

# Lean principi i njihova primjena u konkretnim procesima

---

**Buden, Silvijo**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:728748>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-03**

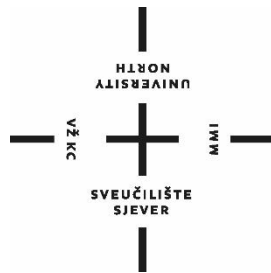


*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



DIPLOMSKI RAD 029/STR/2021

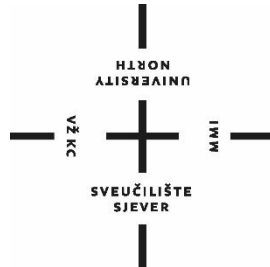
**LEAN PRINCIPI I NJIHOVA PRIMJENA U**  
**KONKRETNIM PROCESIMA**

Silvijo Buden

Varaždin, srpanj 2021.



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Strojstva**



DIPLOMSKI RAD 029/STR/2021

**LEAN PRINCIPI I NJIHOVA PRIMJENA U**  
**KONKRETNIM PROCESIMA**

Student:

Silvijo Buden, 0922/336D

Mentor:

prof.dr.sc. Živko Kondić

Varaždin, srpanj 2021.

## Prijava diplomskog rada

### Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za strojarstvo		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Strojarstvo		
PRISTUPNIK	Silvijo Buden	MATIČNI BROJ	0922/336D
DATUM	16.06.2020.	KOLEGIJ	LEAN PROIZVODNJA
NASLOV RADA	Lean principi i njihova primjena u konkretnim procesima		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Lean principles and their application in concrete processes		
MENTOR	prof.dr.sc. Živko Kondić	ZVANJE	Redoviti profesor
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc.dr.sc.Zlatko Botak, predsjednik povjerenstva		
	2. prof.dr.sc.Živko Kondić, mentor, član		
	3. doc.dr.sc.Tomislav Veliki, član		
	4. doc.dr.sc. Matija Bušić, rezervni član		
	5. _____		

### Zadatak diplomskog rada

BROJ	029/STR/2021
------	--------------

OPIS

Pristupnik u svome diplomskom radu treba obraditi sljedeće:

- Nakon uvodnog dijela potrebno je ukratko opisati povjest Lean metodologije, značenje i principe
- Objasniti pojmove i njihovo značenje u kontekstu Lean koncepcije: OEE (Overall Wquipment Effectivness); TEEP (Total Effective Equipment performance); SMED (Singl Minute Exchange of Dies) te TPM (Total productive maintenance).
- Objasniti osnovne postupke primjene Lean koncepcije u odabranom poduzeću i na konkretnom procesu kroz izračun OEE, TEEP, te primjenu principa SMED i TPM-a.
- Opisati postupak mapiranja toka vrijednosti na konkretnom proizvodnom procesu.
- Objasniti postupak realizacije radnih naloga na odabranom procesu kroz prikaz svih poboljšanja koja su moguća primjenom koncepcije lean.
- U završnom dijelu diplomskog rada pristupnica se treba kritički osvrnuti na svoj rad te ograničenja koja su bila aktualna tijekom izrade.

ZADATAK URUČEN 13.05.2021.



POTPIS MENTORA

## **Predgovor**

Izjavljujem da sam diplomski rad u potpunosti napravio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studiranja, navedenu literaturu i podatke omogućene od strane djelatnika tvrtke Oprema d.d.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Živku Kondiću na dostupnosti, svim savjetima i razumijevanju koje mi je pružio prilikom izrade diplomskog rada. Uistinu sam zahvalan na smjernicama koje su me vodile kroz izradu rada i znanju koje sam stekao na Vašim predavanjima.

Zahvaljujem se profesorima i profesoricama Sveučilišta Sjever na znanju koje sam stekao studirajući i tvrtki Oprema d.d. koja mi je omogućila izradu diplomskog rada. Posebno se zahvaljujem mr.sc. Mariju Piškori, dipl.ing. i Martinu Peteku, mag.ing.mech. na pruženim savjetima i potrebnim podacima.

Na kraju izuzetno hvala kolegama na pomoći tijekom studiranja, prijateljima i obitelji koja mi je pružala podršku i razumijevanje kroz cjelokupno studiranje.

## Sažetak

Predmet diplomskog rada bili su lean principi i njihova primjena u konkretnim procesima. Ukratko su teorijski objašnjeni pojmovi lean, OEE (Overall Equipment Effectiveness), TEEP (Total Effective Equipment Performance), SMED (Single Minute Exchange of Dies) i TPM (Total Productive Maintenance). Detaljno su opisani promatrani procesi proizvodnje polistirenskih posuda termoformiranjem i izoliranje polistirenskih posuda poliuretanskom pjenom. Za svaki proces su izračunati OEE i TEEP. Napravljeno je mapiranje toka vrijednosti i gantogrami planirane proizvodnje. Prikazana je realizacija radnih naloga u vremenskom razdoblju od šest radnih dana. Također je napravljena usporedba između dva stroja za termoformiranje.

**Ključne riječi:** lean, OEE, TEEP, SMED, TPM, polistiren, termoformiranje, polistirenska posuda, poliuretan, mapiranje toka vrijednosti, gantogram, radni nalog

## Summary

The subject of this thesis were lean principles and their application in concrete processes. The terms lean, OEE (Overall Equipment Effectiveness), TEEP (Total Effective Equipment Performance), SMED (Single Minute Exchange of Dies) and TPM (Total Productive Maintenance) are briefly theoretically explained. Described in detail, are the observed processes of polystyrene containers production using thermoforming process and isolation of polystyrene containers with polyurethane foam. OEE and TEEP were calculated for each process. Value stream mapping and gantt charts of planned production were made. The realization of work orders in a time period of six working days was shown. A comparison was also made between the two thermoforming machines.

**Key words:** lean, OEE, TEEP, SMED, TPM, polystyrene, thermoforming, polystyrene container, polyurethane, value stream mapping, Gantt chart, work order

## **Popis korištenih kratica**

**JIT** - Just In Time

**OEE** - Overall Equipment Effectiveness

**TEEP** - Total Effective Equipment Performance

**SMED** - Single Minute Exchange of Dies

**TPM** - Total Productive Maintenance



# Sadržaj

1.	Uvod .....	1
2.	Lean .....	2
2.1.	Povijest lean proizvodnje .....	2
2.2.	Značenje lean proizvodnje .....	3
2.3.	Principi lean proizvodnje .....	3
3.	OEE (Overall Equipment Effectivness) .....	6
3.1.	Značenje OEE - a .....	6
3.2.	Šest velikih gubitaka kod OEE - a .....	7
3.3.	Računanje OEE - a .....	8
4.	TEEP (Total Effective Equipment Performance) .....	10
4.1.	Značenje TEEP - a .....	10
4.2.	Računanje TEEP - a .....	10
5.	SMED (Single Minute Exchange of Dies) .....	11
5.1.	Značenje SMED - a .....	11
5.2.	Implementacija SMED - a .....	11
5.2.1.	Prvi korak - Prepoznavanje unutarnjih i vanjskih zadataka .....	11
5.2.2.	Drugi korak - Pretvaranje unutarnjih u vanjske zadatke .....	12
5.2.3.	Treći korak - Pojednostavljenje unutarnjih i vanjskih zadataka .....	12
6.	TPM (Total Productive Maintenance) .....	14
6.1.	Značenje TPM - a .....	14
6.2.	Prednosti TPM - a .....	14
6.3.	Implementacija TPM - a .....	17
6.3.1.	Identificiranje područja primjene TPM-a .....	17
6.3.2.	Vraćanje opreme u prvobitno radno stanje .....	17
6.3.3.	Mjerenje OEE-a .....	18
6.3.4.	Rješavanje i smanjenje većih gubitaka .....	18
6.3.5.	Provedba planiranog održavanja .....	18
7.	Primjena Leana u određenom dijelu proizvodne linije tvrtke Oprema d.d. ....	20
7.1.	Oprema d.d. ....	20
7.2.	Misija, vizija i strategija tvrtke .....	20
7.3.	Postupak izrade polistirenske posude .....	21
7.4.	Računanje OEE-a kod postupka izrade polistirenske posude .....	32
7.5.	Računanje TEEP - a kod postupka izrade polistirenske posude .....	36

7.6. Izoliranje polistirenskih posuda .....	37
7.7. Računanje OEE - a kod postupka izoliranja polistirenskih posuda .....	46
7.8. Računanje TEEP - a kod postupka izoliranja polistirenskih posuda .....	48
7.9. SMED u tvrtki Oprema d.d. ....	48
7.10. TPM u tvrtki Oprema d.d. ....	49
8. Mapiranje toka vrijednosti .....	51
9. Prikaz planirane proizvodnje gantogramom .....	54
9.1. Gantogram kod termoformiranja .....	54
9.2. Gantogram kod izoliranja posuda .....	55
10. Realizacija radnih naloga .....	57
10.1. Realizacija radnih naloga kod prvog stroja za termoformiranje .....	57
10.2. Realizacija radnih naloga kod drugom stroju za termoformiranje .....	57
10.3. Usporedba prvog i drugog stroja za termoformiranje .....	58
10.4. Realizacija radnih naloga kod izoliranja polistirenskih posuda .....	60
11. Zaključak .....	63
12. Literatura .....	65
Popis slika .....	66
Popis tablica .....	67
Popis gantograma i histograma .....	68
Prilozi .....	69

# 1. Uvod

Posljednjih nekoliko desetljeća stanje na tržištu i organizaciji proizvodnje se znatno promijenilo. Glavni razlog tome je uvođenje lean proizvodnje. Svaka tvrtka konstantno unapređuje vlastite procese proizvodnje, razvija nove proizvode ili poboljšava trenutne. Svakodnevni izazovi s kojima se susreću na tržištu razlog su tih poboljšanja i smanjenja troškova proizvodnje, kako bi uspjeli ostati konkurenti. Uvođenjem lean proizvodnje dolazi do bitnih poboljšanja, kao što su :

- Smanjenje zaliha i troškova
- Povećanje kvalitete i produktivnosti
- Poboljšanje odnosa s kupcima
- Bolja organizacija radnih mjesta
- Povećanje morala zaposlenika i mnoge druge

U ovom radu prikazuje se efikasnost već primijenjene lean proizvodnje u određenom dijelu proizvodne linije tvrtke Oprema d.d. Pomoću podatka OEE utvrđen je postotak planiranog vremena proizvodnje koji je uistinu produktivan, a pomoću TEEP - a je dobiven uvid u stvarni kapacitet proizvodnog postupka. Za te podatke bilo je potrebno izmjeriti vrijeme i količinu proizvodnje kod postupka izrade polistirenske posude, te isto kod postupka izoliranja posude. OEE prikazuje ocjenu proizvodnog procesa, dok TEEP prikazuje moguće povećanje protoka s trenutnom opremom. Svakodnevnim praćenjem tih procesa proizvodnje prema realizaciji radnih naloga dobiju se točni podatci o broju ispravnih i neispravnih proizvoda, te mogućim zastojsima ili kvarovima. Uvođenjem tih podataka u računalo omogućuje se uvid u tjednu, mjesečnu ili godišnju kompletno obuhvaćenu proizvodnju.

## 2. Lean

### 2.1. Povijest lean proizvodnje

Priča o lean razmišljanju počela je početkom 1900-ih u Japanu s obiteljskim poslom obitelji Toyoda, "Toyoda Automatic Loom Works", koji je razvio ključni poslovni princip poznat kao jidoka. Jidoka se prevodi kao automatizacija ljudskim dodirima i uključuje izgradnju u kvaliteti kada se proizvodi roba i isporučuje usluga. Jidoka se usredotočuje na poboljšanje ljudskih sposobnosti da obavljaju posao s dodanom vrijednošću, što stvara pozitivnije radno mjesto.

1930. godine, obitelj Toyoda osnovala je "Toyota Motor" kompaniju, koja je integrirala drugi ključni poslovni koncept: upravo na vrijeme (JIT), proizvodnja robe i pružanje usluga samo kada je to potrebno i samo u potrebnoj količini. Toyota je prilagodila metodologiju proizvodnje kontinuiranog toka razvijenu kod Ford Motor kompanije i koncept povlačenja (proizvodnja da bi se nadopunilo samo ono što je potrošeno) kojeg su američki supermarketi koristili za održavanje niskih zaliha, te istovremeno udovoljavaju zahtjevima kupaca. Dva načela protoka i povlačenja bili su neophodni za rani uspjeh Toyote, usmjeravajući ih pokraj rasipnih zamki masovnog sustava guranja proizvodnje koji rezultira prekomjernom proizvodnjom i visokim zalihama. Koncepti jidoka i upravo na vrijeme formiraju dva stupa Toyotinog proizvodnog sustava.

W. Edwards Deming, američki statističar koji je razvio koncept "Total Quality Management", počeo je podučavati svoju filozofiju u Japanu i Josip Juran je počeo raditi izravno s Toyotom. Pod njihovim utjecajem, Taiichi Ohno je vodio Toyotin filozofski razvoj. Toyota je također usvojila znanstveni pristup rješavanja problema koji je Deming prilagodio od rada Waltera Shewharta, obično nazvanom Demingov krug ili Plan - Do - Check - Act (PDCA) i program obuke unutar industrije. Ovi elementi čine osnovu za kaizen revoluciju japanskog menadžmenta i poticanje radne snage da kontinuirano prepoznaju, dizajniraju i implementiraju poboljšanja, bez obzira na veličinu njihovog utjecaja. Kontinuiranom proizvodnjom proizvoda visoke kvalitete i prihvatljive cijene, Toyota je ubrzala svoj dobitak tržišnog udjela kroz 1980-te godine do njihove nadmoćne pozicije danas. Knjiga "The Machine that Changed the World" otkrila je Toyotine uspjehe i predstavila Toyotin proizvodni sustav svijetu. Autori su uspoređivali dva proizvodna modela - serijsku (masovnu) proizvodnju nasuprot kontinuiranom toku, te su identificirali Toyotin proizvodni sustav kao najsuvremenije poslovno upravljanje za proizvodnju i isporuku usluga.

James Womack i Daniel Jones dalje su razvili lean u njihovoj knjizi "Lean Thinking".

## **2.2. Značenje lean proizvodnje**

Lean = hr. *vitak* - znači manje svega, manje pogona, manje skladišta, manje vremena, manje ljudskog napora, manje investicija.

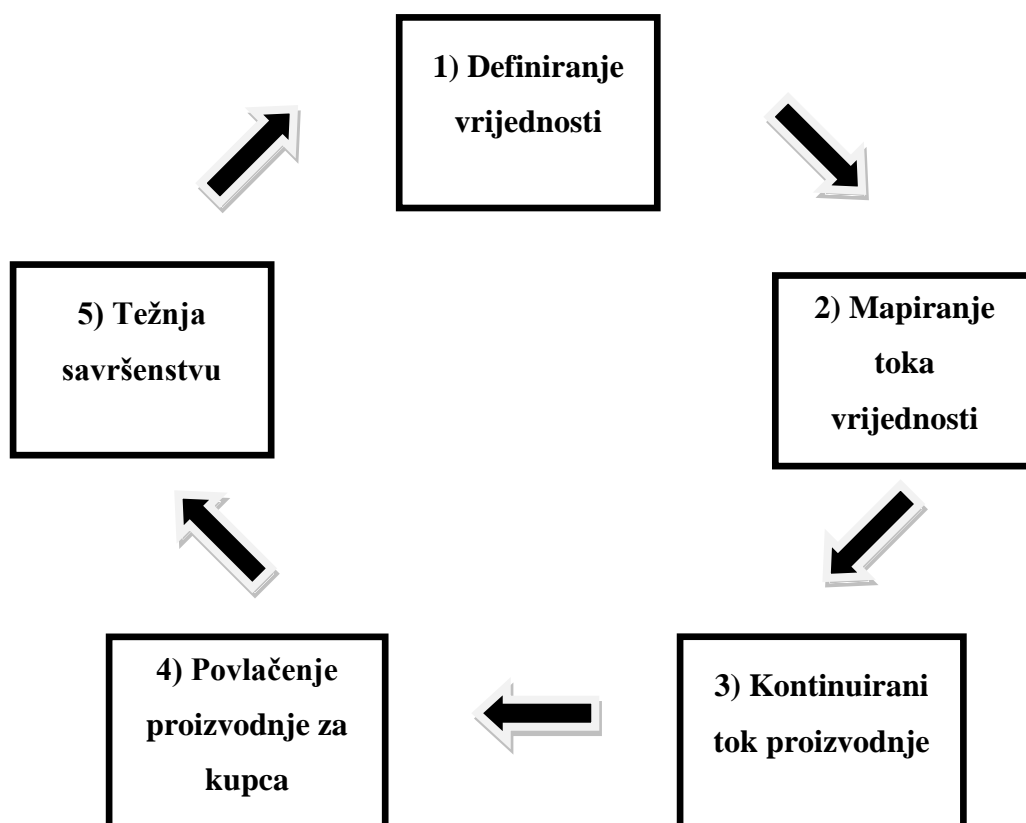
Lean proizvodnja se može definirati kao sistematska metoda uklanjanja gubitaka u proizvodnom sustavu bez smanjenja proizvodnih kapaciteta. Lean ističe radnje koje dodaju vrijednost i nastoje ukloniti gubitke uzrokovane radnjama koje ne dodaju vrijednost i koje kupac nije voljan platiti. Glavna svrha ovog proizvodnog sustava je pružanje zadovoljavajuće usluge kupcima uz stjecanje profita. Kupac je uvijek na prvom mjestu. Sve što se radi mora biti za kupčevu zadovoljstvo, ako to nije, smatra se gubitkom. Budući da nisu uvijek poznate želje kupaca, potrebno je provoditi ispitivanja i anketiranja kupaca te imati dobru komunikaciju na toj relaciji kako bi kupac dobio točno onakav proizvod kakav želi. Kada se govori o kvaliteti u leanu, ona je ugrađena u sam proizvod koristeći alate kao što su Poka-Yoke, Jidoka i dr.. Kako bi se osigurala dostava u što kraćem roku, koriste se alati poput JIT-a i slično. Smanjenje cijene proizvoda ne postiže se smanjenjem željenog profita tvrtke nego smanjenjem gubitaka u proizvodnji.

Jedna od odlika leana je da uključuje sve u tvrtki, od glavnog direktora do čistača. Svatko na svoj način doprinosi unaprjeđenju tvrtke kao zajednice. Čak su i obični radnici uključeni u provođenje lean alata, npr. 6S, Kaizen, TPM (Total Productive Maintenance), krugovi kvalitete i dr.. Lean je baziran na otkrivanju i rješavanju problema.

## **2.3. Principi lean proizvodnje**

Tvrdnja da je smisao lean proizvodnje uklanjanje gubitaka je samo djelomično točna. Naime, lean bi više trebao biti orijentiran na sprečavanje nastanka gubitaka. Prema J. Womacku, postoji pet osnovnih principa lean proizvodnje, a to su:

- 1) Definiranje vrijednosti
- 2) Mapiranje toka vrijednosti
- 3) Kontinuirani tok proizvodnje
- 4) Povlačenje proizvodnje za kupca
- 5) Težnja savršenstvu



*Slika 1. Principi lean proizvodnje*

**Definiranje vrijednosti** - svaka tvrtka nastoji ponuditi proizvod / uslugu za koju je klijent spreman platiti. Da bi to postigla, tvrtka mora dodati vrijednost definiranu potrebama svojih kupaca. Vrijednost leži u problemu koji se pokušava riješiti za kupca. Točnije u dijelu rješenja koje je klijent aktivno spreman platiti. Svaka druga aktivnost ili proces koji ne donosi vrijednost krajnjem proizvodu smatra se gubitkom. Stoga najprije treba odrediti vrijednost koju je potrebno isporučiti, a zatim prijeći na sljedeći korak.

**Mapiranje toka vrijednosti** - to je točka u kojoj doslovno treba mapirati tijek rada tvrtke. Ona mora uključivati sve radnje i ljude uključene u proces isporuke krajnjeg proizvoda kupcu. Tako će se moći utvrditi koji dijelovi procesa ne donose nikakvu vrijednost. Primjena lean principa mapiranja vrijednosti toka pokazat će gdje se generira vrijednost i u kojoj mjeri različiti dijelovi procesa rade ili ne proizvode vrijednost. Kada je mapiran tok vrijednosti, bit će mnogo lakše vidjeti koji su procesi u vlasništvu timova i tko je odgovoran za mjerenje, procjenu i poboljšanje tog procesa. Ova velika slika omogućit će otkrivanje koraka koji ne donose vrijednost i eliminirati ih.

**Kontinuirani tok proizvodnje** - nakon što se uklone gubici iz toka vrijednosti, sljedeći korak je nastojanje da ostatak proizvodnje teče glatko. Uska grla i prekidi mogu se pojaviti u bilo koje vrijeme. Međutim, podjelom rada na timove i vizualizacijom tijeka rada, lako će se otkriti i ukloniti procesne zapreke.

**Povlačenje proizvodnje za kupca** - stabilan tijek rada jamči da će timovi moći brže i brže isporučivati radne zadatke. Međutim, kako bi se osigurao stabilan tijek rada, svakako je potrebno stvoriti sustav povlačenja. U takvom sustavu rad se izvlači samo ako postoji potreba za njim. To omogućuje optimiziranje kapaciteta resursa i isporuku proizvoda / usluga samo ako postoji stvarna potreba. Kao primjer se može uzeti restoran. Idite tamo i naručite pizzu. Pekar izvlači vašu narudžbu i počinje praviti pizzu. Ne priprema se mnogo različitih jela unaprijed jer ne postoji stvarna potražnja za njim i samim time ne dolazi do rasipanje resursa.

**Težnja savršenstvu** - nakon prolaska kroz sve prethodne korake, izgrađen je lean sustav upravljanja. Međutim, uvijek je potrebno obratiti pozornost na stanje tržišta, što je najvažnije. Lean sustav nije izoliran i statičan. Problemi se mogu pojaviti na bilo kojem od prethodnih koraka. To je razlog zašto treba biti siguran da su zaposlenici na svim razinama uključeni u kontinuirano poboljšavanje procesa. Postoje različite tehnike za poticanje stalnog poboljšanja. Na primjer, svaki tim može imati dnevni sastanak na kojem će se raspravljati o tome što je učinjeno, što treba učiniti i moguće prepreke. Jednostavan način za svakodnevno poboljšanje procesa. [1]

## 3. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

### 3.1. Značenje OEE - a

**Overall Equipment Effectiveness** (hr. *Ukupna efektivnost proizvodne opreme*) mjerni je podatak koji utvrđuje postotak planiranog vremena proizvodnje koji je uistinu produktivan. Pruža puno informacija u jednom broju, pa postoji više načina na koje se OEE koristi za mjerenje proizvodne produktivnosti. Kada se pravilno izračuna i protumači, može značajno povećati proizvodnju. Ukupna učinkovitost opreme koristi se kao referentna vrijednost za usporedbu bilo koje proizvodnje s industrijskim standardima, vlastitom opremom ili drugim smjenama koje rade na istom dijelu opreme.

Standardna OEE mjerila su:

- Rezultat OEE od 100% smatra se savršenom proizvodnjom, što podrazumijeva proizvodnju bez škarta, bez zastoja i što je najbrže moguće.
- Rezultat OEE od 85% smatra se vrhunskom proizvodnjom za određene proizvođače, te ga postavljaju kao dugoročni cilj vlastite proizvodnje.
- Rezultat OEE od 60% tipičan je za određene proizvođače i pokazuje da postoji značajan prostor za poboljšanje.
- Rezultat OEE od 40% smatra se niskim, ali nije neuobičajeno za proizvođače koji tek počinju pratiti i poboljšavati performanse. U većini slučajeva, niska ocjena lako se može poboljšati pomoću jednostavnih mjera. [2]

Važni pojmovi vezani uz OEE:

- **Potpuno vrijeme proizvodnje** - vrijeme proizvodnje nakon što se oduzmu svi gubitci
- **Planirano vrijeme proizvodnje** - ukupno vrijeme proizvodnje koje se očekuje od opreme ili sustava
- **Idealno vrijeme ciklusa** - vrijeme potrebno za izradu jednog dijela
- **Vrijeme izvođenja** - vrijeme kada je sustav zakazan za proizvodnju i pokrenut
- **Ukupno broj komada** - ukupan broj svih proizvedenih komada, uključujući one s nedostacima



- **Broj ispravnih komada** - proizvedeni komadi koji udovoljavaju standardima i ne trebaju se prepravljati

### 3.2. Šest velikih gubitaka kod OEE - a

Najveći cilj primjene programa OEE - a je smanjenje ili eliminiranje najčešćih uzroka gubitka produktivnosti na strojevima ili opremi, poznatih kao šest velikih gubitaka. Ovih šest gubitaka podijeljeno je na tri glavne kategorije OEE - a (dostupnost, izvedba i kvaliteta).

OEE	ŠEST VELIKIH GUBITAKA
Gubitci dostupnosti	Kvar opreme
	Postavljanje i prilagodbe
Gubitci izvedbe	Prazan hod i manja zaustavljanja
	Smanjenje brzine
Gubitci kvalitete	Defekti u proizvodnji
	Smanjena proizvodnost

*Tablica 1. Prikaz šest velikih gubitaka kod OEE - a*

#### Gubitci dostupnosti:

- 1) **Kvar opreme** - ovo je oprema koja ne radi kad je predviđena za proizvodnju, što uzrokuje neplanirani zastoj. Kvarovi na stroju, neplanirana zaustavljanja, održavanja i kvarovi alata se uobičajeni primjeri.
- 2) **Postavljanje i prilagodbe** - ovo je zastoj u proizvodnji zbog promjena, prilagodbi strojeva i alata, planiranog održavanja, pregleda i vremena postavljanja ili zagrijavanja.

#### Gubici u izvedbi:

- 1) **Stajanja u praznom hodu i manja zaustavljanja** - praznim hodom i manjim zaustavljanjem smatra se zaustavljanje opreme na kratko vrijeme. To mogu uzrokovati zastoji, prepreke protoku, pogrešne postavke ili čišćenje. Takve probleme obično rješava operater.

- 2) **Smanjena brzina** - ponekad se naziva i sporim ciklusima. Smanjena brzina je kada oprema radi brzinom manjom od idealnog vremena ciklusa (najbrže moguće vrijeme). Dotrajala ili loše održavana oprema zbog loših praksi podmazivanja, nekvalitetnih materijala i loših uvjeta okoline česti su uzroci smanjene brzine.

#### **Gubici u kvaliteti:**

- 1) **Defekti u proizvodnji** - odnosi se na bilo koji neispravan dio proizveden tijekom stabilne proizvodnje, uključujući otpadne dijelove i dijelove koji se mogu preraditi. Pogrešne postavke stroja i pogreške rukovatelja ili opreme česti su razlozi za nedostatke procesa.
- 2) **Smanjena proizvodnost** - smanjena proizvodnost odnosi se na neispravne dijelove izrađene od puštanja u pogon dok se ne postigne stabilna proizvodnja. Poput procesnih nedostataka, to može značiti otpadne dijelove i dijelove koji se mogu preraditi. Smanjena proizvodnost najčešće se javlja nakon promjena, netočnih postavki i tijekom pregrijavanja stroja.

### **3.3. Računanje OEE - a**

Postoje dva glavna načina za izračunavanje OEE - a:

- 1) **Jednostavan način** - najjednostavniji način računanja OEE - a je omjerom ukupnog vremena proizvodnje i planiranog vremena proizvodnje.

$$OEE = \frac{(Broj\ ispravnih\ komada * Idealno\ vrijeme\ ciklusa)}{Planirano\ vrijeme\ proizvodnje} \quad [2]$$

- 2) **Preferirani način** - ova vrsta izračuna OEE - a temelji se na tri prethodno spomenuta čimbenika OEE - a. Čimbenici su dostupnost, izvedba i kvaliteta. Ovo je preferirana metoda izračuna jer ne samo da se dobije rezultat OEE - a koji pokazuje kvalitetu proizvodnje, već se dobiju i tri vrijednosti koje pokazuju što je uzrokovalo gubitke. Jednadžba izgleda ovako:

$$OEE = Dostupnost * Izvedba * Kvaliteta \quad [2]$$

**Dostupnost** - uzima u obzir planirano i neplanirano vrijeme zaustavljanja. Savršena ocjena dostupnosti znači da operacija neprestano radi tijekom planiranog vremena proizvodnje. Izračunava se kao omjer vremena izvođenja (planirano vrijeme proizvodnje umanjeno za vrijeme stajanja) i ukupnog vremena proizvodnje.

$$Dostupnost = \frac{Vrijeme izvođenja}{Planirano vrijeme proizvodnje} [2]$$

$$Vrijeme izvođenja = Planirano vrijeme proizvodnje - Vrijeme stajanja$$

**Izvedba** - uzima u obzir broj usporavanja ili kraćih zaustavljanja u proizvodnji. Savršena ocjena izvedbe u smislu OEE znači da operacija radi što je najbrže moguće. Izračunava se kao omjer vremena proizvodnje serije i vremena izvođenja. Vrijeme proizvodnje serije dobiva se umnoškom idealne brzine proizvodnje i ukupnog broja komada.

$$Izvedba = \frac{Vrijeme proizvodnje serije}{Vrijeme izvođenja} [2]$$

$$Vrijeme proizvodnje serije = Idealna brzina proizvodnje * Ukupan broj komada$$

**Kvaliteta** - odnosi na proizvedene komade koji ne udovoljavaju standardima kontrole kvalitete, uključujući one koje treba doraditi. Izračunava se kao omjer broja ispravnih komada i ukupnog broja komada.

$$Kvaliteta = \frac{Broj ispravnih komada}{Ukupan broj komada} [2]$$

## 4. TEEP (Total Effective Equipment Performance)

### 4.1. Značenje TEEP - a

**Total Effective Equipment Performance** (hr. *Ukupni djelotvorni učinak opreme*) je mjerni podatak koji pruža uvid u stvarni kapacitet proizvodnog postupka. Uzimaju se u obzir i gubici opreme (izmjereni OEE-om) i rasporedni gubici (izmjereni upotrebom).

Kratka usporedba OEE - a i TEEP - a:

- OEE mjeri postotak planiranog vremena proizvodnje koji je stvarno produktivan.
- TEEP mjeri postotak svih vremena koji su uistinu produktivni. Ako je TEEP rezultat 100%, tada se izrađuju samo dobri dijelove, što je brže moguće, bez zaustavljanja. Drugim riječima, nema gubitaka po rasporedu i OEE gubitaka.

TEEP pokazuje koliki potencijal postoji za povećanje protoka s trenutnom opremom. U mnogim je slučajevima povrat vremena iz boljeg učinka opreme brža i jeftinija alternativa kupnji nove opreme. TEEP se također može koristiti za dobivanje predodžbe o potencijalnom prodajnom kapacitetu jer uzima u obzir puni kapacitet proizvodnog pogona. Čak i tvornice svjetske klase koje rade danonoćno obično postižu samo 80% do 90% iskorištenosti ukupnih kapaciteta. [3]

### 4.2. Računanje TEEP - a

TEEP se izračunava kao umnožak OEE -a i iskoristivosti.

Iskoristivost je postotak kalendarskog vremena koje se koristi za proizvodnju. Iskoristivost uzima u obzir gubitke u proizvodnji koja nije zakazana i u pogonu koji nije otvoren, a prikazuje se u postocima.

$$TEEP = OEE * Iskoristivost \quad [3]$$

Iskoristivost se izračunava kao omjer planiranog vremena proizvodnje i ukupnog vremena.

$$Iskoristivost = \frac{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}{\text{Ukupno vrijeme}} \quad [3]$$

## **5. SMED (Single Minute Exchange of Dies)**

### **5.1. Značenje SMED - a**

**Single Minute Exchange of Dies** (hr. *Promjena alata unutar jedne minute*) je jedna od bitnijih lean metoda. SMED je sustav teorija i niz tehnika koje omogućuju izvođenje operacija postavljanja i izmjene opreme za manje od 10 minuta, drugim riječima, u rasponu od jedne minute. SMED principi mogu se koristiti i primijeniti u gotovo bilo kojoj operaciji ili procesu.

Cilj SMED-a je smanjiti vrijeme postavljanja na nekoliko minuta. Ovisno o procesu, postavljanje u roku od nekoliko minuta može biti vrlo teško, ali u većini slučajeva, ako se slijede SMED principi, može se postići drastično smanjenje vremena postavljanja.

Osnovni principi SMED-a su:

- Razlikovanje unutarnjih i vanjskih zadataka
- Analiziranje stvarne svrhe i funkcije svakog zadatka
- Usredotočiti se na rješenja koja su besplatna ili niskog troška
- Eliminirati vrijeme promjene i postavljanja, ako je to moguće.

Unutarnji zadatci su svi zadatci koji su završeni kada stroj stoji, za razliku od vanjskih zadataka koji mogu biti završeni i kada je stroj u radu.

### **5.2. Implementacija SMED - a**

Implementacija SMED-a se obično dijeli na tri koraka. Svaki korak ima određene zadatke i ciljeve, a svi su međusobno povezani. Ti koraci su:

- 1) Prepoznavanje unutarnjih i vanjskih zadataka
- 2) Pretvaranje unutarnjih u vanjske zadatke
- 3) Pojednostavljenje unutarnjih i vanjskih zadataka

#### **5.2.1. Prvi korak - Prepoznavanje unutarnjih i vanjskih zadataka**

Određeni zadatci mogu se obaviti prije zaustavljanja strojeva radi promjene. To uključuje postrojavanje ljudi, pripremu dijelova i alata i približavanje dijelova i alata opremi.

Postoje tri praktične tehnike za to:

- Razviti i implementirati kontrolne liste za promjenu
- Izvršiti provjeru funkcija dijelova i alata
- Smanjiti transport alata, dijelova i materijala.

Razdvajanjem ovih zadataka i njihovim izvršavanjem može se smanjiti vrijeme promjene za čak 30% do 50%.

### **5.2.2. Drugi korak - Pretvaranje unutarnjih u vanjske zadatke**

Prvi korak u pretvaranju unutarnjih zadataka u vanjske je priprema uvjeta rada unaprijed i pažljiva provjera trenutnog postupka izmjene dijelova i alata. Samo funkcije prvog koraka neće smanjiti vrijeme unutarnjih zadataka.

Najbitniji dijelovi drugog koraka su:

- Provjeriti stvarne funkcije i svrhe svake operacije kod trenutnih unutarnjih zadataka
- Pronalaženje načina za pretvaranje unutarnjih zadataka u vanjske.

Tri praktične tehnike pomažu u pretvaranju unutarnjih zadataka u vanjske. Te tehnike su:

- Unaprijed pripremiti radne uvjete
- Standardizirati funkcije koje su nužne za promjenu alata
- Koristiti potrebne matrice

### **5.2.3. Treći korak - Pojednostavljenje unutarnjih i vanjskih zadataka**

U posljednjem koraku poboljšavaju se svi preostali unutarnji i vanjski postupci izmjene dijelova i alata. To se radi pažljivim proučavanjem svake funkcije i svrhe još jednom. Točnije, poboljšanja trećeg koraka mogu se podijeliti na unutarnja i vanjska poboljšanja na osnovi sljedećih pristupa:

- Održavanje vizualno organiziranog radnog mjesta
- Provoditi paralelne operacije
- Ukloniti potrebu za prilagodbama
- Koristiti funkcionalne stezaljke

- Mehanizirati funkcije

SMED pruža brojne pogodnosti za tvrtke i one koji rade u tvrtki. Preciznije, prednosti SMED - a zajedno s bržim i učinkovitijim vremenima postavljanja alata, poboljšana su fleksibilnost, brža isporuka, bolja kvaliteta i veća produktivnost. Kvalitetnim uvođenjem vidljive su jednostavnije postavke i sigurnije promjene, manje zaliha i više standardiziranih procesa.

## 6. TPM (Total Productive Maintenance)

### 6.1. Značenje TPM - a

**Total Productive Maintenance** (hr. *Potpuno proizvodno održavanje*) je postupak korištenja strojeva, opreme, zaposlenika i pratećih procesa za održavanje i poboljšanje integriteta proizvodnje i kvalitete sustava. Jednostavno rečeno, to je postupak uključivanja zaposlenika u održavanje vlastite opreme, istodobno ističući proaktivne i preventivne tehnike održavanja. Potpuno proizvodno održavanje teži savršenoj proizvodnji, to jest:

- Bez kvarova
- Bez zaustavljanja ili spore proizvodnje
- Bez škarta
- Bez nesreća

Budući da je cilj ukupnog proizvodnog održavanja poboljšati produktivnost smanjenjem zastoja, provedba TPM programa može s vremenom uvelike utjecati na ukupnu efektivnost opreme (OEE). Preventivno održavanje uvijek treba biti u prvom planu svih zaposlenika.

Poboljšanje OEE - a putem TPM - a često se vrši formiranjem malih, multidisciplinarnih timova koji će se baviti osnovnim područjima poput preventivnog i autonomnog održavanja, osposobljavanjem operatera strojevima, te sigurnošću i standardizacijom radnih procesa. Ukupno proizvodno održavanje usredotočeno je na učinkovitu i djelotvornu uporabu proizvodnih sredstava, što znači da bi svi odjeli trebali biti uključeni. Osnovani timovi rade zajedno na povećanju produktivnosti i smanjenju zastoja zahvaljujući pouzdanosti opreme.

### 6.2. Prednosti TPM - a

Prelazak s reaktivnog na prediktivno održavanje jedna je od najvećih prednosti primjene TPM programa. Reaktivno održavanje je skupo, jer ne samo da se uzima u obzir trošak popravka stroja, već i troškovi neplaniranog zastoja. Neke izravne i neizravne prednosti koje proizlaze iz ukupnog proizvodnog održavanja vidljive su u tablici ispod.



PREDNOSTI UKUPNOG PROIZVODNOG ODRŽAVANJA	
Izravne prednosti	Neizravne prednosti
Manje neplaniranih zastoja što rezultira povećanjem OEE	Povećanje razine povjerenja zaposlenika
Smanjenje pritužbi kupaca	Stvara čisto, uredno radno mjesto
Smanjenje nezgoda na radnom mjestu	Povećanje pozitivnih stavova među zaposlenicima
Smanjenje proizvodnih troškova	Poštuju se kontrolne mjere onečišćenja
Povećanje kvalitete proizvoda	Dijeljenje znanja i iskustvo između odjela

Tablica 2. Izravne i neizravne prednosti TPM -a [4]

Uključujući lean proizvodne tehnike, TPM je izgrađen na osam stupova temeljenih na 5-S sustavu. Sustav 5-S organizacijska je metoda koja se temelji na pet japanskih riječi i njihovom značenju:

- **Seiri** (hr. *Organizacija*) - uklanjanje nereda iz radnog prostora
- **Seiton** (hr. *Urednost*) - osigurati da je sve potrebno na pravom mjestu
- **Seiso** (hr. *Čistoća*) - očistiti radni prostor i takvog ga održavati
- **Seiketsu** (hr. *Standardiziranje*) - standardizirati sve radne procese, čineći ih dosljednima
- **Shitsuke** (hr. *Održavanje*) - neprestano jačanje prva četiri koraka

Osam stupova ukupnog proizvodnog održavanja usredotočeni su na proaktivne i preventivne tehnike koje pomažu u poboljšanju pouzdanosti opreme. Ti stupovi su:

- 1) Autonomno održavanje
- 2) Usmjereno poboljšavanje (kaizen)
- 3) Planirano održavanje
- 4) Upravljanje kvalitetom
- 5) Preventivna kontrola opreme
- 6) Osposobljavanje i obrazovanje
- 7) Sigurnost, zdravlje i okoliš
- 8) TPM u administraciji

<p><b>1) Autonomno održavanje</b></p>	<p>Osigurava da su operateri u potpunosti obučeni za rutinsko održavanje, poput čišćenja, podmazivanja i pregleda, kao i prenošenje te odgovornosti isključivo u njihove ruke.</p>
<p><b>2) Usmjerenom poboljšavanje (kaizen)</b></p>	<p>U proizvodnji, kaizen zahtijeva kontinuirano poboljšavanje funkcija i procesa. Fokusirano poboljšanje gleda na proces kao cjelinu i mozga ideje kako ga poboljšati.</p>
<p><b>3) Planirano održavanje</b></p>	<p>Uključuje proučavanje mjernih podataka kao što su stope kvarova i povijest zastoja, a zatim raspoređuje zadatke održavanja na temelju tih predviđenih ili izmjerenih stopa kvarova ili razdoblja zastoja.</p>
<p><b>4) Upravljanje kvalitetom</b></p>	<p>Usredotočeno je na otkrivanje i prevenciju radnih grešaka u proizvodnom procesu. Proaktivnim otkrivanjem izvora pogrešaka ili nedostataka postupci postaju pouzdaniji.</p>
<p><b>5) Preventivna kontrola opreme</b></p>	<p>Koristi praktična znanja i cjelokupno razumijevanje proizvodne opreme stečene TPM - om i koristi ga za poboljšanje dizajna nove opreme.</p>
<p><b>6) Osposobljavanje i obrazovanje</b></p>	<p>Primjenjuju se na operatere, menadžere i osoblje za održavanje. Namijenjeni su rješavanju praznina u znanju kako bi se postigli ciljevi TPM - a.</p>
<p><b>7) Sigurnost, zdravlje i okoliš</b></p>	<p>Važno je stvoriti okruženje koje proizvodnju čini učinkovitijom, ali ne smije postojati opasnost za sigurnost i zdravlje zaposlenika.</p>
<p><b>8) TPM u administraciji</b></p>	<p>Znači podržati proizvodnju poboljšanjem stvari poput obrade narudžbi, nabave i rasporeda. Administrativne funkcije često su</p>

	prvi korak u cijelom proizvodnom procesu.
--	---

*Tablica 3. Osam stupova ukupnog proizvodnog održavanja*

### **6.3. Implementacija TPM - a**

Implementacija TPM programa se obično radi u pet koraka:

- 1) Identificiranje područja primjene TPM - a
- 2) Vraćanje opreme u prvobitno radno stanje
- 3) Mjerenje OEE - a
- 4) Rješavanje i smanjenje većih gubitaka
- 5) Provedba planiranog održavanja

#### **6.3.1. Identificiranje područja primjene TPM-a**

Identificiranje područja za početak primjene TPM-a pomaže stjecanju veće prihvaćenosti od osoblja kada vide koristi koje proizlaze iz procesa. Pri odabiru opreme za identificirano područje, uzimaju se u obzir tri pitanja:

- 1) Što je najlakše poboljšati?
- 2) Gdje se nalazi usko grlo?
- 3) Što je najviše problematično?

Poželjno je uključiti zaposlenike iz svih aspekata poslovanja (operatore, osoblje za održavanje, menadžere i administraciju) u odabir područja. Dobra je ideja koristiti vizualnu potporu poput projektne ploče na kojoj se može objavljivati napredak kako bi svi zaposlenici mogli vidjeti.

#### **6.3.2. Vraćanje opreme u prvobitno radno stanje**

Koncept vraćanja opreme u prvobitno radno stanje vrti se oko 5-S sustava i autonomnog održavanja. Prvo, sudionici TPM-a trebaju naučiti kontinuirano održavati opremu u izvornom stanju pomoću sustava 5-S.

Nakon što se uspostavi prvobitno stanje opreme, može se provesti autonomni program održavanja obukom radnika o načinu čišćenja opreme, te provjeri na trošenje i abnormalnosti. Stvaranje autonomnog programa održavanja također znači razvoj standardiziranog načina ispravnog čišćenja, pregleda i podmazivanja opreme.

### **6.3.3. Mjerenje OEE-a**

Treći korak zahtijeva praćenje OEE-a za ciljanu opremu, bilo ručno ili pomoću automatiziranog softvera (pod uvjetom da uključuje praćenje neplaniranog vremena zaustavljanja). Redovito mjerenje OEE-a daje potvrdu na temelju podataka o tome radi li TPM program i omogućuje praćenje napretka tijekom vremena.

Budući da su najveći gubici u vezi s opremom rezultat neplaniranog zastoja, važno je kategorizirati svaki neplanirani zastoj. Time se dobiva precizniji uvid u mjesto zaustavljanja. Podatke je potrebno prikupljati najmanje dva tjedna kako bi se dobio točan prikaz neplaniranog vremena zaustavljanja i jasna slika o tome kako mala zaustavljanja i spori ciklusi utječu na proizvodnju.

### **6.3.4. Rješavanje i smanjenje većih gubitaka**

Jednom kada se dobije potvrda na temelju podataka o tome gdje su najveći gubici, kreće postupak rješavanja. U ovom koraku se koristi prethodno raspravljani stup usmjerenog poboljšanja ili kaizen. Kako bi se to učinilo potrebno je okupiti višefunkcionalni tim operatora, osoblja za održavanje i nadzornika koji mogu secirati OEE podatke pomoću analize temeljnih uzroka i identificirati glavne uzroke gubitaka.

### **6.3.5. Provedba planiranog održavanja**

Posljednji korak procesa implementacije TPM-a je integracija tehnika proaktivnog održavanja u program. To uključuje razradu trećeg stupa planiranog održavanja. potrebno je odrediti koje komponente bi trebalo proaktivno održavati promatrajući tri čimbenika: dijelove koji se troše, dijelovi koji otkazuju i točke naprezanja.

Korištenje proaktivnih intervala održavanja. Za dijelove koji se troše i otkazuju potrebno je utvrditi trenutnu razinu istrošenosti, a zatim osnovni interval izmjene. Nakon što se utvrdi, može se stvoriti proaktivni raspored izmjene svih komponenata sklonih trošenju i kvaru. Također je moguće razviti standardizirani postupak za stvaranje radnih naloga na temelju planiranog rasporeda održavanja.

## **7. Primjena Leana u određenom dijelu proizvodne linije tvrtke**

### **Oprema d.d.**

#### **7.1. Oprema d.d.**

Tvrtka **Oprema d.d.** je proizvođač uređaja za ugostiteljstvo, prvenstveno rashladnih uređaja za hlađenje i točenje piva, te uređaja za hlađenje i točenje sokova, vina, vode, soda-vode. Tvrtka je moderno organizirana, što podrazumijeva vrhunsku kvalitetu u razvoju proizvoda, u najmodernijoj tehnologiji proizvodnje i potpunom upravljanju kvalitetom proizvoda. Profesionalni uređaji za hlađenje bezalkoholnih napitaka, piva, vina i vode odlikuju se visokim performansama, kvalitetom te vrhunskim dizajnom. Veliki izbor „rashlada“ kapacitetima odgovaraju manjim lokalnim restoranima, ali i velikim potrošačkim mjestima kao što su dvorane, stadioni i sl. Najznačajniji udio u proizvodnom asortimanu, preko 75%, čine aparati za hlađenje i točenje piva.

**Oprema d.d.** već je dugi niz godina prisutna na svjetskom tržištu. Iz male lokalne tvrtke stasala je u globalnog igrača u svojem području poslovanja, te zauzela poziciju među 5 najvećih proizvođača aparata za hlađenje i točenje pića na svijetu. Aparati za hlađenje i točenje pića u potpunosti su vlastiti proizvod razvijen u vlastitom razvojnom sektoru. Cijeli proizvodni proces od ideje, istraživanja i razvoja, preko konstrukcije, dizajna, razvoja tehnologije i proizvodnje, pa do marketinga i prodaje odvija se u samoj tvrtki. Visoku kvalitetu, raznovrsnost i pouzdanost proizvoda omogućuje dugoročni "know-how", vlastiti laboratorij, te inovativan, kreativan i educirani stručni kadar odjela za istraživanje i razvoj.

Organizacijska shema tvrtke **Oprema d.d.** sastoji se od više organizacijskih jedinica koje su međusobno povezane. Poduzeće ima funkcionalnu organizacijsku strukturu koja je hijerarhijski strukturirana te je podijeljena na organizacijsku jedinicu uprave, odjel proizvodnje, odjel komercijale, razvojno konstrukcijski odjel, financijsko računovodstveni odjel, IT odjel te odjel upravljanja kvalitetom. [5]

#### **7.2. Misija, vizija i strategija tvrtke**

Danas smo pozicionirani po kvaliteti unutar prvih 5 proizvođača uređaja za hlađenje i točenje pića u svijetu, a po količini proizvedenih jedinica unutar prvih 10. Ta pozicija iz

godine u godinu raste i cilj je da Oprema d.d. uđe po ukupno proizvedenim jedinicama unutar 5 proizvođača u svijetu.

Dobar geografski položaj nam omogućuje da budemo glavni proizvođač za države Europske unije, te da dobro pokrivamo Jugoistočnu Europu. Od vaneuropskih tržišta cilj nam je Sjeverna i Srednja Amerika, Sjeverna Afrika, Bliski i Daleki Istok.

Dosadašnji uspjeh, a i daljnja nastojanja bit će usmjerena na zadovoljavanje želja tržišta u razvoju i proizvodnji proizvoda. Za to smo potpuno opremljeni s fleksibilnom proizvodnjom u CAD CAM tehnologiji, te korištenjem napredne informatičke tehnologije, a posebni akcent je na istraživanju te razvoju u kojem rade visoko školovani razvojni inženjeri. Intenzivno surađujemo na razvoju novih komponenata s našim dobavljačima i pratimo posljednje trendove u rashladnoj tehnici.

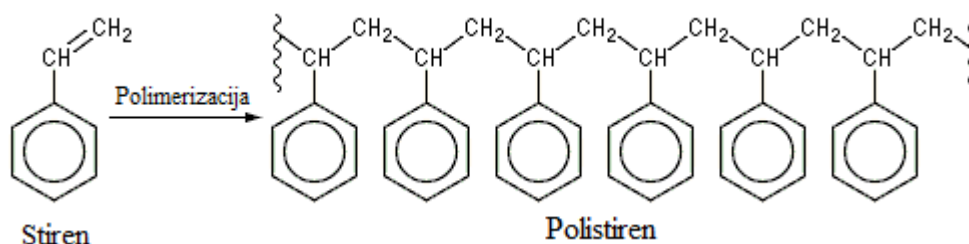
Široka mreža naših predstavništava omogućava brzi prijenos informacija i distribuciju naših proizvoda.

Ostvarenje naših ciljeva, baziranih na uskoj suradnji s korisnicima naših proizvoda generiraju upravo proizvode koji su u eksploataciji trajni i optimalni. Visoka fleksibilnost u prihvaćanju i ostvarenju želje naših korisnika stvara partnerski odnos i visoki stupanj međusobnog povjerenja. [5]

### 7.3. Postupak izrade polistirenske posude

Polistiren je tvrda, kruta, sjajno prozirna sintetička smola proizvedena nanizavanjem ili polimerizacijom stirena, kemijske supstance koja se koristi u proizvodnji mnogih proizvoda. Hladnjaci, klima uređaji, pećnice, mikrovalne pećnice, usisavači, blenderi i drugi uređaji često su izrađeni od polistirena (krutina i pjena), jer je inertan (ne reagira s drugim materijalima), isplativ i dugotrajan.

Stiren se također prirodno pojavljuje u hrani poput jagoda, cimeta, kave i govedine.



Slika 2. Proces nastajanja polistirena [6]

Polistirenske ploče nabavljaju se od dva dobavljača. Njemačkog dobavljača "Polytex" i Austrijskog dobavljača "Senoplast Klepsch & Co GmbH".

Polistirenske ploče su dimenzija:

- 1250 x 2500 mm, debljine 4 ili 6 mm
- 1500 x 3000 mm, debljine 4 ili 6 mm
- 1360 x 2720 mm, debljine 6 mm
- 1620 x 2430 mm, debljine 6 mm

Ploče se skladište neposredno uz radno mjesto.



*Slika 3. Prikaz međuskladišta polistirenskih ploča*

Polistirenske ploče prikazane na slici 4. režu se hidrauličnim škarama Schiavi GTH 420 na dimenzije kalupa. Radnik ručno postavlja i pozicionira ploču, a zatim pokreće stroj. Broj rezova škara ovisi o dimenziji ulazne ploče i dimenziji kalupa. Vrijeme trajanja određenog postupka prikazano je u tablici ispod



POSTUPAK	VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA
Uzimanje ploče iz međuskладиšta i postavljanje u stroj	30 sekundi
Rezanje po duljini (jedan rez)	2 sekunde
Uzimanje izrezanih ploča i postavljanje za rezanje po širini	15 sekundi
Rezanje po širini (jedan rez)	2 sekunde
Odlaganje izrezanih ploča na označeno mjesto	20 sekundi

*Tablica 4. Vremena potrebna za rezanje polistirenske ploče*



*Slika 4. Hidraulične škare Schiavi GTH 420*

<b>Proizvođač</b>	Schiavi shearing equipment
<b>Model</b>	GTH 420 2000 x 4 mm
<b>Godina</b>	1990
<b>Duljina reza</b>	2040 mm
<b>Nagibni kut rezanja</b>	Da
<b>Motorizirani registar</b>	1000 mm
<b>Ulje upravljačke jedinice</b>	90 l
<b>Dimenzije</b>	2440 x 1768 x 1460 mm
<b>Masa</b>	3300 kg

*Tablica 5. Specifikacije hidrauličnih škara Schiavi GTH 420 [7]*

Polistirenske ploče se režu na nekoliko dimenzija ovisno o veličini posude koja se proizvodi i o stroju na kojem se radi postupak termoformiranja.

Prema tome razlikujemo dimenzije i debljine ploča koje se koriste na prvom stroju:

- 500 x 500 mm, debljine 4 ili 6 mm
- 500 x 600 mm, debljine 4 ili 6 mm
- 540 x 600 mm, debljine 4 ili 6 mm
- 375 x 470 mm, debljine 4 mm
- 375 x 550 mm, debljine 4 mm
- 428 x 500 mm, debljine 4 mm

Dimenzije i debljine ploča koje se koriste na drugom stroju:

- 540 x 540 mm, debljine 6 mm
- 680 x 680 mm, debljine 6 mm
- 810 x 810 mm, debljine 6 mm
- 820 x 1140 mm, debljine 6 mm

Nakon rezanja ploče se odlažu na označeno mjesto neposredno uz strojeve za termoformiranje.



*Slika 5. Međuskладиšte izrezanih polistirenskih ploča*

Poslije rezanja ploča na određene dimenzije slijedi izrada polistirenskih posuda postupkom termoformiranja.

Termoformiranje je postupak zagrijavanja termoplastičnog materijala do njegove točke omekšavanja, istezanja preko ili u jednostrani kalup i zadržavanja na mjestu dok se hladi i učvršćuje u željeni oblik. Termoplastični materijal (u ovom slučaju polistirenska ploča) se stegne u uređaj za držanje i zagrijava u pećnici pomoću konvekcijske ili zračeće topline dok ne omekša. Zatim se materijal drži vodoravno preko kalupa i pritisne u ili rastegne preko kalupa pomoću tlaka vakuuma i mehaničke sile. Omekšani materijal odgovara obliku kalupa i drži se na mjestu dok se ne ohladi.

Termoformiranje se obavlja na dva stroja. Radnici ručno postavljaju određeni kalup i rade pripremu za rad stroja. Kada je sve spremno umeću prethodno izrezanu polistirensku ploču i puštaju stroj u pogon. Vrijeme trajanja postupka kod prvog stroja navedeno je u tablici ispod.

POSTUPAK	VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA
Grijanje stroja prije prve upotrebe	30 minuta
Uzimanje izrezane ploče iz međuskладиšta i postavljanje u stroj	10 sekundi
Vrijeme ciklusa stroja	135 - 185 sekundi

<b>Odlaganje dobivene posude na označeno mjesto</b>	5 sekundi
---	-----------

*Tablica 6. Vremena potrebna za termoformiranja*

Vrijeme ciklusa stroja ovisi o debljini ploče koja se koristi. Kod prvog stroja vrijeme termoformiranja traje od 135 do 185 sekundi ovisno o dimenzijama i debljini izrezane ploče. Broj proizvedenih posuda ovisi o radnim nalogima. Ako se proizvodi veliki broj istih posuda i nije potrebna izmjena kalupa maksimalno se dnevno može proizvesti oko 85 posuda iz ploča debljine 4 mm ili oko 70 posuda iz ploča debljine 6 mm.

Kod drugog stroja vrijeme termoformiranja traje od 215 do 235 sekundi. Drugi stroj radi s većim dimenzijama i većom debljinom ploče, te zbog toga postupak traje duže. Maksimalna dnevna proizvodnja drugog stroja je oko 65 posuda iz ploča debljine 6 mm. Ploče debljine 4 mm se ne koriste kod drugog stroja.



*Slika 6. Stroj za termoformiranje*



*Slika 7. Skladište kalupa za termoformiranje*



*Slika 8. Vrijeme trajanja pojedinih dijelova postupka termoformiranja*

Nakon završetka procesa termoformiranja dobivena posuda se izvadi i odlaže na označeno mjesto.



*Slika 9. Polistirenska posuda dobivena postupkom termoformiranja*

Dobivene posude termoformiranjem ne odgovaraju zadanim dimenzijama jer postoji višak materijala. Potrebna je dodatna obrada otklanjanja viška materijala. Ona se obavlja na cirkularnoj pili. Prvo se postavlja širina otklanjanja materijala ovisno o konačnim vanjskim dimenzijama posude, a zatim se kreće u odvajanje materijala. Nakon otklanjanja viška materijala pomoću cirkularne pile, posude se odlažu na označeno mjesto. Vrijeme trajanja postupka navedeno je u tablici ispod.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Postavljanje širine otklanjanja materijala</b>	60 sekundi
<b>Uzimanje posude iz međuskladišta i postavljanje na stroj</b>	5 sekundi
<b>Vrijeme za jedan komad</b>	11 - 15 sekundi
<b>Odlaganje posude na označeno mjesto</b>	5 sekundi

*Tablica 7. Vremena potrebna za otklanjanje viška materijala*



*Slika 10. Cirkularna pila*

Cirkularna pila postavljena je između strojeva za termoformiranje čime se smanjuje vrijeme transporta posuda do cirkularne pile. Svaki višak materijala odlaže se neposredno uz cirkularnu pilu u označenu posudu.



*Slika 11. Ostatci ploča polistirena*



*Slika 12. Posuda nakon otklanjanja viška materijala*

Nakon nakupljanja većeg broja ostataka ploča polistirena slijedi njihova daljnja obrada (pretežno svaki drugi dan). Svi ostatci se postupno ubacuju u granulator čime se smanjuje njihova veličina, kako bi se mogli pakirati u vreće. U vremenu od 30 minuta približno se usitni 250 kg polistirena. Usitnjeni ostatci idu direktno iz granulatora u vreću. Kada se vreća napuni slijedi odlaganje i vaganje vreće. Vreće se privremeno skladište do vremena preuzimanja. Dobavljač polistirenskih ploča preuzima vreće, a usitnjene ostatke kasnije koristi u izradi novih ploča. Vrijeme trajanja postupka navedeno je u tablici ispod.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Uzimanje ostataka ploča polistirena i ubacivanje u stroj</b>	5 - 10 sekundi
<b>Vrijeme rada stroja</b>	30 minuta
<b>Vaganje i odlaganje vreća na označeno mjesto</b>	10 minuta

*Tablica 8. Vremena potrebna za granuliranje ostataka polistirena*





*Slika 13. Granulator*



*Slika 14. Spremnik mljevenog polistirena*

Vreće su dimenzija 900 x 900 x 1850 mm, a nabavljaju se od dobavljača Bomark ambalaža d.o.o. iz Varaždina. Puna vreća teži oko 800 kg, a potrebno vrijeme da se napuni vreća iznosi oko 2 sata.

Cilj navedenih postupaka je dobivanje polistirenske posude određenih dimenzija u što kraćem vremenu, bez ili uz minimalne zastoje, što veće kvalitete, bez škarta ili potreba za naknadnom obradom.

#### 7.4. Računanje OEE-a kod postupka izrade polistirenske posude

Praćenje OEE - a napravljeno je na realnom primjeru tvrtke Oprema d.d. koristeći stvarne vrijednosti maksimalne proizvodnje **jednog radnog dana**.

**Računanje OEE - a kod prvog stroj za termoformiranje.**

**Prvi korak** je upisivanje podataka o proizvodnji:

PODACI O PROIZVODNJI	VRIJEDNOSTI
Trajanje smjene	8 sati (480 minuta)
Kratka pauza	3 puta po 5 minuta = 15 min
Pauza za ručak	20 minuta
Vrijeme stajanja	30 minuta
Idealna brzina proizvodnje	4,5 minute po komadu
Ukupan broj komada	85 komada
Broj odbijenih komada	2 komada

*Tablica 9. Podatci o proizvodnji*

U vremenu izrade diplomskog rada tvrtka Oprema d.d. radila je u jednoj smjeni, tj. osam radnih sati. Ponekad se rade i dvije smjene ako je velika potražnja za rashladnim uređajima. Tijekom radnog dana radnicima su osigurane četiri pauze. Tri kratke pauze po pet minuta i jedna duža pauza od dvadeset minuta za ručak. Vrijeme stajanja označava potrebno vrijeme zagrijavanja stroja prije nego što je spreman za rad. Ako je potrebna izmjena kalupa za vrijeme trajanja smjene, tada se ponovno gubi pola sata (ako se proizvode posude različitih dimenzija). Prije izmjene kalupa potrebno je vrijeme da se kalup ohladi, a zatim ponovno da se novi kalup zagrije.

**Idealna brzina proizvodnje** prikazuje najkraće moguće vrijeme proizvodnje jednog komada.

Broj odbijenih komada iznosi dva. Razlog tome je najčešće problem prilikom termoformiranja prvih komada (predpuhanje, grijanje, vakuumiranje ili hlađenje), te komad ne ispadne zadovoljavajuće kvalitete.

Ukratko spomenuti postupci vezani uz proizvodnju polistirenske posude i njihovo vrijeme trajanja:

POSTUPAK	UKUPNO VRIJEME TRAJANJA
Rezanje	95 sekundi
Termoformiranje	150 sekundi
Obrezivanje (postizanje zadanih dimenzija)	25 sekundi
<b>UKUPNO</b>	270 sekundi = 4,5 minute

Tablica 10. Vremena trajanja postupaka proizvodnje posude

Dobivena vremena su zbroj svih pojedinačnih radnji vezanih u pojedini postupak, a koja su navedena kod opisivanja svakog postupka.

**Drugi korak** je računanje pomoćnih varijabli:

POMOĆNE VARIJABLE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Planirano vrijeme proizvodnje	<i>Trajanje smjene - Pauze</i>	$480 - 35 = 445$ minuta
Vrijeme izvođenja	<i>Planirano vrijeme proizvodnje - Vrijeme stajanja</i>	$445 - 30 = 415$ minuta
Broj ispravnih komada	<i>Ukupan broj komada - Broj odbijenih komada</i>	$85 - 2 = 83$ komada

Tablica 11. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a

**Treći korak** je računanje OEE - a i komponenata OEE -a:

OEE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Dostupnost	$\frac{\text{Vrijeme izvođenja}}{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}$	$\frac{415}{445} = 0,9326 = 93,26 \%$
Izvedba	$\frac{\text{Vrijeme proizvodnje serije}}{\text{Vrijeme izvođenja}}$	$\frac{(4,5 * 85)}{415} = 0,9217 = 92,17 \%$
Kvaliteta	$\frac{\text{Broj ispravnih komada}}{\text{Ukupan broj komada}}$	$\frac{83}{85} = 0,9765 = 97,65 \%$
<b>UKUPNI OEE</b>	<i>Dostupnost * Izvedba * Kvaliteta</i>	0,8394 = 83,94 %

Tablica 12. Računanje OEE - a kod prvog stroja

*Vrijeme proizvodnje serije = Idealna brzina proizvodnje \* Ukupan broj komada*

$$OEE = 0,9326 * 0,9217 * 0,9765 = 0,8394 = 83,94 \%$$

Završnom kalkulacijm OEE – a prvog stroja dobiven je rezultat od 83,94 % što je prilično blizu 85 %. Takav rezultat se praktički smatra vrhunskom proizvodnjom za određene proizvođače, te ga postavljaju kao dugoročni cilj vlastite proizvodnje.

#### **Računanje OEE - a kod drugog stroja za termoformiranje.**

#### **Podatci o proizvodnji:**

PODACI O PROIZVODNJI	VRIJEDNOSTI
Trajanje smjene	8 sati (480 minuta)
Kratka pauza	3 puta po 5 minuta = 15 min
Pauza za ručak	20 minuta
Vrijeme stajanja	30 minuta
Idealna brzina proizvodnje	5,83 minute po komadu
Ukupan broj komada	65 komada
Broj odbijenih komada	2 komada

Tablica 13. Podatci o proizvodnji

**Postupci kod proizvodnje polistirenske posude:**

POSTUPAK	UKUPNO VRIJEME TRAJANJA
Rezanje	95 sekundi
Termoformiranje	225 sekundi
Obrezivanje (postizanje zadanih dimenzija)	30 sekundi
<b>UKUPNO</b>	350 sekundi = 5,83 minute

Tablica 14. Vremena trajanja postupaka proizvodnje posude

**Računanje pomoćnih varijabli:**

POMOĆNE VARIJABLE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Planirano vrijeme proizvodnje	<i>Trajanje smjene - Pauze</i>	480 - 35 = 445 minuta
Vrijeme izvođenja	<i>Planirano vrijeme proizvodnje - Vrijeme stajanja</i>	445 - 30 = 415 minuta
Broj ispravnih komada	<i>Ukupan broj komada - Broj odbijenih komada</i>	65 - 2 = 63 komada

Tablica 15. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a

**Računanje OEE - a i komponenata OEE - a:**

OEE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Dostupnost	$\frac{\text{Vrijeme izvođenja}}{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}$	$\frac{415}{445} = 0,9326 = 93,26 \%$
Izvedba	$\frac{\text{Vrijeme proizvodnje serije}}{\text{Vrijeme izvođenja}}$	$\frac{(5,83 * 65)}{415} = 0,9131 = 91,31 \%$

<b>Kvaliteta</b>	$\frac{\text{Broj ispravnih komada}}{\text{Ukupan broj komada}}$	$\frac{63}{65} = 0,9692 = 96,92 \%$
<b>UKUPNI OEE</b>	$\text{Dostupnost} * \text{Izvedba} * \text{Kvaliteta}$	$0,8253 = 82,53 \%$

Tablica 16. Računanje OEE - a kod drugog stroja

$$OEE = 0,9326 * 0,9131 * 0,9692 = 0,8253 = 82,53 \%$$

Završnom kalkulacijom OEE – a drugog stroja dobiven je rezultat od 82,53 % što je vrlo slično rezultatu dobivenom kod prvog stroja.

## 7.5. Računanje TEEP - a kod postupka izrade polistirenske posude

Računanje TEEP - a kod prvog stroja za termoformiranje u jednom radnom danu.

PODACI	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
<b>OEE</b>	83,94%
<b>Planirano vrijeme proizvodnje</b>	445 minuta
<b>Ukupno vrijeme</b>	480 minuta
<b>Iskoristivost</b>	$\frac{445}{480} = 0,9271 = 92,71 \%$
<b>TEEP</b>	$0,8394 * 0,9271 = 0,7782 = 77,82 \%$

Tablica 17. Računanje TEEP - a kod prvog stroja

$$TEEP = OEE * \text{Iskoristivost}$$

$$\text{Iskoristivost} = \frac{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}{\text{Ukupno vrijeme}}$$

Završnom kalkulacijom TEEP - a prvog stroja dobivena je rezultat 77,82 %, što znači da se povremeno proizvede neispravan proizvod i da ima zastoja u proizvodnji. U usporedbi s

tvornicama svjetske klase koje rade danonoćno, a obično postižu samo 80% do 90% iskorištenosti ukupnih kapaciteta, ovaj rezultat je iznimno dobar.

**Računanje TEEP - a kod drugog stroja za termoformiranje.**

PODACI	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
OEE	82,53 %
Planirano vrijeme proizvodnje	445 minuta
Ukupno vrijeme	480 minuta
Iskoristivost	$\frac{445}{480} = 0,9271 = 92,71 \%$
TEEP	$0,8253 * 0,9271 = 0,7651 = 76,51 \%$

*Tablica 18. Računanje TEEP - a kod drugog stroja*

Završnom kalkulacijom TEEP - a drugog stroja dobiven je rezultat 76,51 % što je ponovno vrlo slično prvom stroju uz minimalne razlike.

## 7.6. Izoliranje polistirenskih posuda

Nakon izrade polistirenskih posuda slijedi postupak izoliranja.

Postupak počinje uzimanjem polistirenske posude s označenog mjesta. Zatim se na rubove posude s donje strane lijepi stiropor. Stiropor je prethodno izrezan užarenom žicom na određenu debljinu. Debljina stiropora ovisi o debljini izolacije.

POSTUPAK	VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA
Rezanje stiropora za jednu posudu	5 sekundi
Uzimanje polistirenske posude i izrezanog stiropora	10 sekundi
Postavljanje i lijepljenje stiropora na dno posude	60 sekundi

*Tablica 19. Vremena rezanja stiropora*

Nakon postavljanja i ljepljenja stiropora na dno posude počinje proces pripreme kalupa i postavljanja posude u kalup. Kalup se odabire prema veličini posude, a uzima se iz skladišta kalupa koje se nalazi neposredno uz liniju za punjenje kalupa.



*Slika 15. Skladište kalupa*

Otvoreni kalup premazuje se odjeljivačem za kalupe. Odjeljivač za kalupe je tekuće sredstvo koje se koristi za premazivanje forme kalupa i omogućuje lakše odvajanje. Odjeljivač se nabavlja od tvrtke Iskra Zelina Kemijska Industrija d.o.o. i dolazi u pakiranju od 20 litara.





*Slika 16. Odjeljivač za kalupe [8]*

Nakon što je premazivanje kalupa gotovo slijedi postavljanje pripremljene posude i umetanje drvene jezgre. Drvena jezgra služi za fiksiranje posude čime se osigurava točnost dimenzija prilikom punjenja kalupa. Poslije umetanja drvene jezgre kalup se zatvara.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Premazivanje forme kalupa</b>	20 - 30 sekundi
<b>Postavljanje posude u kalup</b>	5 sekundi
<b>Fiksiranje posude drvenom jezgrom</b>	120 - 240 sekundi
<b>Zatvaranje kalupa</b>	90 - 120 sekundi

*Tablica 20. Vremena pripreme i zatvaranja kalupa*



*Slika 17. Zatvoreni kalup s umetnutom drvenom jezgrom*

Zatvoreni kalup ulazi u komoru za zagrijavanje gdje se zagrijava na temperaturu od 40 do 80 °C kako bi bio spreman za punjenje. Kalup se automatski pomiče unutar komore pomoću transportne trake i grije infracrvenim grijalicama.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Postavljanje kalupa u komoru za zagrijavanje</b>	5 sekundi
<b>Trajanje ciklusa stroja</b>	90 - 120 sekundi
<b>Vađenje kalupa iz komore za zagrijavanje</b>	5 sekundi

*Tablica 21. Vremena grijanja kalupa u komori*



*Slika 18. Komora za zagrijavanje kalupa*

Zagrijani kalup izlazi iz komore za zagrijavanje i postavlja se u položaj za punjenje. Kalup se puni poliuretanskom pjenom koja se dobiva miješanjem dviju komponenti. Komponente polioliol i izocijanat miješanjem stvaraju tekućinu koja ekspandira i popunjava kalup.



*Slika 19. Posude koje sadrže polioliol i izocijanat*

Pomoću zračne pumpe polioli i izocijanati iz posuda dolaze do visokotlačnog uređaja za doziranje. Na uređaju za doziranje podešava se količina punjenja za pojedini kalup. U svakom trenutku moguć je uvid u trenutno stanje doziranja i temperature pojedine komponente.



*Slika 20. Visokotlačni uređaj za doziranje Cannon AP - 30*

Masa	620 kg
Godina proizvodnje	2006
Temperatura min/max	-10 / 50 °C
Frekvencija	50 Hz
Jakost električnog izvora	380 V
Jakost električne struje	24 A
Snaga	12 kW
Tlak min/max	15 / 230 bar

*Tablica 22. Specifikacije uređaja Cannon AP - 30*

HIGH PRESSURE CYCLE					
L.P, RECYCLE					
POL		P/I		ISO	
°C	25	0.740 ± 5.0		°C	25
	24.1	0.736			23.6
g/s	51.0	g/s	120 ± 20	g/s	69.0
	50.8	g/s	119.8		69.0
		850 ± 50			
PRG N.	3	g		844.9	
				7/1-2	
DATA AREA		MOTOR CONTROL		CYCLE SELECTION	

*Slika 21. Prikaz temperature i količine doziranja na zaslonu*

Na uređaju za doziranje se također može postaviti šest količina doziranja što je prednost kada se rade serije s različitim posudama. Uređaj za miješanje, kojim se puni kalup, osim prekidača za pokretanje i zaustavljanje sadrži i rotirajući prekidač kojim se odabire punjenje pod brojem kako je prethodno postavljeno u uređaju za doziranje. Brzina punjenja je 120 grama u sekundi (g/s).



*Slika 22. Uređaj za miješanje*

Svaki kalup s bočne strane sadrži mjesto za punjenje. Mjesto za punjenje prekriveno je metalnim poklopcem koji se otvara prije punjenja i zatvara nakon punjenja kako tekuća smjesa ne bi iscurila. Proces ekspaniranja smjese traje jednu i pol minutu, a nakon ekspaniranja potrebno je određeno vrijeme dok se smjesa ne skruti.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Uzimanje i postavljanje kalupa u položaj za punjenje</b>	10 sekundi
<b>Punjenje kalupa</b>	10 - 20 sekundi
<b>Odlaganje na proizvodnoj liniji</b>	10 sekundi
<b>Ekspaniranje i skrućivanje smjese</b>	10 - 15 minuta

*Tablica 23. Vremena punjenja kalupa i skrućivanja smjese*

Primjeri korištenih posuda, njihovih dimenzija i količina punjenja:

<b>POSUDA</b>	<b>DIMENZIJE</b>	<b>KOLIČINA PUNJENJA</b>
<b>FV75</b>	450x450x490	1800 grama
<b>FV55</b>	398x398x480	1650 grama
<b>OP310BC</b>	545x545x400	2500 grama
<b>OP205BC</b>	443x493x350	1650 grama

*Tablica 24. Primjeri posuda, njihovih dimenzija i količina punjenja*

Nakon skrućivanja smjese dobiva se tvrda poliuretanska pjena koja snažno prijanja uz stijenke posude. Kalup se otvara i uklanja se drvena jezgra. Izolirana posuda se uklanja iz kalupa, čisti i odlaže na označeno mjesto. Kalup se čisti (ako je potrebno) i priprema za sljedeću posudu. Debljina izolacije ovisi o posudi, a najčešće je u rasponu od 15 do 50 mm.

<b>POSTUPAK</b>	<b>VRIJEME TRAJANJA POSTUPKA</b>
<b>Uzimanje kalupa s proizvodne linije</b>	10 sekundi
<b>Otvaranje kalupa i vadenje drvene jezgre</b>	180 - 300 sekundi
<b>Čišćenje izolirane posude</b>	120 - 180 sekundi

*Tablica 25. Vremena otvaranja i čišćenja kalupa, te odlaganja posude*



*Slika 23. Izolirana polistirenska posuda*

Očišćene izolirane posude se skladište na označeno mjesto prije daljnje upotrebe.



*Slika 24. Skladište izoliranih posuda*

## 7.7. Računanje OEE - a kod postupka izoliranja polistirenskih posuda

Računanje OEE - a napravljeno je na temelju maksimalne proizvodnje **jednog radnog dana**.

**Podatci o proizvodnji:**

PODACI O PROIZVODNJI	VRIJEDNOSTI
Trajanje smjene	8 sati (480 minuta)
Kratka pauza	3 puta po 5 minuta = 15 min
Pauza za ručak	20 minuta
Vrijeme stajanja	30 minuta
Idealna brzina proizvodnje	4,72 minute po komadu
Ukupan broj komada	80 komada
Broj odbijenih komada	0 komada

*Tablica 26. Podatci o proizvodnji*

U ovom slučaju vrijeme stajanja predstavlja vrijeme zagrijavanja komore za zagrijavanje kalupa, te potrebnih kalupa koji si koriste isti dan.

**Postupci kod izoliranja polistirenske posude:**

POSTUPAK	UKUPNO VRIJEME TRAJANJA
Rezanje i postavljanje stiropora	75 sekundi
Premazivanje kalupa i umetanje posude u kalup	35 sekundi
Fiksiranje drvenom jezgrom	140 sekundi
Zatvaranje kalupa	90 sekundi
Grijanje kalupa	100 sekundi
Punjenje i skrućivanje smjese	630 sekundi
Otvaranje i čišćenje kalupa	345 sekundi
<b>UKUPNO</b>	1415 sekundi = 23,58 minute

*Tablica 27. Vremena trajanja postupaka izoliranja posude*



Ukupno vrijeme od 23,58 minute može se poprilično mijenjati. U ovom slučaju radi se o posudi FV75 i vremenu potrebnom za njezino izoliranje. Vrijeme izoliranja ovisi o svim postupcima navedenima u tablici iznad, a prvenstveno o vrsti posude i kalupa. Pomoću vremena 23,58 minute nije moguće izračunati OEE. Razlika je u tome što je kod postupka termoformiranja na svakom stroju samo jedan radnik, a kod postupka izoliranja je pet radnika koji istovremeno rade svaki svoj posao. Ako bi se ukupno vrijeme podijelilo na pet radnika tada se dobije vrijeme od 4,72 minute po komadu pomoću čega se može izračunati OEE.

Broj odbijenih komada je jednak nuli. Razlog tome je jako mali broj škarta. Do škarta najčešće dolazi zbog puknuća kalupa, a to se događa vrlo rijetko.

#### Računanje pomoćnih varijabli:

POMOĆNE VARIJABLE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Planirano vrijeme proizvodnje	<i>Trajanje smjene - Pauze</i>	480 - 35 = 445 minuta
Vrijeme izvođenja	<i>Planirano vrijeme proizvodnje - Vrijeme stajanja</i>	445 - 30 = 415 minuta
Broj ispravnih komada	<i>Ukupan broj komada - Broj odbijenih komada</i>	80 - 0 = 80 komada

Tablica 28. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a

#### Računanje OEE - a i komponenata OEE - a:

OEE	IZRAČUN	DOBIVENE VRIJEDNOSTI
Dostupnost	$\frac{\text{Vrijeme izvođenja}}{\text{Planirano vrijeme proizvodnje}}$	$\frac{415}{445} = 0,9326 = 93,26 \%$
Izvedba	$\frac{\text{Vrijeme proizvodnje serije}}{\text{Vrijeme izvođenja}}$	$\frac{(4,72 * 80)}{415} = 0,9099 = 90,99 \%$
Kvaliteta	$\frac{\text{Broj ispravnih komada}}{\text{Ukupan broj komada}}$	$\frac{80}{80} = 1 = 100 \%$

<b>UKUPNI OEE</b>	<i>Dostupnost * Izvedba * Kvaliteta</i>	0,8486 = 84,86 %
-------------------	---	------------------

*Tablica 29. Računanje OEE - a*

$$OEE = 0,9326 * 0,9099 * 1 = 0,8486 = 84,86 \%$$

Završnom kalkulacijom OEE – a kod postupka izoliranja polistirenskih posuda dobiven je rezultat od 84,86 % što se smatra vrhunskom proizvodnjom.

## **7.8. Računanje TEEP - a kod postupka izoliranja polistirenskih posuda**

**Računanje TEEP - a kod postupka izoliranja posuda u jednom radnom danu.**

<b>PODACI</b>	<b>DOBIVENE VRIJEDNOSTI</b>
<b>OEE</b>	84,86%
<b>Planirano vrijeme proizvodnje</b>	445 minuta
<b>Ukupno vrijeme</b>	480 minuta
<b>Iskoristivost</b>	$\frac{445}{480} = 0,9271 = 92,71 \%$
<b>TEEP</b>	$0,8486 * 0,9271 = 0,7867 = 78,67 \%$

*Tablica 30. Računanje TEEP - a*

Završnom kalkulacijom TEEP - a kod postupka izoliranja posuda dobiven je rezultat 78,67%, što znači da se povremeno proizvede neispravan proizvod, da ima manjih zastoja u proizvodnji, ali i da ima mjesta za poboljšanja postupka.

## **7.9. SMED u tvrtki Oprema d.d.**

Prije postupka termoformiranja potrebno je izrezati ploču polistirena na određene dimenzije. Svako postavljanje dimenzija na škarama traje 5 minuta.

Postupak termoformiranja započinje umetanjem određenog kalupa u stroj. Vrijeme trajanja umetanja kalupa je 15 minuta. Zatim slijedi grijanje kalupa pola sata prije početka

rada. Promjena kalupa za vrijeme trajanja smjene iznosi 40 minuta, jer je potrebno 10 minuta da se kalup ohladi prije nego što se može promijeniti. Prednost je što se novi postavljeni kalup treba grijati samo 15 minuta jer je stroj već zagrijan. Kod otklanjanje viška materijala cirkularnom pilom potrebno je podesiti širinu otklanjanja materijala, za što je potrebna 1 minuta.

Prije postupka izoliranja posude potrebno je premazati formu kalupa, umetnuti polistirensku posudu u kalup i fiksirati je drvenom jezgrom. Nakon toga slijedi grijanje kalupa u komori za zagrijavanje. Potrebni kalup zagrijava se 15 minuta prije prvog punjenja. Nakon otvaranja i čišćenja kalupa, te postavljanja nove posude u kalup, potrebno je ponovno grijati kalup 2 minute prije punjenja. Punjenje kalupa traje od 10 do 20 sekundi. Nema izmjene alata, ali je potrebno postaviti količine punjenja prema vrsti posude koja se izolira. Vrijeme postavljanja iznosi 3 minute za svih 6 količina punjenja dostupnih na uređaju za miješanje.

## **7.10. TPM u tvrtki Oprema d.d.**

Kod strojeva za temoformiranje radi se godišnji servis ventila, cilindra, grijača i vakuum pumpa. Kvarovi nisu učestali, te proizvodnja najčešće nema zastoja. Zastoji postoje kod izmjene kalupa ili mogućeg kvara nekog od dijelova.

Cirkularna pila se čisti svakodnevno zbog ostataka polistirena prilikom otklanjanja viška materijala. Izmjena pile ili brušenje radi se po potrebi.

Kod postupka izoliranja polistirenskih posuda postoje različite vrste servisa i zastoja. Zastoji se mogu podijeliti na predvidive i nepredvidive.

Predvidivi zastoji su:

- Promjena posuda s poliolum i izocijanatom, te istovremeno čišćenje filtera od polioluma i izocijanata
- Servis uređaja za doziranje
- Čišćenje rashlada
- Kontrola pjene (kalibracija).

Promjene posuda s poliolum i izocijanatom, te čišćenje filtera rade se približno svakih 10 dana ovisno o proizvodnji. Uklanjaju se pumpe s praznih posude i postavljaju na nove, a

prazne posude se odlažu na skladište do dolaska dobavljača. Servis uređaja za doziranje i izmjena filtera rade se jedanput godišnje. Čišćenje rashlada i kontrola pjene rade se jedanput mjesečno.

Nepredvidivi zastoji su:

- Promjena infracrvenih grijalica u komori za zagrijavanje
- Puknuće kalupa
- Puknuće drvene jezgre

Nepredvidivi zastoji su oni koji se ne mogu predvidjeti i samim time se ne mogu preventivno spriječiti. Nakon njihove pojave provode se potrebni popravci. Takvi zastoji mogu dovesti do neispunjenja planirane dnevne proizvodnje.

The image shows a TPM (Total Productive Maintenance) form for Cannon AP30 machines. The form is divided into two main sections: 'RUJAN 2020.' and 'LISTOPAD 2020.'. Each section contains a table with columns for 'STROJ' (Machine), 'AKTIVNOST' (Activity), 'DATUM' (Date), 'NAPOMENA' (Remarks), and 'ODGOVORAN' (Responsible). The form also includes a section for 'GODIŠNJE PREVENTIVNO ODRŽAVANJE' (Annual Preventive Maintenance) with columns for 'STROJEVI' (Machines), 'DATUM' (Date), 'DATUM SLJEDEĆE AKTIVNOSTI' (Date of Next Activity), and 'ODGOVORAN' (Responsible). At the bottom of the form, there is contact information for 'OPREMA' (Equipment) in various languages and departments.

RUJAN 2020.				
STROJ	AKTIVNOST	DATUM	NAPOMENA	ODGOVORAN
CANNON AP30	KONTROLA PJENE (KALIBRACIJA)	25.09.2020.		
CANNON AP30	ČIŠĆENJE RASHLADA	25.09.2020.		
LISTOPAD 2020.				
STROJ	AKTIVNOST	DATUM	NAPOMENA	ODGOVORAN
CANNON AP30	KONTROLA PJENE (KALIBRACIJA)	23.10.2020.		
CANNON AP30	ČIŠĆENJE RASHLADA	23.10.2020.		
GODIŠNJE PREVENTIVNO ODRŽAVANJE				
STROJEVI	DATUM	DATUM SLJEDEĆE AKTIVNOSTI	ODGOVORAN	

**OPREMA**  
TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE

HRVATSKA / CROATIA (1300) | 021 818 121 | 021 818 122 | 021 818 123 | 021 818 124  
UKRAJINA / UKRAINE (1300) | 021 818 121 | 021 818 122 | 021 818 123 | 021 818 124  
SERBIA / SRBIJA (1300) | 021 818 121 | 021 818 122 | 021 818 123 | 021 818 124

Slika 25. Primjer TPM obrazca

## 8. Mapiranje toka vrijednosti

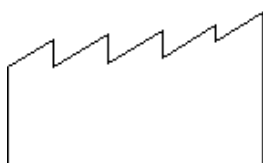
Mapiranje toka vrijednosti je lean proizvodna tehnika za analizu, dizajn i upravljanje protokom materijala i informacija. Koristi se sustav standardnih simbola za prikaz različitih tokova rada i tokova informacija. Stavke se mapiraju kao dodavanje vrijednosti ili ne dodavanje vrijednosti sa stajališta kupca, u svrhu iskorjenjivanja predmeta koji ne dodaju vrijednost. Mapiranje tokova vrijednosti pomaže u identificiranju otpada i pojednostavljenju procesa proizvodnje. Također se može primijeniti i na tok isporuke proizvoda i na kupca. Tok proizvoda usredotočen je na korake potrebne za optimizaciju isporuke. Tok kupaca fokusira se na korake potrebne za ispunjenje zahtjeva i očekivanja krajnjih korisnika.

Neke prednosti korištenja mapiranja toka vrijednosti:

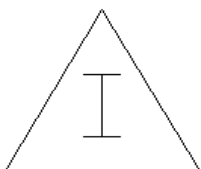
- Ciljano i sustavno smanjenje otpada koje će u većini okolnosti donijeti značajno smanjenje troškova
- Ukazuje se na procese koji stvaraju poteškoće u poboljšanju i održavanju postojećeg toka vrijednosti
- Poboljšanje efikasnosti procesa i suradnje s drugim odjelima
- Prednost kod predstavljanja novog asortimana proizvoda i mnoge druge.

Kanban je metoda upravljanja i nadzora proizvodnog procesa. Postupak se temelji isključivo na stvarnoj potrošnji materijala na mjestu potrošnje. Kanban omogućuje smanjenje zaliha u proizvodnji i njihovo zadržavanje na što nižoj razini.

Simboli korišteni kod izrade mape toka vrijednosti:



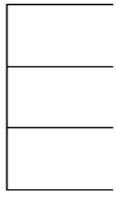
Kupac ili dobavljač



Međuskladište



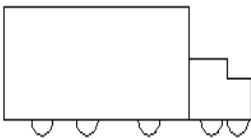
Protok digitalnih informacija



Kanban skladišna točka na kojoj radnici mogu nabaviti materijal koji im je potreban



Povlačenja materijala pohranjenog u skladišnoj točki



Isporuka materijala, proizvoda ili dijelova



Proces, odjel ili stroj s protokom materijala



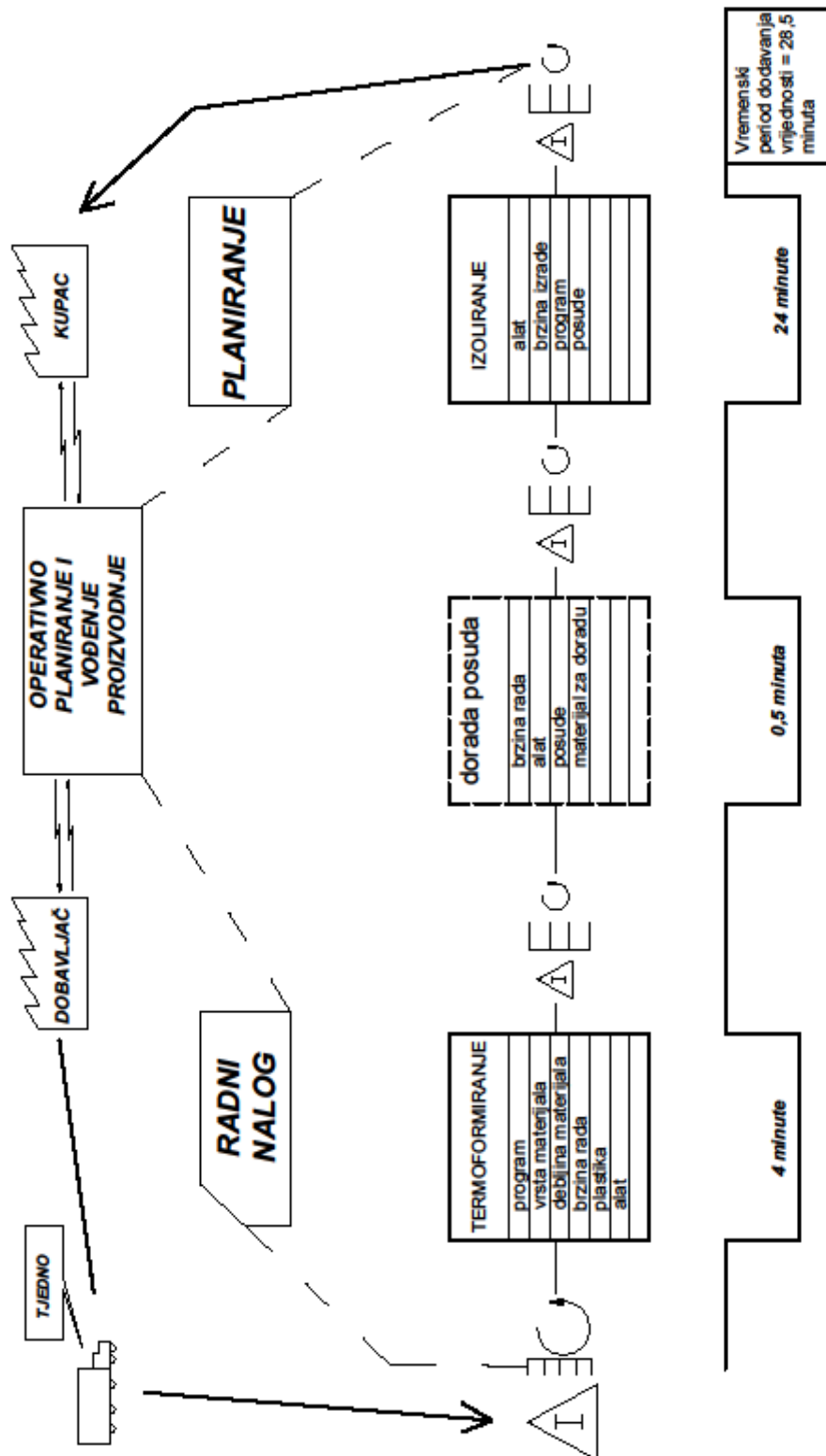
Proces, odjel ili stroj koji se dijeli s drugim procesom, odjelom ili strojem



Kanban kartica za povlačenje materijala iz skladišne točke



Isporuke od dobavljača, ili kupcu



Slika 26. Prikaz mape toka vrijednosti kod procesa termoformiranja i izoliranja

## 9. Prikaz planirane proizvodnje gantogramom

Ganttov dijagram ili Gantogram je tip grafikona koji se koristi za praćenje realizacije projekta po fazama. Prikazuje se kada faza počinje, koliko traje i kada završava.

Gantograme najčešće koristimo za prikazivanje:

- Terminskog planiranja radnih naloga
- Vremenskog napredovanja proizvodnje
- Iskorištenja radnog vremena, ljudi i strojeva
- Raspored rada
- Oprećenja pojedinih radnih mjesta
- Tokova rada

Za izradu terminskog plana potrebno je dobro poznavati tehnološki proces. Potrebno je točno znati koje faze međusobno ovise, tj. koje se nastavljaju jedna na drugu i kojim redoslijedom, te koje je moguće izvoditi paralelno.

Na apscisi se prikazuje vrijeme, a na ordinati predviđene aktivnosti kojima je potrebno odrediti početak, dužinu trajanja i završetak. Za prikazivanje vremena upotrebljavaju se terminske jedinice (minute).

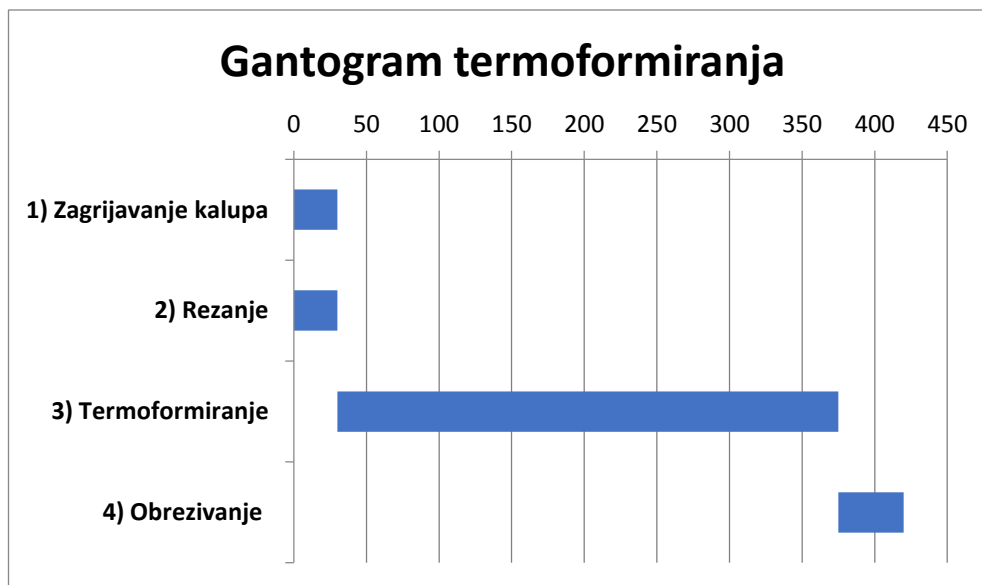
### 9.1. Gantogram kod termoformiranja

Gantogram je napravljen za planiranu dnevnu proizvodnju kako bi se prikazao redoslijed faza proizvodnje. Planirano vrijeme proizvodnje iznosi 445 minuta.

FAZA	VRIJEME TRAJANJA FAZE
1) Zagrijavanje kalupa	30 minuta
2) Rezanje	30 minuta
3) Termoformiranje	375 minuta
4) Obrezivanje (postizanje zadanih dimenzija)	40 minuta

Tablica 31. Faze izrade polistirenske posude





*Gantogram 1. Termoformiranje*

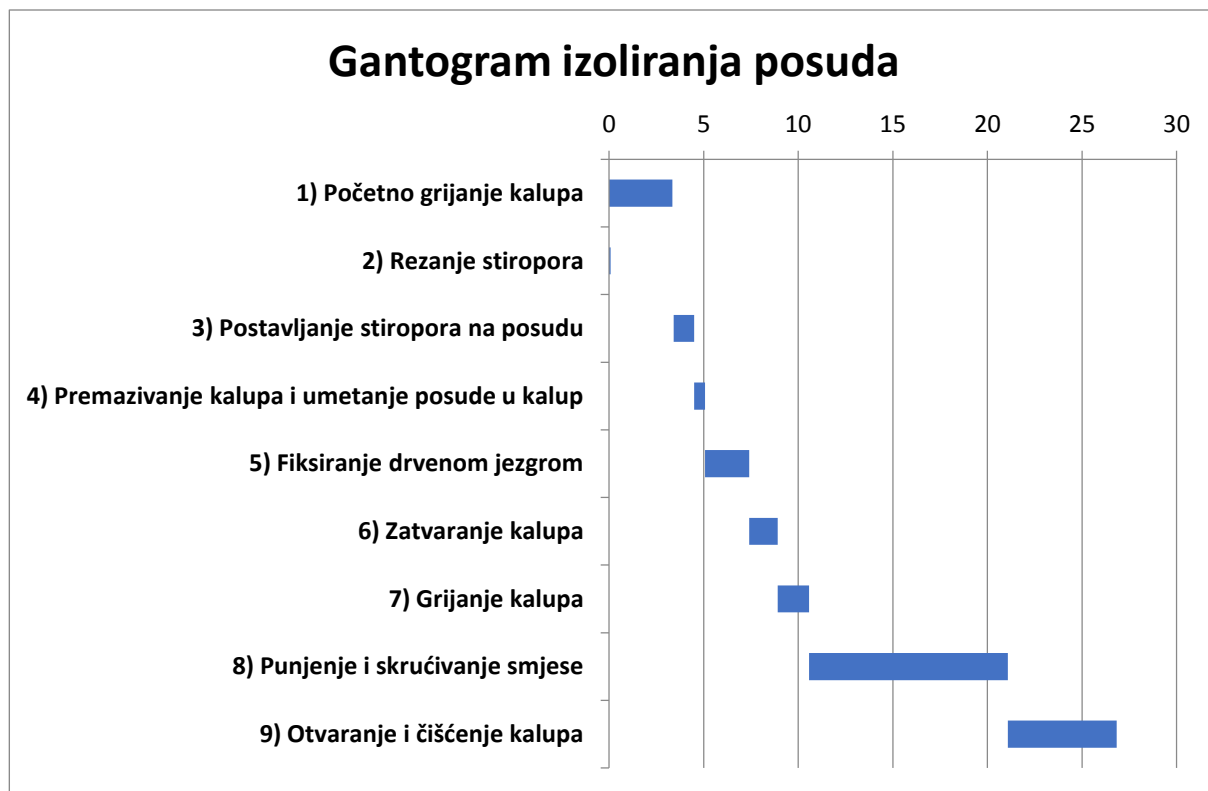
Iz gantograma je vidljivo da se prva i druga faza odvijaju istovremeno, a treća i četvrta faza slijede poslije njih.

## 9.2. Gantogram kod izoliranja posuda

Gantogram je napravljen za izoliranje jedne posude. Planirano vrijeme proizvodnje iznosi 26,75 minuta.

FAZA	VRIJEME TRAJANJA FAZE
1) Početno grijanje kalupa	3,34 minuta
2) Rezanje stiropora	0,08 minuta
3) Postavljanje stiropora na posudu	1 minuta
4) Premazivanje kalupa i umetanje posude u kalup	0,58 minuta
5) Fiksiranje drvenom jezgrom	2,33 minute
6) Zatvaranje kalupa	1,50 minuta
7) Grijanje kalupa	1,67 minuta
8) Punjenje i skrućivanje smjese	10,5 minuta
9) Otvaranje i čišćenje kalupa	5,75 minuta

*Tablica 32. Faze izoliranja polistirenske posude*



*Gantogram 2. Izoriranje posuda*

Iz gantograma je vidljivo da se prva i druga faza odvijaju istovremeno, a sve ostale faze po završetku prethodne. Za vrijeme skrućivanja smjese radnici ponovno kreću od treće faze dok se smjesa ne stvrdne kako bi mogli obaviti posljednju fazu. Time se uklanja vrijeme čekanja između osme i devete faze.

Tvrtka Oprema d.d. proizvodi oko 26 000 komada polistirenskih posuda godišnje. Od 3. do 30. tjedna proizvodi se 19 500 komada (75% ukupne proizvodnje). U tih 27 tjedana ima 146 radnih dana, ako se ne računaju subote. U tvrtki Oprema d.d. u prosjeku se radi svaka druga subota, što iznosi 14 dana, tj. ukupno 160 radnih dana. Ako se broj komada podijeli s brojem radnih dana u 27 tjedana dobije se dnevna proizvodnja u iznosu od 122 komada.

$$\text{Dnevna proizvodnja} = \frac{\text{Ukupan broj komada}}{\text{Ukupan broj radnih dana}} = \frac{19\,500}{160} = 122 \text{ komada}$$

Strojevi za termoformiranje imaju ukupan kapacitet dnevne proizvodnje približno 150 komada. Prema ovim podacima trenutni sustav proizvodnje zadovoljava godišnju potražnju za polistirenskim posudama.

## 10. Realizacija radnih naloga

### 10.1. Realizacija radnih naloga kod prvog stroja za termoformiranje

Kao što je i prethodno spomenuto praćena je proizvodnja šest radnih dana. Radila se jedna smjena, tj. osam radnih sati.

Prvo se promatra postupak termoformiranja polistirenskih posuda kod **prvog stroja**.

<b>RADNI DAN</b>	<b>PLANIRANA PROIZVODNJA</b>	<b>REALIZIRANA PROIZVODNJA</b>	<b>ISPRAVNI KOMADI</b>	<b>NEISPRAVNI KOMADI (ŠKART)</b>
<b>Ponedjeljak</b>	10 + 58 = 68	68	68	0
<b>Utorak</b>	12 + 69 = 79	79	79	0
<b>Srijeda</b>	83	83	83	0
<b>Četvrtak</b>	8 + 17 + 24 = 48	48	47	1
<b>Petak</b>	24 + 23 = 47	47	47	0
<b>Subota</b>	26 + 12 + 24 = 62	62	62	0

*Tablica 33. Realizacija radnih naloga kod prvog stroja*

U ponedjeljak je napravljeno 10 komada prema kalupu koji je već bio u stroju, a zatim se radila izmjena kalupa i termoformiralo 58 komada prema drugom kalupu. U utorak je napravljeno 12 komada, a zatim se mijenjao kalup, te je napravljeno 69 komada prema drugom kalupu. Radni nalog za utorak i srijedu nakon izmjene kalupa bio je 150 komada. 83 komada napravljena su u srijedu čime je završen radni nalog. Sva 3 dana svi komadi su bili ispravni. U četvrtak su napravljene 3 različite vrste posuda. Prve posude 8 komada, druge 17, a treće 24 komada uz samo jedan neispravan komad. U petak je proizvodnja bila najslabija. Napravljene su dvije vrste posuda bez neispravnog komada i promijenjen kalup. U subotu je napravljeno 62 komada, ali je bilo potrebno promijeniti kalup nakon izrade 26 komada.

### 10.2. Realizacija radnih naloga kod drugom stroju za termoformiranje

Postupak termoformiranja polistirenskih posuda kod **drugog stroja**.

<b>RADNI DAN</b>	<b>PLANIRANA PROIZVODNJA</b>	<b>REALIZIRANA PROIZVODNJA</b>	<b>ISPRAVNI KOMADI</b>	<b>NEISPRAVNI KOMADI (ŠKART)</b>
<b>Ponedjeljak</b>	66	66	64	2
<b>Utorak</b>	30 + 25 = 55	55	54	1
<b>Srijeda</b>	64	64	64	0
<b>Četvrtak</b>	62	62	61	1
<b>Petak</b>	16 + 7 + 23 = 46	46	44	2
<b>Subota</b>	58	58	57	1

*Tablica 34. Realizacija radnih naloga kod drugog stroja*

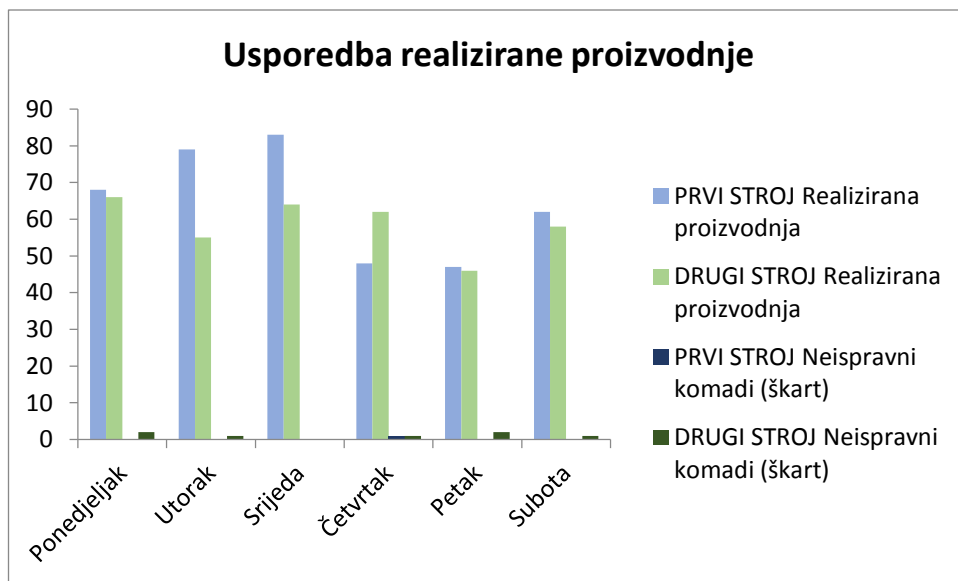
### 10.3. Usporedba prvog i drugog stroja za termoformiranje

Usporedba realizirane proizvodnje i neispravnih komada kod prvog i drugog stroja za termoformiranje.

<b>RADNI DAN</b>	<b>PRVI STROJ</b>		<b>DRUGI STROJ</b>	
	<b>Realizirana proizvodnja</b>	<b>Neispravni komadi (škart)</b>	<b>Realizirana proizvodnja</b>	<b>Neispravni komadi (škart)</b>
<b>Ponedjeljak</b>	68	0	66	2
<b>Utorak</b>	79	0	55	1
<b>Srijeda</b>	83	0	64	0
<b>Četvrtak</b>	48	1	62	1
<b>Petak</b>	47	0	46	2
<b>Subota</b>	62	0	58	1
<b>UKUPNO</b>	387	1	351	7

*Tablica 35. Usporedba realizacije proizvodnje kod prvog i drugog stroja*

U istom vremenskom razdoblju prvi stroj je napravio 36 komada više od drugog stroja uz manje neispravnih komada.



Histogram 1. Usporedba realizirane proizvodnje i škarta kod prvog i drugog stroja

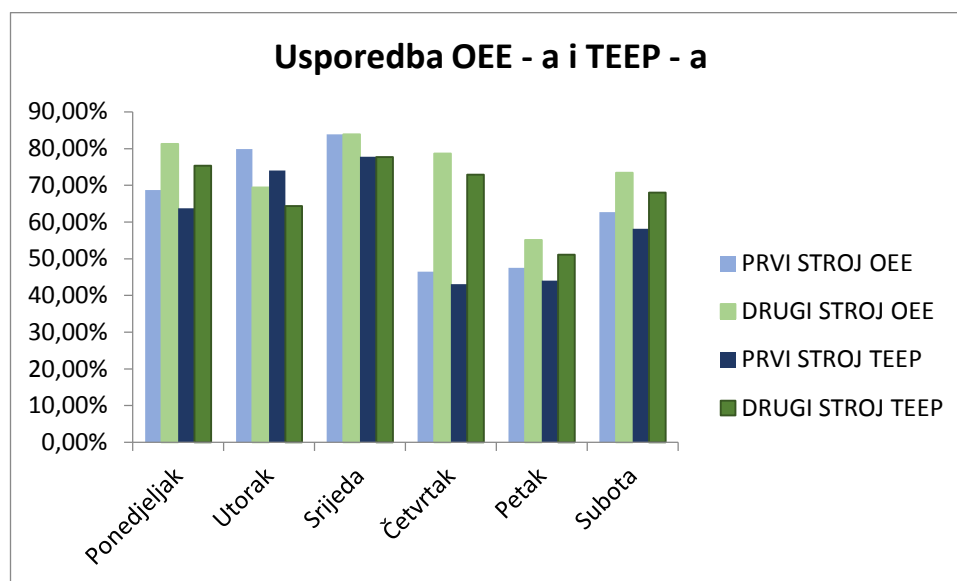
RADNI DAN	PRVI STROJ		DRUGI STROJ	
	OEE	TEEP	OEE	TEEP
<b>Ponedjeljak</b>	68,76 %	63,75 %	81,31 %	75,38 %
<b>Utorak</b>	79,89 %	74,07 %	69,46 %	64,40 %
<b>Srijeda</b>	83,93 %	77,81 %	83,85 %	77,74 %
<b>Četvrtak</b>	46,51 %	43,12 %	78,64 %	72,90 %
<b>Petak</b>	47,53 %	44,07 %	55,14 %	51,12 %
<b>Subota</b>	62,70 %	58,13 %	73,42 %	68,06 %
<b>UKUPNO</b>	64,89 %	60,16 %	73,64 %	68,27 %

Tablica 36. Usporedba OEE - a i TEEP - a kod prvog i drugog stroja

Nakon izračuna OEE - a i TEEP - a za svaki stroj vidljivo je da su rezultati kod drugog stroja znatno bolji. Iako ima više neispravnih komada i manje proizvedenih komada. Razlog tome je brzina proizvodnje i broj komada. Iako ovi podatci nisu blizu idealnog OEE - a, brzine proizvodnje i TEEP - a, ali rezultati kod drugog stroja manje odstupaju. U obzir je potrebno uzeti i zastoje kod izmjene kalupa unutar smjene, što nije uračunato kod početnog računanja.

U promatranom vremenu izrade diplomskog rada nije bilo kvarova na strojevima što bi uzrokovalo dodatne zastoje, te je planirana proizvodnja realizirana. Drugi stroj je radio bolje, što ne znači da je uvijek tako. Prvi stroj inače radi brže jer mu je proces proizvodnje kraći i

koriste se ploče manje debljine za izradu posuda. U ovome slučaju nije bilo tako zbog čestih promjena kalupa i zastoja.



Histogram 2. Usporedba OEE - a i TEEP - a kod prvog i drugog stroja

#### 10.4. Realizacija radnih naloga kod izoliranja polistirenskih posuda

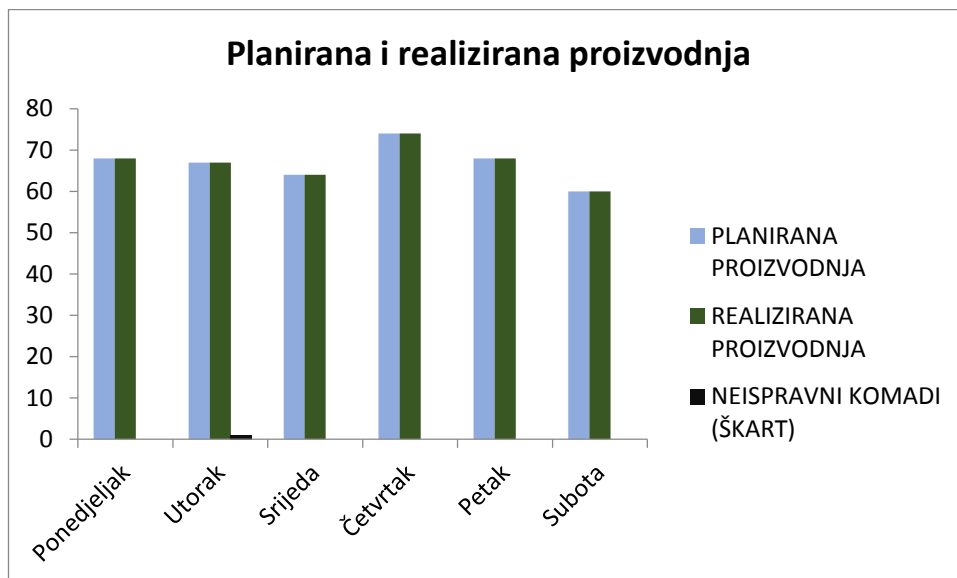
Praćena je proizvodnja šest radnih dana. Radila se jedna smjena, tj. osam radnih sati. Kod izoliranja posuda istovremeno radi pet radnika. Radnici koji su na zatvaranju i otvaranju kalupa rade u paru, a radnik koji puni kalupe radi sam.

RADNI DAN	PLANIRANA PROIZVODNJA	REALIZIRANA PROIZVODNJA	ISPRAVNI KOMADI	NEISPRAVNI KOMADI (ŠKART)
<b>Ponedjeljak</b>	$16 + 20 + 40 = 68$	68	68	0
<b>Utorak</b>	$51 + 12 + 4 = 67$	67	66	1
<b>Srijeda</b>	$14 + 36 + 14 = 64$	64	64	0
<b>Četvrtak</b>	$20 + 54 = 74$	74	74	0
<b>Petak</b>	$24 + 28 + 6 + 10 = 68$	68	68	0

<b>Subota</b>	45 + 8 + 5 + 2 = 60	60	60	0
---------------	---------------------	----	----	---

Tablica 37. Realizacija radnih naloga kod izoliranja posuda

Vidljivo je da rijetko ima neispravnih komada. Moguće je da se pogriješi kod doziranja, ali višak materijal izađe iz kalupa. Osim što je tada potrebno više vremena za čišćenje kalupa i gotovog komada. Dnevna planirana proizvodnja je realizirana svakog dana.

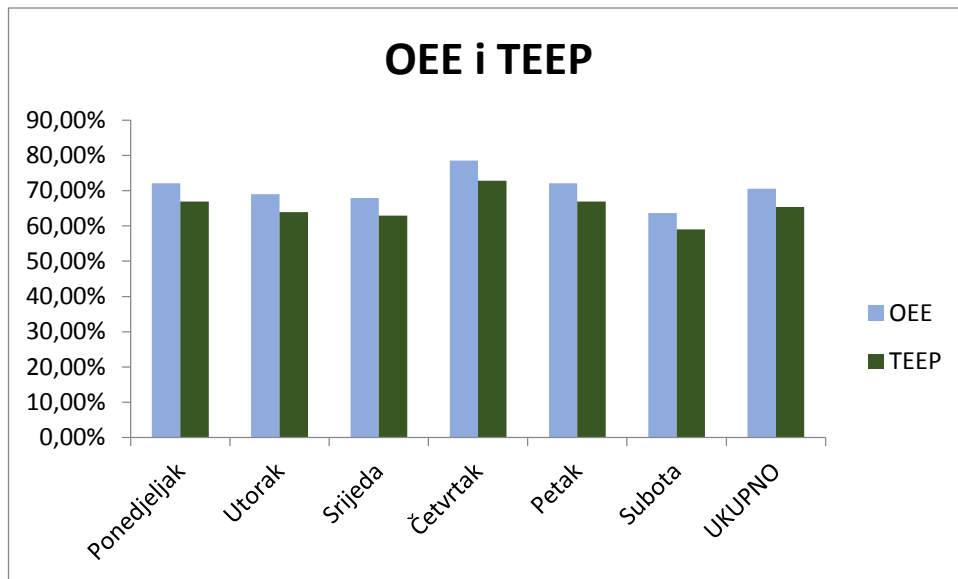


Histogram 3. Planirana i realizirana proizvodnja kod izoliranja posuda

<b>RADNI DAN</b>	<b>OEE</b>	<b>TEEP</b>
<b>Ponedjeljak</b>	72,13 %	66,87 %
<b>Utorak</b>	68,97 %	63,94 %
<b>Srijeda</b>	67,88 %	62,93 %
<b>Četvrtak</b>	78,49 %	72,77 %
<b>Petak</b>	72,13 %	66,87 %
<b>Subota</b>	63,64 %	59 %
<b>UKUPNO</b>	70,54 %	65,40 %

Tablica 38. OEE i TEEP kod izoliranja posuda

Nakon izračuna OEE - a i TEEP - a vidljivo je da rezultati odstupaju približno 14 % od maksimalnih vrijednosti.



*Histogram 4. OEE i TEEP kod izoliranja posuda*



## 11. Zaključak

Tvrtka Oprema d.d. ima dugu povijest poslovanja i kontinuiranih napredovanja u vlastitom procesu proizvodnje. Uvođenjem i razvijanjem novih tehnologija, te poboljšanjem postojećih osiguravaju konkurentnost na svjetskom tržištu. Nakon uvođenja lean proizvodnje značajno su smanjili troškove proizvodnje, povećali kvalitetu i proizvodnost. Održavanjem urednosti i čistoće radnog mjesta, radnicima se pruža ugodno radno okruženje. Sav potreban alat i materijal se nalaze neposredno uz strojeve čime se smanjuje prazan hod radnika. Redovnim održavanjem strojeva sprječavaju se kvarovi koji bi mogli dovesti do zastoja proizvodnje (TPM).

Proizvodnja se planira prema količini naručenih komada, te se ne proizvodi više nego što je potrebno kako se ne bi stvarale zalihe. Izradom gantograma vidljivo je paralelno izvođenje više operacija, te njihovo trajanje. Mapiranjem toka vrijednosti olakšava se nadzor i upravljanje protoka informacija i materijala. Također se pruža uvid u procese koji dodaju ili ne dodaju vrijednost proizvodu. Praćenjem realizacije radnih naloga nudi se pregled ispravnih i neispravnih komada na dnevnoj, tjednoj, mjesečnoj ili godišnjoj bazi. Osim količine komada koje se mogu proizvesti u određeno vrijeme, vidljivo je i gdje dolazi do zastoja ili problema. Osigurava se detaljan uvid u raspoloživost radnika i strojeva.

KLON  
ALIFBAINO

Sveučilište  
Sjever



SVEUČILIŠTE  
SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, SILVIJO BUDEN (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom LEAN PRINCIP I Njihova primjena u konkretnim procesima (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Silvio Buden  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, SILVIJO BUDEN (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom LEAN PRINCIP I Njihova primjena u konkretnim procesima (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Silvio Buden  
(vlastoručni potpis)

## 12. Literatura

- [1] <https://kanbanize.com/lean-management/what-is-lean-management> (14.9.2020)
- [2] <https://www.reliableplant.com/Read/11785/overall-equipment-effectiveness>  
(14.9.2020)
- [3] <https://www.oeo.com/teep.html> (14.9.2020)
- [4] <https://www.reliableplant.com/Read/26210/tpm-lean-implement> (16.12.2020)
- [5] <https://www.oprema.com/hr> (14.9.2020)
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene> (15.9.2020)
- [7] <https://www.machinio.com/schiavi/shearing-equipment?page=2#quickview/43546471>  
(21.9.2020)
- [8] <https://www.iskra.hr/proizvod/2144/> (28.10.2020)

## Popis slika

Slika 1. Principi lean proizvodnje.....	4
Slika 2. Proces nastajanja polistirena [6].....	21
Slika 3. Prikaz međuskladišta polistirenskih ploča .....	22
Slika 4. Hidraulične škare Schiavi GTH 420 .....	23
Slika 5. Međuskladište izrezanih polistirenskih ploča.....	25
Slika 6. Stroj za termoformiranje .....	26
Slika 7. Skladište kalupa za termoformiranje .....	27
Slika 8. Vrijeme trajanja pojedinih dijelova postupka termoformiranja .....	27
Slika 9. Polistirenska posuda dobivena postupkom termoformiranja .....	28
Slika 10. Cirkularna pila .....	29
Slika 11. Ostatci ploča polistirena .....	29
Slika 12. Posuda nakon otklanjanja viška materijala .....	30
Slika 13. Granulator.....	31
Slika 14. Spremnik mljevenog polistirena.....	31
Slika 15. Skladište kalupa.....	38
Slika 16. Odjeljivač za kalupe [8] .....	39
Slika 17. Zatvoreni kalup s umetnutom drvenom jezgrom .....	40
Slika 18. Komora za zagrijavanje kalupa .....	41
Slika 19. Posude koje sadrže poliol i izocijanat .....	41
Slika 20. Visokotlačni uređaj za doziranje Cannon AP - 30 .....	42
Slika 21. Prikaz temperature i količine doziranja na zaslonu.....	43
Slika 22. Uređaj za miješanje .....	43
Slika 23. Izolirana polistirenska posuda .....	45
Slika 24. Skladište izoliranih posuda.....	45
Slika 25. Primjer TPM obrazca .....	50
Slika 26. Prikaz mape toka vrijednosti kod procesa termoformiranja i izoliranja .....	53

## Popis tablica

Tablica 1. Prikaz šest velikih gubitaka kod OEE - a .....	7
Tablica 2. Izravne i neizravne prednosti TPM -a [4] .....	15
Tablica 3. Osam stupova ukupnog proizvodnog održavanja .....	17
Tablica 4. Vremena potrebna za rezanje polistirenske ploče .....	23
Tablica 5. Specifikacije hidrauličnih škara Schiavi GTH 420 [7].....	24
Tablica 6. Vremena potrebna za termoformiranja.....	26
Tablica 7. Vremena potrebna za otklanjanje viška materijala.....	28
Tablica 8. Vremena potrebna za granuliranje ostataka polistirena.....	30
Tablica 9. Podatci o proizvodnji .....	32
Tablica 10. Vremena trajanja postupaka proizvodnje posude.....	33
Tablica 11. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a .....	33
Tablica 12. Računanje OEE - a kod prvog stroja .....	34
Tablica 13. Podatci o proizvodnji .....	34
Tablica 14. Vremena trajanja postupaka proizvodnje posude.....	35
Tablica 15. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a .....	35
Tablica 16. Računanje OEE - a kod drugog stroja .....	36
Tablica 17. Računanje TEEP - a kod prvog stroja .....	36
Tablica 18. Računanje TEEP - a kod drugog stroja .....	37
Tablica 19. Vremena rezanja stiropora.....	37
Tablica 20. Vremena pripreme i zatvaranja kalupa.....	39
Tablica 21. Vremena grijanja kalupa u komori .....	40
Tablica 22. Specifikacije uređaja Cannon AP - 30 .....	42
Tablica 23. Vremena punjenja kalupa i skrućivanja smjese .....	44
Tablica 24. Primjeri posuda, njihovih dimenzija i količina punjenja.....	44
Tablica 25. Vremena otvaranja i čišćenja kalupa, te odlaganja posude .....	45
Tablica 26. Podatci o proizvodnji .....	46
Tablica 27. Vremena trajanja postupaka izoliranja posude.....	46
Tablica 28. Računanje pomoćnih varijabli OEE - a .....	47
Tablica 29. Računanje OEE - a .....	48
Tablica 30. Računanje TEEP - a .....	48
Tablica 31. Faze izrade polistirenske posude.....	54
Tablica 32. Faze izoliranja polistirenske posude.....	55
Tablica 33. Realizacija radnih naloga kod prvog stroja .....	57
Tablica 34. Realizacija radnih naloga kod drugog stroja .....	58
Tablica 35. Usporedba realizacije proizvodnje kod prvog i drugog stroja.....	58
Tablica 36. Usporedba OEE - a i TEEP - a kod prvog i drugog stroja .....	59
Tablica 37. Realizacija radnih naloga kod izoliranja posuda .....	61
Tablica 38. OEE i TEEP kod izoliranja posuda .....	61

## **Popis gantograma i histograma**

Gantogram 1. Termoformiranje.....	55
Gantogram 2. Izoriranje posuda .....	56
Histogram 1. Usporedba realizirane proizvodnje i škarta kod prvog i drugog stroja.....	59
Histogram 2. Usporedba OEE - a i TEEP - a kod prvog i drugog stroja.....	60
Histogram 3. Planirana i realizirana proizvodnja kod izoliranja posuda.....	61
Histogram 4. OEE i TEEP kod izoliranja posuda .....	62

# Prilozi

## Prilog 1. Shematski prikaz komore za zagrijavanje

