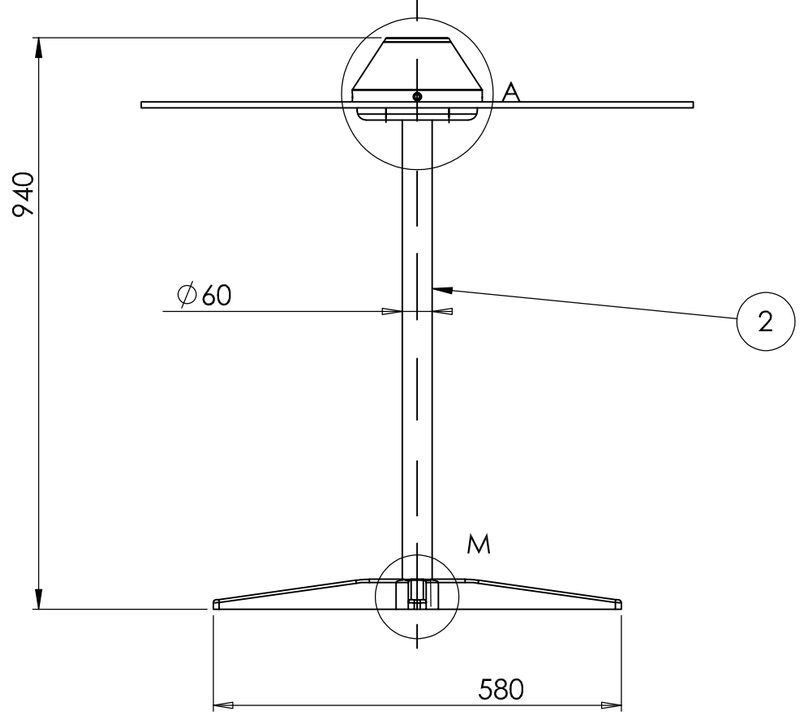
DETAIL U
SCALE 1 : 2



DETAIL M
SCALE 1 : 5



SECTION R-R
SCALE 1 : 5



Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
1	Noge	1		čelik		9,905
2	Stalak	1		čelik		3,720
3	Ploča	1		staklo		2,199
4	Uređaj	1		ABS		0,700
5	Vijak M8x20	5	ISO 4762			

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao			
	Razradio			
	Crtao	12.05.2018	Denis Hohšteter	
	Pregledao			
	Mentor			

FSB Zagreb
Studij strojarstva

ISO - tolerancije	
∅60H7/s6	-0,023
	-0,072

Objekt: Stol

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Smjer:

Kopija

Materijal: čelik, staklo, ABS

Masa: 16,524

Mjerilo originala 1:10

Naziv: Vitki i pametni stol

Pozicija:

Format: A3

Listova: 1

Crtež broj: 00-001-01

List: 1

Design by CADLab