

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**DVIG PRODUKTIVNOSTI V MEHANSKI
OBDELAVI Z METODAMI VITKE
PROIZVODNJE**

Kandidat: Peter Arnuš

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič

Mentor v podjetju: Stanislav Plajnšek

Lektorica: Irena Grašič Arnuš, prof.

Maribor, 2020

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Peter Arnuš, študent Višje strokovne šole Academia, sem avtor diplomskega dela z naslovom Dvig produktivnosti v mehanski obdelavi z metodami vitke proizvodnje, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oziroma misli, kot moje lastne, kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor, skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, maj 2020

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Darku Friščiću
za pomoč in vodenje pri opravljanju
diplomskega dela.

Hkrati bi se rad zahvalil ženi Jolandi ter
sinovom Lanu, Binetu in Vidu, ki so mi ves čas
študija stali ob strani in me podpirali.

Zahvala gre tudi podjetju Talum d.d. (PE
ULITKI).

POVZETEK

Ob koncu 18. stoletja so se začele razvijati organizacijske strukture in procesi v proizvodnih podjetjih. Prva serijska proizvodnja, ki se je pojavila v začetku 20. stoletja (tekoči trak v avtomobilski industriji), je zahtevala jasno definicijo in optimizacijo procesov v podjetjih, tako v proizvodnji kot tudi v ostalih podpornih procesih. Zraven tega se je hitro povečevalo število podjetij, kar je še povečalo potrebo po optimizaciji vseh delovnih procesov.

Če hoče podjetje danes biti konkurenčno na trgu, je primorano v spreminjanje poslovnih procesov, s tem pa povzroča dinamiko in potrebo po sprejemanju pomembnih, včasih tudi tveganih odločitev. Tržno zanimivi izdelki, želja po uspehu, vztrajnost in razumevanje filozofije vitke proizvodnje postavljajo podjetja v konkurenčno prednost in boljši položaj na trgu. Stalne izboljšave in zadovoljni zaposleni v podjetju dokazano znižujejo stroške dela in odpravljajo aktivnosti (potrate), katere izdelkom ne prinašajo dodatne vrednosti.

V podjetjih, kjer se zavedajo konkurenčne prednosti, se poslužujejo načel in orodij vitke proizvodnje. V takih podjetjih se v relativno kratkem času pokažejo pozitivni rezultati. Skrb za dobro kondicijo podjetja in vzpodbujanje ustvarjalnosti ter inovativnosti zaposlenih s pravilnim stimuliranjem je naložba za uspešno poslovanje na daljši rok.

Diplomsko delo vključuje teoretični del vitke proizvodnje, njena načela in metode, s katerimi si lahko podjetja pomagajo pri izboljševanju poslovanja, kar sem navezal na primer iz prakse Tovarne Talum – Ulitki, ki se, kot večinoma podjetij, bojuje z močno konkurenco in vedno višjimi zahtevami na trgu. Za obstoj svoje procese analizira in jih preureja v optimalne procese, predvsem pa odpravlja dela, katera ne prinašajo dodane vrednosti (izloča potrate). Z namenom, da podjetje ostane konkurenčno, izboljšuje tudi procese dalj časa trajajočih serijsko proizvedenih izdelkov.

Predmet diplomskega dela je analiza učinkov uvedbe vitke proizvodnje v podjetju Talum d.d. – Ulitki. V diplomskem delu želim prikazati, kako skrajšati proizvodne čase, zmanjšati izmet, zagotoviti pravočasnost dobav kupcem in zmanjšati zaloge na vseh delih procesa.

Ključne besede: vitka proizvodnja, metode vitkosti, celovita učinkovitost opreme, celična proizvodnja, uravnoteženje procesa in produktivnost

ABSTRACT

Increasing productivity in mechanical treatment with methods lean production

At the end of the 18th century, organizational structures and processes began to develop in manufacturing companies. The first serial production emerged in the early 20th century (the conveyor belt in the automotive industry) required a clear definition and optimization of processes in companies, both in manufacturing and in other support processes. In addition, the number of companies increased rapidly, what lead to increase the need to optimize all work processes.

If a company wants to be competitive in the market today, it is forced to change business processes, thereby creating dynamics and the need to make important, sometimes risky decisions. Market interesting products, desire for success, persistence and understanding of lean manufacturing philosophy puts companies in a competitive advantage and a better position in the market. Continuous improvements and satisfied employees in the company have been proven to reduce labor costs and eliminate activities (wastes) that do not add value to products.

Companies that are aware of the competitive advantage are using the lean manufacturing principles and tools. Such companies show positive results in a relatively short period of time. Caring for the good condition of the company and encouraging creativity and innovation of employees with proper stimulation is an investment for successful business in the long run.

The diploma thesis includes the theoretical part of lean manufacturing, its principles and methods by which companies can help improving their business. The Talum - Castings plant, like most companies, is struggling with intense competition and increasing market demands. For existence, it is necessary to analyze their processes and reorganize them into optimal processes, and above all to eliminate works that do not bring added value (eliminate wastes). A company can remain competitive with continuous improvement of their long-lasting serial products.

The subject of my diploma thesis is analysis of the effectiveness of introduction the lean production in the company Talum d.d. - Castings. Demonstrating how to shorten production times, reduce scraps, ensure in time deliveries to customers, and reduce inventory on all stages of the process.

Key words: lean production, lean methods, Complete equipment efficiency, cell production and process balancing

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	10
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA.....	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	10
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	11
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	11
2	TEORETIČNE OSNOVE IN PREGLED LITERATURE	13
2.1	KAJ JE VITKA PROIZVODNJA?	13
2.2	RAZVOJ VITKE PROIZVODNJE	13
2.3	5S (METODA ORGANIZACIJE DELOVNEGA MESTA)	17
2.3.1	SUŠI – ODSTRANI NEPOTREBNE STVARI	17
2.3.2	SUMO – ORGANIZIRAJ POTREBNE STVARI	17
2.3.3	SUBARU – OČISTI.....	18
2.3.4	SUZUKI – OPREDELI STANDARDE	18
2.3.5	SAMURAJ – OHRANI RED IN ČISTOČO Z DISCIPLINO	18
2.4	JIT – JUST IN TIME ALI TOČNO OB PRAVEM ČASU.....	19
2.5	POKA-YOKA	19
2.6	JIDOKA.....	20
2.7	URAVNOTEŽENJE PROIZVODNJI PROCESOV	21
2.7.1	ČAS TAKTA	21
2.7.2	ČAS CIKLA	21
2.8	CELIČNA PROIZVODNJA.....	22
2.9	METODA SMED	24
2.9.1	KORAKI SMED METODE:	25
2.10	SKUPNA UČINKOVITOST OPREME (OEE).....	26
2.11	KANBAN	28
2.12	7 OSNOVNIH IZGUB V PROIZVODNJI	29
2.13	5 OSNOVNIH NAČEL VITKE PROIZVODNJE.....	30
3	SPLOŠNA PREDSTAVITEV PODJETJA.....	33
3.1	SPLOŠNO O PODJETJU	33
3.2	ZGODOVINA PODJETJA	34
3.3	ORGANIZIRANOST SKUPINE TALUM.....	37
3.4	PE ULITKI.....	38

3.4.1	PRODAJA	38
3.4.2	GLAVNE TEHNOLOGIJE	40
4	METODOLOGIJA RAZISKAVE	49
4.1	PREDSTAVITEV IZDELKA	49
4.2	POPIS TRENUTNEGA STANJA PROIZVODNJE	49
4.2.1	PREDSTAVITEV PROIZVODNE LINIJE	49
4.2.2	IZRAČUN KAZALNIKOV OEE	50
4.3	OPTIMIZIRANJE PROCESOV	52
4.3.1	UVEDBA 5S METODE	52
4.3.2	UVEDBA NIVOJSKIH SESTANKOV	54
4.3.3	UVEDBA CELIČNE PROIZVODNJE	55
4.3.4	DVIG KAZALNIKOV OEE	58
5	REZULTATI IN DISKUSIJA	59
6	SKLEP	62
7	VIRI IN LITERATURA	64

KAZALO SLIK

SLIKA 1: FREDERICK WINSLOW TAYLOR, HENRY FORD, SAKICHI TOYODA IN JAMES P. WOMACK.....	13
SLIKA 2: PRVA MONTAŽNA LINIJA S TEKOČIM TRAKOM	14
SLIKA 3: GRADNIKI SISTEMA VITKE PROIZVODNJE.....	16
SLIKA 4: ODSTRANITEV NEPOTREBNIH STVARI	17
SLIKA 5: ORGANIZACIJA POTREBNIH STVARI	17
SLIKA 6: REDNO ČIŠČENJE DELOVNEGA MESTA	18
SLIKA 7: OPREDELITEV STANDARDOV	18
SLIKA 8: OHRANJANJE REDA IN ČISTOČE	18
SLIKA 9: POKA-YOKE SISTEM.....	20
SLIKA 10: JIDOKA PRINCIP	20
SLIKA 11: KLASIČNA IN CELIČNA PROIZVODNJA	23
SLIKA 12: SMED METODA V FORMULI 1	24
SLIKA 13: PRIKAZ IZRAČUNA OEE	26

SLIKA 14: PRIKAZ UPORABE KANBAN KARTIC	28
SLIKA 15: KANBAN METODA ZA ORGANIZIRANJE DELA	29
SLIKA 16: 7 OSNOVNIH IZGUB V PROIZVODNJI	30
SLIKA 17: 5 OSNOVNIH NAČEL VITKE PROIZVODNJE	30
SLIKA 18: PRIKAZ VLEČNEGA PRINCIPA	31
SLIKA 19: ORGANIZACIJSKA STRUKTURA TALUMA D.D.	38
SLIKA 20: LOKACIJA PE ULITKI V INDUSTRIJSKI CONI	38
SLIKA 21: PRODAJA IZDELKOV PO DRUŽINAH	39
SLIKA 22: PRODAJA IN ŠTEVILO ZAPOSLENIH V PE ULITKI.	39
SLIKA 23: PRIPRAVA TALINE	40
SLIKA 24: STROJ ZA IZDELAVO JEDER	41
SLIKA 25: STROJ ZA GRAVITACIJSKO KOKILNO LITJE	42
SLIKA 26: STROJ ZA NIZKOTLAČNO LITJE	43
SLIKA 27: STROJA ZA VISOKOTLAČNO LITJE	43
SLIKA 28: NAPRAVA IN STROJ ZA ODSTRANJEVANJE DOLIVKOV	44
SLIKA 29: PESKALNI STROJ	44
SLIKA 30: PEČ ZA TERMIČNO OBDELAVO KOSOV	45
SLIKA 31: AVTOMATIZIRANA OBDELOVALNA CELICA	46
SLIKA 32: 3D MERILNI STROJ	47
SLIKA 33: OHIŠJE BATERIJE ZA HIBRIDNI AVTOMOBIL	49
SLIKA 34: ZAPOREDJE OPERACIJ	50
SLIKA 35: DOLOČITEV LOKACIJE ORODJA	52
SLIKA 36: OZNAČEVANJE Z NAPISI IN OZNAKAMI	53
SLIKA 37: NIVOJSKO VODENJE	55
SLIKA 38: OBDELOVALNA CELICA	56
SLIKA 39: PRIPRAVLJENO REZERVNO ORODJE PO METODI SMED	56
SLIKA 40: 3-OSNI OBDELOVALNI STROJ ZA PREDOBDELAVO	57
SLIKA 41: ZAPOREDJE OPERACIJ	57

KAZALO TABEL

TABELA 1: RAVNI 5S USPEŠNOSTI	53
TABELA 2: PRESOJA LPA IN 5S PRESOJA	54
TABELA 3: PRIMERJAVA MED STARIM IN NOVIM STANJEM	60

KAZALO GRAFIKONOV

GRAFIKON 1: URAVNOTEŽENJE ČASA DELOVNIH MEST.....	22
GRAFIKON 2: OBC DIAGRAM – STARO STANJE	50
GRAFIKON 3: OBC DIAGRAM – NOVO STANJE	59

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

»Današnji svet želi vedno več dodane vrednosti za nižjo ceno in na področjih, kjer je prisotna močna konkurenca, lahko uporaba »LEAN« pristopa pomeni ključno prednost pred ostalimi, saj ustvarimo z manj enako ali višjo dodano vrednost.« (Šinkovec, 2016)

V podjetju Talum d.d., PE Ulitki smo si pridobili naročilo za izdelavo Ohišja baterije za hibridni avtomobil. To je veliki izziv, ker gre za kos večje dimenzije. Takšen kos je zahteven za litje, kakor tudi za mehansko obdelavo. Situacijo je otežilo še dejstvo, da je kupec dva meseca pred začetkom serije povečal projektne količine za 100 %.

Če hočemo biti konkurenčni na trgih, je potrebno svoje procese izpiliti do vsakega detajla. Vitka proizvodnja ima strategijo, katera pomaga oblikovati produktivnejše procese in s tem zagotoviti kakovostne izdelke.

Naš cilj je, da z minimalnimi finančnimi vložki povečamo produktivnost in brez večjih ekonomskih poseganj dosegamo krajše pretočne čase znotraj obdelovalnega procesa. To pomeni, da bomo določeno število ustreznih izdelkov naredili v krajšem času in zagotovili potrebe kupca.

V četrtem poglavju sem opisal vpeljane aktivnosti za zagotavljanje vitke proizvodnje po posamezni operaciji, v procesu pred vpeljavo in v teku vpeljevanja vitke proizvodnje. Poudariti je potrebno, da proces nikoli ni končan in se nenehno prilagaja in izboljšuje. V sklepu sem podal nekaj ugotovitev o spremembah, ki so se zgodile v miselnosti vseh vpletenih ljudi ter njihov pozitiven vpliv na celostno podobo podjetja.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomske dela je pomagati našemu podjetju pri implementiranju vitke proizvodnje, da bomo s tem povečali učinkovitost, dvignili produktivnost zaposlenih in znižali proizvodne stroške. Nadalje bi želel še bolj poglobljeno raziskati področje vitke proizvodnje in se seznaniti z njenimi metodami.

Cilj diplomskega dela je predstaviti pomen vitke proizvodnje in pokazati, kako smo si z upoštevanjem njenih načel v Talumu pomagali pri vpeljevanju nove avtomatizirane linije.

Cilji, ki jih želim znotraj zaključene naloge doseči so:

- Se seznani, kaj je vitka proizvodnja in njene metode,
- opisati posamezne metode vitke proizvodnje,
- preveriti obstoječe stanje proizvodnje v podjetju,
- obstoječe delovne operacije preurediti v celično proizvodnjo,
- preveriti vsako delovno operacijo in jo poskusiti optimizirati,
- dvigniti produktivnost celotnega delovnega procesa,
- linijo zgraditi, optimirati, avtomatizirati, da zadovoljimo potrebe kupca.

Zadane hipoteze ob začetku projekta so:

- Produktivnost se lahko poveča z zmanjšanjem časa cikla.
- Produktivnost se izboljša z zmanjšanjem zastojnih časov.
- Dvig produktivnosti se lahko doseže z zmanjšanjem izmeta.

1.3 Predpostavke in omejitve

Zaradi varovanja tajnosti podatkov podjetja Talum d.d., v diplomskem delu ne bom razkrival imena kupcev, natančnih tehnoloških parametrov strojev in naprav, ki jih v proizvodnji uporabljamo in so potrebni za učinkovito delovanje stroja ter kakovosti izdelka, ampak samo približne in zaokrožene vsote, katere bodo dovolj za razumevanje diplomskega dela.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Diplomsko delo je razdeljeno na teoretični in praktični del.

V teoretičnem delu sem na podlagi preučene strokovne literature predstavil metode vitke proizvodnje (Lean Production). Osredotočil sem se na tista področja vitke proizvodnje, ki so za Ulitke ključnega pomena.

V praktičnem delu je prikazano upoštevanje načel vitkosti pri snovanju obdelovalne celice za obdelavo Ohišja baterije.

V diplomskem delu sem uporabljal računalniški program Catia za pregledovanja 3D modela, Autocad za risanje 2D (Layout linije) in Excel za vnašanje in analiziranje podatkov. Uporabil

sem proizvodni informacijski program STP za spremljanje proizvodnje, saj preko njega v podjetju spremljamo realizacijo proizvodnje.

2 TEORETIČNE OSNOVE IN PREGLED LITERATURE

2.1 Kaj je vitka proizvodnja?

Vitko proizvodnjo (ang. Lean production) je težko definirati. Avtorji podajajo različne definicije. Če povzamem več virov, lahko rečem, da je vitka proizvodnja filozofija oziroma pristop k upravljanju proizvodnih procesov. Vitka proizvodnja zajema različne metode in orodja, skupni cilj je zmanjševanje osnovnih izgub v procesih. Vitko mišljenje stremi k stalnim izboljšavam.

Če zmanjšamo ali izničimo izgube znotraj procesa, potem zmanjšamo stroške in podjetju zvišamo dobiček. Namen vitke proizvodnje ni zniževanje stroškov in zmanjševanje zaposlenih, ampak je zgolj usmeritev v ustvarjanje vrednosti in rasti podjetja. Vitka proizvodnja ima veliko različnih metod in modelov za doseganje ciljev, od katerih so v nadaljevanju predstavljeni le nekateri. (Lean Enterprise Institute, 2020)

2.2 Razvoj vitke proizvodnje

Človek je bil v zgodovini prisiljen k nenehnemu proizvajanju dobrin, ker je šlo za njegov obstoj. V času industrijske revolucije je prišlo do velikega razvoja in vse večje proizvodnje dobrin. Dobrine so sčasoma postale dostopne vedno večjemu številu ljudi in potreba po njih je bila vedno večja. Z razvojem proizvodnje so nastale prve teorije o organizaciji proizvodnje, lastniki tovarn pa so začeli razmišljati tudi o notranji izkoriščenosti strojev in odpravljanju potrat. Ugotovili so, da z dobro organizacijo in s pametnim vzdrževanjem lahko zmanjšajo zastoje v proizvodnji (Liker, 2004).

Zgodovino je zaznamovalo kar nekaj pomembnih ljudi (slika 1), ki so se ukvarjali z razvojem proizvodnje in dela. S svojim znanjem, kreativnostjo in inovativnostjo so postavljali mejnike v razvoju proizvodnih sistemov.



Slika 1: Frederick Winslow Taylor, Henry Ford, Sakichi Toyoda in James P. Womack

Vir: (<https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>)

Frederick Winslow Taylor je oče znanstvenega managementa. Uvedel je normiranje in uporabo najboljših praks. Pri svojem delu je opazoval posamezne delavce in njihove metode dela. Delodajalce je opozarjal, naj ne znižujejo plač ali odpuščajo delavcev, ko izboljšana učinkovitost procesa zniža potrebo po človeškem delu.

Henry Ford je bil podjetnik in inovator, ki je v začetku prejšnjega stoletja razvil svoj montažni sistem za masovno proizvodnjo avtomobilov Model T. To je bila najpomembnejša izboljšava v proizvodnji na svetu, imenovana tekoči trak. Zamenjala je sestavljanje na enem mestu. S premikajočo montažno linijo se je čas proizvodnega procesa znižal iz 12 ur na 90 minut. To je omogočilo nižjo prodajno ceno in s tem večjo dostopnost avtomobilov. Mnogo elementov te proizvodnje je smiselnih in uporabljenih še danes (Šinkovec, 2016).



Slika 2: Prva montažna linija s tekočim trakom

Vir: (<https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>)

Sakichi Toyoda, inovator in podjetnik, je na prehodu v 20. stoletje v svojem tekstilnem podjetju uvedel statve, ki so se ustavile, če se je utrgala nit. S tem je položil temelje za koncept inteligentne avtomatizacije in začetke vitke proizvodnje.

James Womack je bil direktor razvoja mednarodnega programa motornih vozil IMVP- International Motor Vehicle Program na tehnološkem inštitutu MIT – Massachusetts Institute of Technology univerze v Massachusetts-u. Bil je ustanovitelj in predsednik neprofitne ustanove Lean Enterprise Institute, ustanove za širjenje in raziskovanje vitkega razmišljanja, z namenom njegovega nadaljnjega razvoja.

Začetek vitke proizvodnje je bazirala po principu JIT (Just in Time) – ravno pravi čas, kar pomeni imeti pravi material ob pravem času na pravem mestu in v natančno potrebni količini.

Ravno pravočasno pomeni minimizirati zaloge in zagotavljati čim bolj tekoč materialni tok. Začetek sega v sedemdeseta leta prejšnjega stoletja na področje Japonske. S preučevanjem ideje o vitkosti in z vpeljevanjem njenih načel v prakso, so japonska podjetja prevzela vodilno vlogo na področjih, ki so bila prej v domeni ameriških in evropskih podjetij. Gre predvsem za avtomobilsko, elektronsko, jedrsko in strojno industrijo. Z uvajanjem načel in metod v proizvodnjo se začne obdobje tako imenovane »vitke proizvodnje« (lean production). Ta termin so uvedli Womack, Jones in Ross leta 1990. Omenjeni avtorji so v osemdesetih letih prejšnjega stoletja proučevali delovanje avtomobilске industrije in v svoji knjigi »Machine That Changed the World: The Story of Lean Production« podrobno predstavili delovanje Toyotinega proizvodnega sistema. Ta sistem je sinonim za enega najučinkovitejših proizvodnih sistemov v svetu.

Vitka proizvodnja sama po sebi dobro in tekoče deluje, če je medsebojno povezanih večina spodaj navedenih elementov:

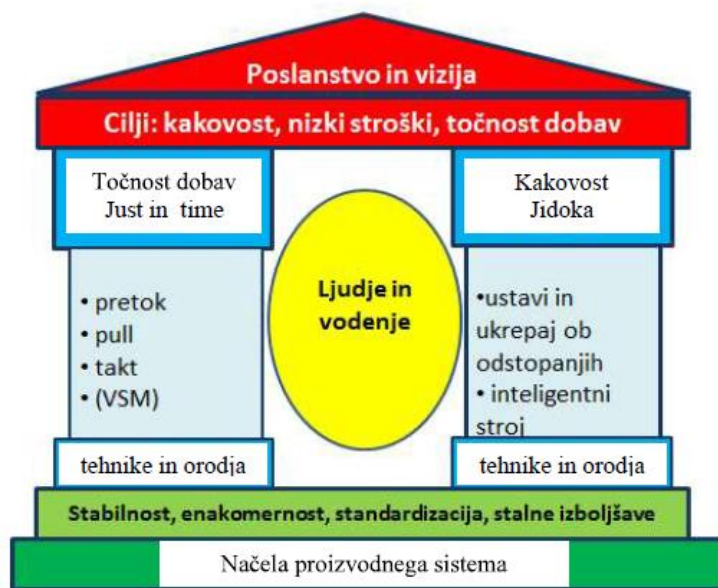
- Stabilna in enakomerna proizvodnja,
- visoka raven kakovosti,
- fleksibilnost procesov,
- zanesljiva oprema in dobavitelji,
- hitre nastavitve ter menjave orodij.

Od zaposlenih zahteva veliko discipline in usklajen tim za združevanje ter vzdrževanje zgoraj navedenih elementov.

Podjetja v veliki meri z vpeljavo vitke proizvodnje dosegajo boljše ekonomske kot tudi proizvodne rezultate. Redna izobraževanja in izpopolnjevanja zaposlenih doprinesejo k boljši kakovosti dela, posledično pa k izboljšanju kakovosti izdelka. Ključnega pomena je odstranjevanje potrat, ki z vidika kupca ne dodaja dodane vrednosti. Za vitek sistem je značilna visoka zanesljivost in natančnost (Vidmar, 2017).

Podjetja so danes prisiljena vpeljevati različne procese in tehnike za povečanje produktivnosti in zmanjševanje stroškov, zato se vse pogosteje srečujemo z izrazi reorganizacija, optimizacija in racionalizacija. Ti izrazi se najpogosteje uporabljajo in poudarjajo predvsem takrat, ko nastopi finančna kriza. Odločitev podjetja, katero metodo bo vpeljala v svoj proizvodnji proces je strateškega pomena, saj želi z majhnim vložkom oziroma spremembo doseči velike in

pozitivne rezultate. Gradniki sistema vitke proizvodnje se v literaturah predstavljajo v obliki hiše, s čimer se poudari povezanost posameznih elementov med seboj.



Slika 3: Gradniki sistema vitke proizvodnje

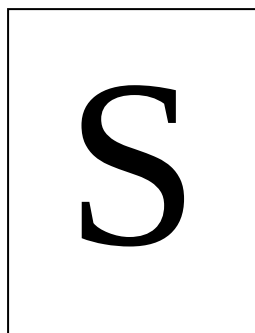
Vir: (<https://www.izza.si/namen-vitke-proizvodnje.html>)

Metode in orodja (CadCam Group, 2017):

- KAIZEN (proces nenehnih izboljšav),
- CPV (celovit sistem vzdrževanja),
- 7W (7 – vrst izgub),
- 5S (Metoda organizacije delovnega mesta),
- Poka Yoke (preverjanje napak),
- 6σ (Six Sigma),
- JIT (Just In Time),
- Kanban (Pull sistem),
- SMED (hitra menjava in nastavitev orodij),
- Takt time (proizvodnja vezana na takt),
- Celična proizvodnja,
- VSM (prikaz toka procesov).

2.3 5S (Metoda organizacije delovnega mesta)

To je metoda, ki se izvaja v petih korakih, da bi izboljšali delovno mesto. Cilj je, da poskrbimo za red in čistočo, varnost na delovnem mestu in povečanje produktivnosti. 5S prihaja iz Toyote in pomeni pet japonskih besed, ki se začnejo na črko S (Metoda 5S v teoriji in praksi, 2017).



➤ S1	Suši	–	Odstrani
➤ S2	Sumo	–	Organiziraj
➤ S3	Subaru	–	Očisti
➤ S4	Suzuki	–	Opredeli standarde
➤ S5	Samuraj	–	Ohrani

2.3.1 Suši – Odstrani nepotrebne stvari

Ločimo stvari, ki so potrebne za tekoča opravila, od tistih, ki zanje niso potrebna. Z delovnega mesta odstranimo vse nepotrebne stvari.

Sčasoma se na delovnem mestu kopičijo orodja, priprave, (pol)izdelki, dokumentacija, pohištvo idr.

Posledice so:

- Izgubljam čas z iskanjem stvari, ki jih potrebujemo.
- Imamo več orodja/priprav kot jih potrebujemo.
- Nepotrebne stvari nas ovirajo pri vsakdanjem delu.
- Porabimo več časa in denarja in smo manj učinkoviti.



Slika 4: Odstranitev nepotrebnih stvari

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

2.3.2 Sumo – Organiziraj potrebne stvari

Po odstranitvi nepotrebnih stvari, potrebne stvari organizirajmo in uredimo tako, da ima vsaka stvar svoje mesto in da so stvari pregledne in lahko dostopne.

- Uredimo stvari glede na pogostost njihove rabe.
- Uporabimo vizualne pripomočke, da olajšamo prepoznavanje odlagalnih mest.



Slika 5: Organizacija potrebnih stvari

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

2.3.3 Subaru – Očisti

Ko so stvari urejene, redno čistimo delovno okolje.

- Vse stvari (stroje, orodja, delovne mize, tla, ipd.) je treba redno in primerno čistiti.
- Določimo dnevni raspored čiščenja in preverjanja, da sproti spremljamo stanje opreme in ugotavljamo morebitno potrebo po korektivnih ali preventivnih ukrepih.



Slika 6: Redno čiščenje delovnega mesta

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

- Čistijo zaposleni na delovnem območju, ne zunanji čistilni servisi.
- Potrebno je ugotoviti vzroke nečistoče in jih odpraviti, da se nečistoča trajno odpravi.

2.3.4 Suzuki – Opredeli standarde

Poiščimo primere najboljše prakse in jih predpišimo kot standarde. Z njihovo pomočjo ohranimo red in čistočo, ki smo ju vzpostavili pri S1, S2 in S3.

- Standardizacija omogoča minimiziranje variabilnosti in minimiziranje vpliva variabilnosti na kakovost in hitrost.
- Standardizacijo uvajamo pri procesih, orodjih, metodah, sestavnih delih, oznakah idr.



Slika 7: Opredelitev standardov

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

2.3.5 Samuraj – Ohrani red in čistočo z disciplino

Ohranimo dosežke S1, S2, S3 in S4 z vzdrževanjem in krepitvijo discipline, da se dogovorjene aktivnosti izvajajo dosledno in iz navade (Metoda 5S v teoriji in praksi, 2017).

- Vzdrževanje reda in čistoče naj postane sestavni del vsakdanjega dela.
- Vedno in brez izjeme se držimo dogovorjenih pravil.
- Ohranjanje dosežkov izvajamo s pomočjo presoje, analiziramo rezultate presoje in ustrezno ukrepamo.



Slika 8: Ohranjanje reda in čistoče

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

2.4 JIT – Just In Time ali točno ob pravem času

Točno ob pravem času ali JIT (ang. Just In Time) je način razmišljanja o tem, kako upravljati in kontrolirati zaloge, kar je glavni cilj zmanjšanja prekomerne zaloge v skladišču in v proizvodnem procesu. Just In Time se ne uporablja kot metoda, ampak jo morajo v podjetju sprejeti kot razmišljanje, da bodo z njim zmanjšali izgube.

Če uporabljamo JIT, odpravimo izgube čakanja, ker v proizvodnem procesu naredimo točno določeno količino proizvoda, ki ga v tistem trenutku potrebujemo. Planiranje proizvodnje je podvrženo kupčevim zahtevam, izvajamo in kontroliramo pa jo z metodo vlečenja. Če hočemo, da nam JIT pravilno deluje, moramo izpolnjevati dva pogoja:

- Ves material mora prispeti pravi čas na točno določeno mesto in v pravi količini.
- Ves material mora biti kakovostno ustrezen.

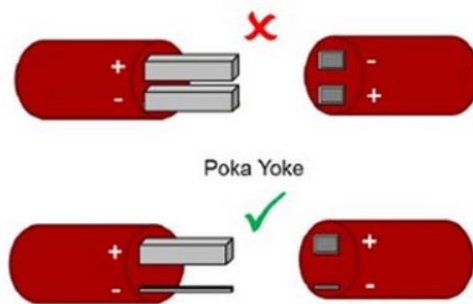
Z Just In Time sistemom lahko podjetja občutijo težave, če informacijski tok med kupcem, proizvajalcem in dobaviteljem ni usklajen. Če tok ni usklajen, lahko pride do netočnih dobav, nepravega materiala in netočnih količin izdelkov. Veliko podjetij, kjer njihovi dobavitelji uporabljajo Just In Time, izberejo dva dobavitelja za enak izdelek (Metoda 5S v teoriji in praksi, 2017).

2.5 Poka-Yoka

To je metoda preprečevanj napak. Že v začetku zasnove proizvodnega procesa je potrebno implementirati Poka-Yoke, da se napake ne bodo pojavljale oziroma bodo v primeru pojava takoj odkrite in odpravljene. Inovator Poka-Yoka je bil japonski inženir Shingo Shigeo. Njegova ideja je bila, da v proizvodnem procesu niso možne napake. S to idejo je sčasoma dosegel, da ni bilo več vizualnih kontrol na končnih izdelkih.

V vseh proizvodnih procesih je možnost pojavljanja napak in lahko povzročijo, da je izdelek neuporaben. Še huje je, če takega izdelka ne odkrijemo in pride do kupca, kar povzroči nezadovoljstvo kupca in izgubo zaupanja v podjetje.

Če hočemo, da je podjetje konkurenčno na trgu, je potrebno sprejeti razmišljanje, da je vsak slab kos nesprejemljiv in nedopusten. Najenostavneje odpravimo napake na izdelkih s Poka-Yoka napravami (CadCam Group, 2017).



Slika 9: Poka-Yoke sistem

Vir: (<https://www.cadcam-group.eu/si/blog/poka-yoke>)

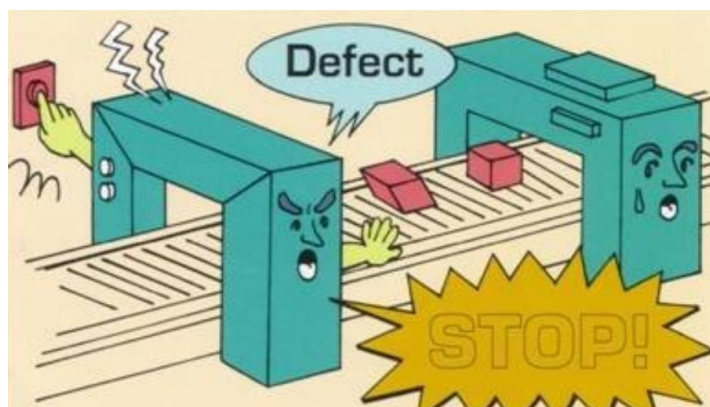
Poka-Yoka v napravah delimo na:

- Reaktivne – napake zaznajo in zaustavijo proces z zvočnimi ali svetlobnimi opozorilnimi znaki.
- Proaktivne – preprečujejo napake.

2.6 Jidoka

Jidoka predstavlja enega od osnovnih stebrov Lean production oziroma vitke proizvodnje. Z Jidoko zagotavljamo, da kupcu pošljemo izdelek brez napake. Jidoka je inteligentna avtomatizacija, katera ob zaznavi napake ustavi proces in opozori delavca z alarmom ali signalom. S to metodo lahko kontroliramo izdelke v vsaki fazi proizvodnega procesa. Napake se odkrivajo in odpravljajo že med izvajanjem med proizvodnim procesom.

Jidoka je proces, v katerega je implementirana kakovost in nam je ni potrebno preverjati na koncu procesa.



Slika 10: Jidoka princip

Vir: (<https://www.linkedin.com/pulse/jidoka-autonomation-figliolino-venanzio>)

Jidoko delimo na 4 korake (What is Jidoka, 2020):

- Odkrivanje nepravilnosti,
- zaustavitev procesa,
- takojšna odprava napake in
- odkrivanje in popravilo izvora napake.

2.7 Uravnoteženje proizvodnji procesov

To je postopek, ki predstavlja enakomerne porazdelitve operaterjev v proizvodnem procesu po delovnih mestih. Če je linija slabo uravnotežena (balansirana) potem se pojavijo izgube, kot so prekomerne zaloge, čakanje in slabo izkoriščena strojna oprema.

Uravnoteženje (balansiranje) proizvodnih procesov delimo na dva osnovna pojma:

- Čas takta in
- čas cikla.

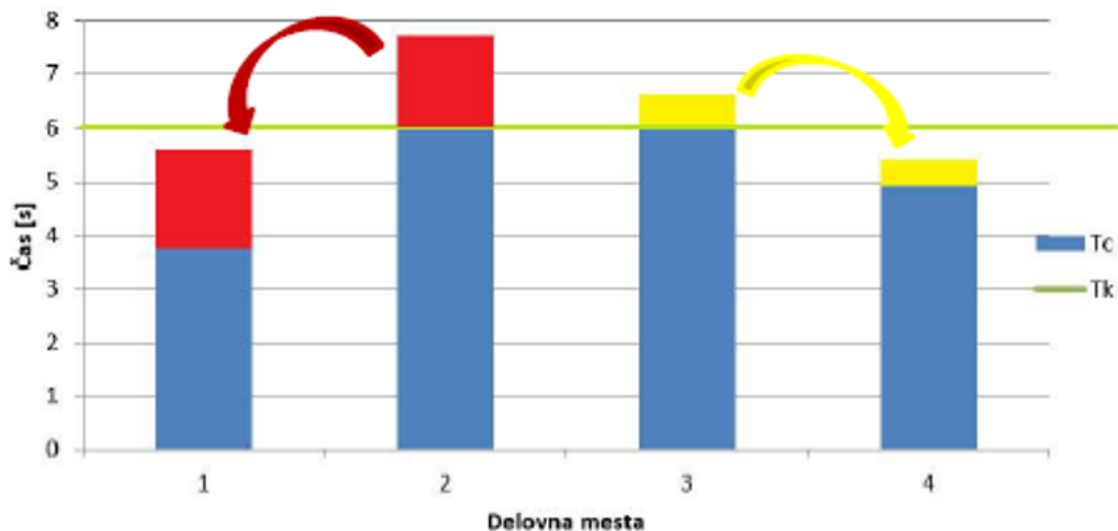
2.7.1 Čas takta

To je časovni interval, v katerem je potrebno izdelati izdelek, da zadostimo potrebam kupca.

$$Tk = \frac{\text{neto načrtovani čas v delovni izmeni [s]}}{\text{potrebna količina izdelkov na izmeno [s]}}$$

2.7.2 Čas cikla

Je čas, ki ga potrebujemo za dokončanje neke delovne operacije na določenem delovnem mestu. Najdaljši čas cikla neke operacije je čas, v katerem bo stroj obdelal en izdelek. Če je ta čas daljši od takta proizvodnje, je potrebno uravnotežiti (balansirati) proizvodnjo, da je čas cikla krajši od takta proizvodnje (čas cikla < takt proizvodnje).



Grafikon 1: Uravnoteženje časa delovnih mest

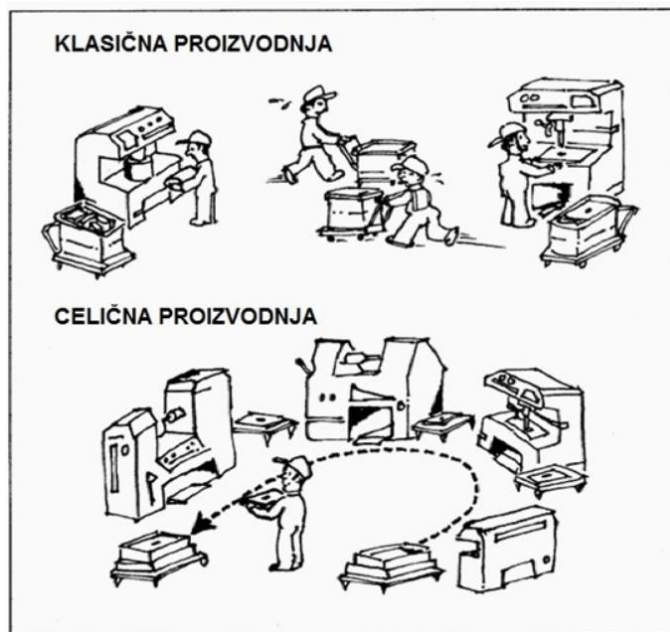
Vir: (Lastni vir)

Pri uravnoteženju (balansiranju) procesov si najprej definiramo delovne operacije po obliki OBC (angl. Operator Balance Chart). S to metodo dobimo pregleden prikaz delovnih mest in izgub. Iz analize razberemo ozka grla in teoretično določimo katere operacije znotraj linije bi uravnotežili.

2.8 Celična proizvodnja

To je proizvodnja, pri kateri za izdelavo izdelka potrebujemo več različnih operacij in so stroji ali delovna mesta razporejena v neko celoto – celico. Celico bi naj sestavljalo od 3 do 12 delavcev na največ 15 delovnih mestih. Največkrat se v tako celico implementira robot (ali več robotov), kateri poslužujejo stroje.

Za celice je značilno, da material med delovnimi mesti potuje z minimalnim transportom (zalogovnik). Na začetku celice dostavimo začetni material, nato pa potuje med delovnimi mesti ali čaka v malih količinah na naslednjo operacijo. Prednost celične obdelave je, da so delavci znotraj celice in je komunikacija med delavci lažja, kar omogoča boljše timsko delo.



Slika 11: Klasična in celična proizvodnja

Vir: (<http://ecg.si/clanki/celicna-proizvodnja/>)

Prednosti celičnega procesa:

- Hiter odziv na napake,
- kratki pretočni časi,
- boljši vizualni nadzor celotnega procesa,
- zmanjšanje izgub zaradi transporta,
- manjše zaloge med samimi operacijami,
- manjša zasedenost prostora,
- visoka fleksibilnost procesa.

Celično proizvodnjo uvajamo na linijah, ko je avtomatizacija procesa predraga ali težje izvedljiva. Uporabljamo jo tam, kjer imamo manjše število različnih izdelkov, vendar iz istih družin izdelkov, da jih lahko izdelamo na istih orodjih in strojih. Vse delovne operacije znotraj celice so med seboj neodvisne od ostalih operacij, vendar so povezane in nobene izmed operacij ni mogoče izpustiti. Najdaljši čas delovne operacije nam predstavlja takt celice.

Postavitev opreme je področje, na katerem so Japonci dosegli večjo učinkovitost kot drugi. Japonski proizvajalci običajno uporabljajo manjšo, univerzalno opremo, ki je cenejša, lažja za

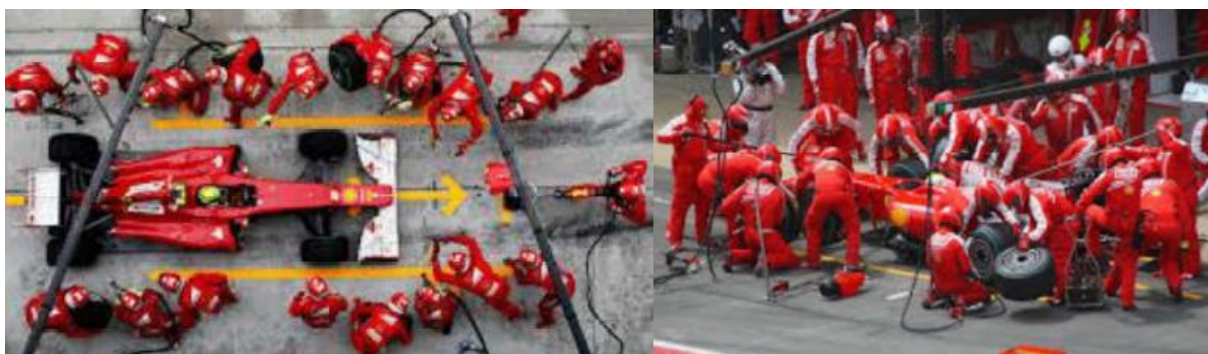
vzdrževanje, lažje pa jo je tudi uskupiniti v celice. Univerzalnost opreme zagotavlja relativno dobro fleksibilnost, uskupinjenje v celice pa prinese prednosti učinkovitega pretoka (Jus, 2018).

2.9 Metoda SMED

Metoda SMED (Single minute exchange die) je hitra menjava in nastavitev orodij. Izumil in razvil jo je japonski znanstvenik in raziskovalec Shigeo Shingo. Razvijati jo je začel leta 1950, ko je bil na obisku v tovarni Mazda v Hirošimi. V tem podjetju so pri menjavi orodij izgubili toliko časa, da so tam nastala ozka grla. Posledično je to zmanjšalo izkoriščenost strojev. Nekaj let kasneje je obiskal tudi tovarno avtomobilov Toyota, kjer so imeli podobne težave. Naloge se je lotil tako, da je najprej ločil notranje in zunanje aktivnosti. V podjetje so implementirali veliko inženirskih rešitev in čas menjave orodij zelo zmanjšali.

Ta inovacija ni dolgoročno zadovoljila ciljev uprave. Zato so se izboljšave lotili na način, da so vse notranje aktivnosti pretvorili v zunanje aktivnosti. Po vpeljavi te ideje so znižali čas menjave orodja na željeni čas.

Shiego Shingo je proces hitre menjave orodja poimenoval SMED. Bil je prepričan, da lahko z SMED metodo na vseh področjih zmanjša čas menjave. Najprej se je to uveljavilo v vseh procesih v Toyotinih tovarnah na Japonskem. Čez čas pa se je metoda razširila po vsem svetu. SMED se uporablja tudi v Formuli 1.



Slika 12: SMED metoda v Formuli 1

Vir: (<https://leanconstructionblog.com/Single-Minute-Exchange-of-Dies-A-Neglected-Method-in-Lean-Construction.html>)

Metodo uporabimo takrat, če želimo skrajšati čas menjave orodja ali čas nastavitve orodja. Posebej velik pomen ima metoda pri maloserijskih proizvodih, ko je potrebno velikokrat zamenjati proizvodnjo izdelkov.

Ko je prišlo do zmanjševanja serij je bilo potrebno orodje menjati že po nekaj urah proizvodnje. Ker je menjava orodja trajalo tudi do nekaj ur, je bilo potrebno nekaj spremeniti in prilagoditi proces menjave. Za ta namen je bila razvita SMED metoda (Single Minute Exchange Die). Metoda se je skozi čas pojavljala v različnih oblikah in različnih proizvodnih procesih, kot so v pisarnah dostop do iskanih informacij v eni minuti ali v proizvodnjah menjava orodja v desetih minutah. SMED metoda hitro, učinkovito in poceni skrajša največje izgube časa.

Če hočemo uvesti SMED metodo, uporabimo različne korake, ki se med seboj razlikujejo glede na opremo, ki jo uporabljamo in okolje, v katerem se izvaja.

2.9.1 Koraki SMED metode:

1 Priprava, proces, preverjanje in prilagoditev orodij in materialov

V tem koraku zagotovimo, da so vsa orodja in deli na za to predpisanih mestih, in da delujejo pravilno. V korak 1 je vključeno tudi obdobje po obdelavi, ko se deli očistijo in shranijo v skladišče.

2 Nastavitve, meritve in kalibracije

V tej točki naredimo vse kalibracije in meritve, ki so potrebne za učinkovito in tekoče delovanje proizvodnje kot so npr. centriranje in dimenzioniranje meritev tlaka ali temperature.

3 Prvi zagon proizvodnje in prilagoditve

Tukaj naredimo prilagoditve takrat, ko je prvi preizkušanec oziroma izdelek že narejen. Prilagoditev je manj, bolj kot smo bili natančni v prejšnjem koraku – meritve in kalibracije. Sposobnost operaterja, kateri izvaja nastavitve, narekuje dolžino in pogostost poskusnih zagonov ter prilagoditev procesov. Če hočemo zagotoviti čim krajša poizkusna izvajanja, potem moramo veliko pozornost nameniti zahtevam iz predhodnih korakov.

Pri delu, ko iščemo rešitve in uporabimo metodo SMED, si velikokrat pomagamo s kamerami. S kamero posnamemo postopek menjave orodja in ga potem natančno analiziramo. S to analizo ugotovimo, kje imamo še priložnosti za izboljšave.

SMED pri iskanju rešitev priporoča nekatera navodila:

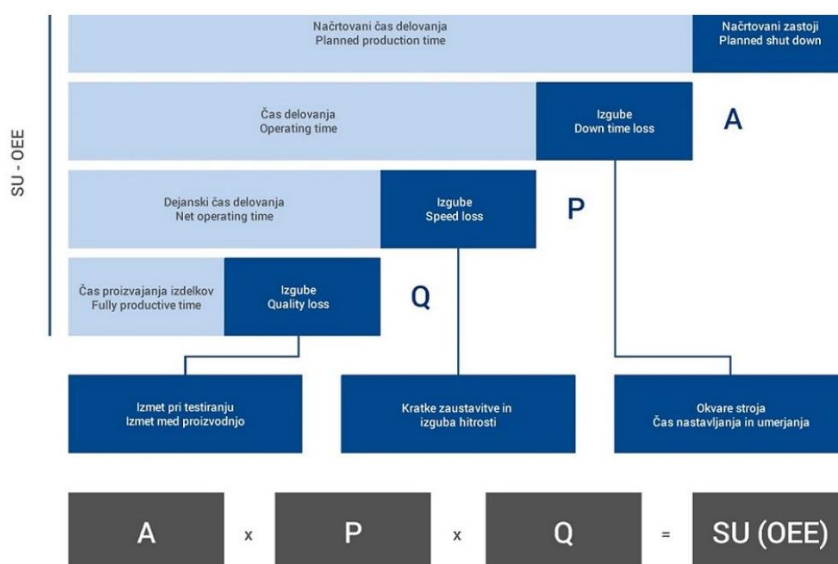
- Uporaba kontrolnih listov,
- skladiščenje vpenjal in orodij na primernih mestih,
- uporaba standardnih postopkov,

- določitev odgovornih oseb,
- uvedba čim več avtomatizacije,
- izboljšanje ravnanja z materialom.

Ko vse to naredimo, je potrebno celoten proces standardizirati. S tem zagotovimo ponovljivost najboljšega delovnega procesa za hitre menjave (Kozjak, Berlec, & Kušar, 2016).

2.10 Skupna učinkovitost opreme (OEE)

Skupna učinkovitost opreme (Overall Equipment Effectiveness) je sestavljena iz razpoložljivosti, učinkovitosti in kakovosti. Razpoložljivost in učinkovitost obravnavata čas, kakovost pa število ustreznih izdelkov. Z merjenjem razpoložljivosti, učinkovitosti in kakovosti ugotovimo učinkovitost opreme. Razlika med optimalno učinkovitostjo opreme in izgubami prikaže dejansko stanje opreme.



Slika 13: Prikaz izračuna OEE

Vir: (<http://www.teroplus.si/storitve/merjenje-skupne-ucinkovitosti-proizvodnih-procesov-oe/>)

$$OEE = R \cdot U \cdot K \quad (2.1)$$

kjer je:

R – razpoložljivost

U – učinkovitost ali Z – zmogljivost

K – kakovost

Razpoložljivost nam predstavlja razmerje med časom, ki ga imamo na razpolago znotraj delovnika in časom, v katerem stroj dejansko deluje. Razpoložljivost nam slabšajo izgube zaradi nenačrtovanih okvar, menjav orodij in nastavitev.

$$R = \frac{t_{dej}}{t_{plan}} \quad (2.2)$$

kjer je:

t_{dej} – dejanski čas obratovanja [s]

t_{plan} – planirani čas obratovanja [s]

Zmogljivost ali učinkovitost opreme opisuje hitrost delovanja stroja, ki ga obravnavamo. Do zmanjšanja hitrosti prihaja zaradi obrabe osnovnih sredstev, napak vhodnega materiala in zaustavitev strojev, ki so krajši od 10 minut. Zmogljivost je razmerje med izdelano in načrtovano količino izdelkov v opazovanem časovnem obdobju.

$$U = \frac{\text{Skupna količina kosov [kos]}}{\text{Načrtovana količina kosov [kos]}} \quad (2.3)$$

Kakovost nam pove koliko dobrih izdelkov naredimo v opazovanem časovnem obdobju in je razmerje med številom dobrih kosov in številom skupno proizvedenih kosov v opazovanem časovnem obdobju.

$$K = \frac{\text{Dobri izdelki [kos]}}{\text{Skupno proizvedeni izdelki [kos]}} \quad (2.4)$$

Metoda rednega spremljanja učinkovitosti opreme spada med redne aktivnosti vzdrževanja delovnih strojev in opreme. Lahko bi rekel, da spada v osnovno »higieno« vzdrževanja vsakega delovnega sistema (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005).

Zakaj?

- Iz analize OEE lahko razberemo pomembne izgube, čeprav ne upošteva planiranih izgub.
- Uporabljamo jo za odpravljanje izgub.

Med veliko merljivimi kazalci uspešnosti, kateri se uporabljajo v proizvodnji, je OEE eden nepomembnejših. OEE predstavlja celovit prikaz izkoriščenosti proizvodnje (What is overall equipment effectiveness?, 2016).

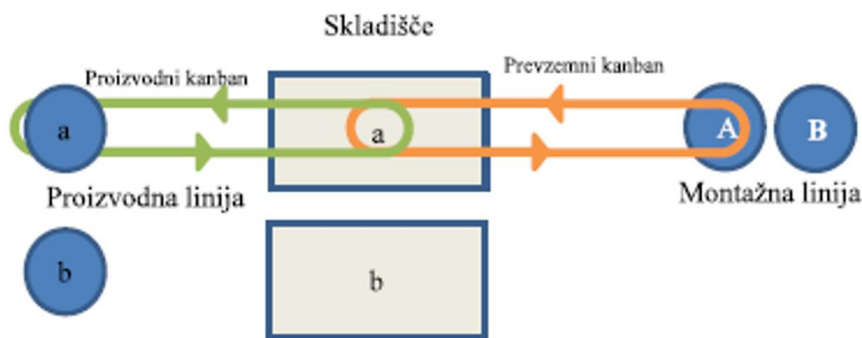
2.11 Kanban

Kanban je signalni sistem, ki omogoča da dosegamo JIT proizvodnjo. Beseda izhaja iz japonsčine. »Kan« japonsko pomeni vizualno, »ban« pomeni kartica. Na začetku je bil sistem oblikovan na principu dvokartnih sistemov obveščanja, danes pa se uporabljajo še drugi indikatorji (npr. svetilna signalizacija, kanban kvadrati).

S kanban metodo dosežemo:

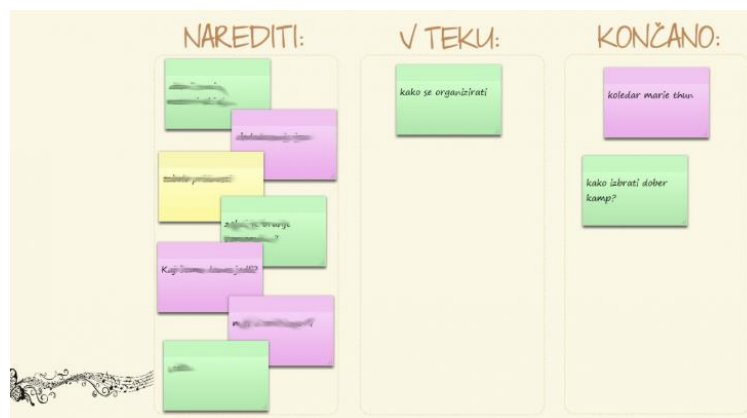
- Manjše zaloge,
- višjo produktivnost,
- večjo preglednost proizvodnje in
- odpravo prekomerne proizvodnje.

Zasnova za kanban metodo temelji na predpostavki, da produkt naredimo ali premaknemo samo takrat, ko za to dobimo signal. V proizvodnji se največkrat uporablja proizvodni in prevzemni tip kanban kartice. S proizvodno kartico definiramo vrsto in količino proizvodov, ki jih mora predhodna delovna operacija izdelati. Prevzemna kartica pa določi vrsto in količino proizvodov, ki jih mora naslednji proces prevzeti iz skladišča. Na sliki je prikazan enostaven prikaz pretoka kanban informacij med montažo in strojno linijo. Na montažni liniji se sestavljata A in B proizvoda, ki vsebujeta proizvoda strojne linije a in b. Ko montažna linija dobi informacijo o naročilu izdelka A, se iz skladišča prevzame material a, s prevzemno kartico. Ko material zapusti skladišče, se proizvodna kartica odstrani, pošlje nazaj na proizvodno linijo, določi vrsto in količino proizvodov, ki so potrebni, da se skladišče ponovno napolni (Črešnar, 2012).



Slika 14: Prikaz uporabe kanban kartic

Vir: (<https://mojpogled.com/kanban-metoda-za-organiziranje-dela/>)



Slika 15: Kanban metoda za organiziranje dela

Vir: (<https://mojpogled.com/kanban-metoda-za-organiziranje-dela/>)

2.12 7 osnovnih izgub v proizvodnji

Izgube znotraj proizvodnega procesa velikokrat imenujemo z japonsko besedo muda. Opredelili so 7 glavnih vrst izgub, ki znotraj procesa izdelku ne dodajajo nobene vrednosti in jih moremo zaradi tega odstraniti.

Prekomerna proizvodnja – je najbolj pogosta izguba pri masovni proizvodnji. Do izgub prihaja zaradi neusklajenosti med proizvajalcem in kupcem. Proizvaja se večje število izdelkov kot jih kupec potrebuje ali pa se proizvajajo brez naročil. Zaradi tega prihaja do težav s skladiščenjem končnih izdelkov.

Prekomerne zaloge – do izgub prihaja zaradi prekomernega skladiščenja končnih izdelkov, kot posledice prekomerne proizvodnje ali zaradi naročanja prekomerne količine materiala, ki ga ne porabimo takoj.

Čakanje – do izgub zaradi čakanja prihaja zaradi neuravnoteženosti med proizvodnimi procesi, ki sodelujejo v izdelavi izdelka ali zaradi nerazpoložljivosti materialov, orodij in opreme, uporabljene v procesu.

Transport – pri vsakem premiku materiala ali produkta na drugo lokacijo izgubljam čas, ko ne dodajamo dodane vrednosti izdelku. Do izgub pri transportu prihaja zaradi slabe organizacije dela in slabo načrtovane proizvodne linije.

Gibanje – izgube zaradi nepotrebnega gibanja predstavljajo vsi premiki delavca, ki so za izvedbo delovne operacije nepotrebni. So posledica slabo načrtovanega delovnega mesta ali gibanja delavca med ostalimi operacijami, zaradi pomanjkanja materiala in sestavnih delov.

Izmet – vsako napako, ki se pojavi na izdelku, moremo odpraviti oziroma naknadno popraviti, kar nam povzroča velike stroške zaradi izgubljenega časa in materiala.

Odvečni procesni postopki – vsaka delovna operacija, ki izdelku ne dodaja vrednosti je nepotrebna. Največkrat se izgube pojavljajo zaradi slabo načrtovanih tehničnih procesov, napačno izbranega materiala in napačno izbranih tolerančnih območij (Vidmar, 2017).

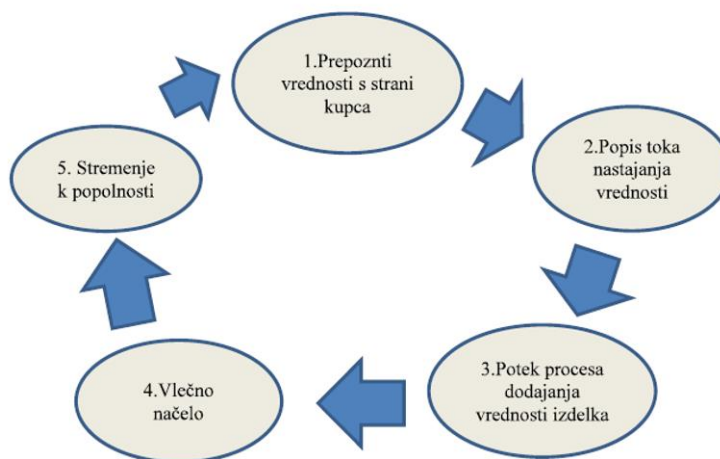


Slika 16: 7 osnovnih izgub v proizvodnji

Vir: (<https://www.strips.eu/sl/novice/vitka-proizvodnja-za-bolj-ucinkovito-poslovanje-podjetja>)

2.13 5 osnovnih načel vitke proizvodnje

Za vzpostavitev vitke proizvodne v podjetje in za njeno uspešno implementacijo, moramo slediti petim glavnim načelom vitke proizvodnje.



Slika 17: 5 osnovnih načel vitke proizvodnje

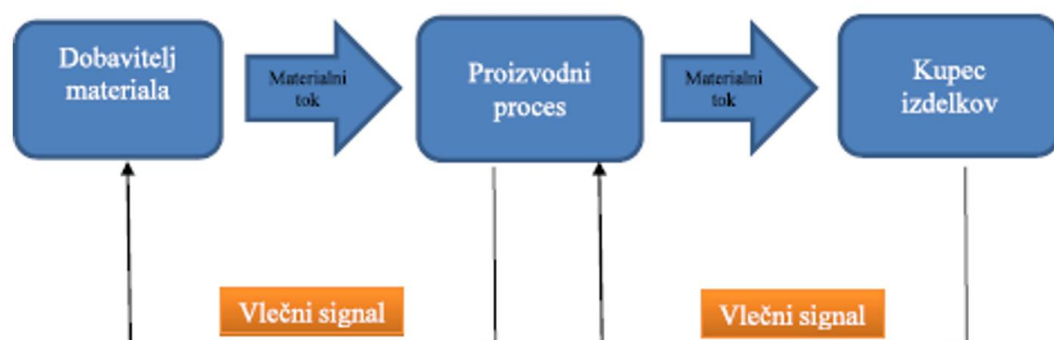
Vir: (Lasten vir)

1. načelo: V prvem koraku je potrebno razumeti, kaj kupcu izdelka predstavlja dodano vrednost, ki presega stroške nakupa. Končna cena izdelka je skupek učinkovitosti posamezne faze nastajanja izdelka. Vsaka faza izdelave vključuje več virov (material, zaposlene, orodja, stroje, itn.), ki predstavljajo stroške v končni ceni izdelka. V očeh kupca pa so upravičeni le viri, ki izdelku dvigujejo vrednost. Če nek vir ne dodaja vrednosti končnemu produktu, nam predstavlja izgubo, ki jo je potrebno odstraniti, saj kupec ne bo pripravljen plačevati velikih zalog podjetja, ampak samo končno funkcijo produkta, ki ga zanima.

2. načelo: V drugi stopnji je potrebno popisati tok materiala in informacij znotraj proizvodnega sistema. Z dovolj natančnim popisom toka vrednosti znotraj proizvodnje lahko hitro ugotovimo, na katerih mestih se pojavljajo izgube in kako obsežne so. Ko izgube identificiramo, pripravimo plan izboljšav za eliminacijo le-teh.

3. načelo: Ko iz procesa odstranimo vse izgube, se osredotočimo na zagotavljanje neprekinjenega toka aktivnosti dodajanja vrednosti izdelka. V celotnem proizvodnem sistemu ne sme biti nobenih prekinitev in posledičnih izgub časa. Da to dosežemo, morajo vsi sodelujoči elementi delovati brez napak.

4. načelo: Naslednje načelo narekuje vzpostavitev vlečnega principa znotraj procesa. Vlečni princip nasprotuje t. i. potisnemu principu, kjer material prehaja iz ene operacije v drugo glede na razpoložljivost kapacitet. V tem primeru izdelek potisnemo skozi proizvodnjo do končnega skladišča, kjer čaka na naročilo kupca. Vlečni signal pa temelji na logiki, da se proizvodni proces sproži ob naročilu kupca. Vlečni signal tako potuje od naročila do prve operacije znotraj procesa preko kanban kartic. Prednosti vlečnega principa so pravočasna dobava, visoka fleksibilnost in minimalne zaloge znotraj podjetja.



Slika 18: Prikaz vlečnega principa

Vir: (Lasten vir)

5. načelo: Zadnji korak uvedbe vitkosti je strmenje k popolnosti procesa z nenehno detekcijo in odpravo kakršnihkoli izgub. Po uvedbi prvih štirih načel je v zadnjem koraku pomembno predvsem to, da so vanj vključeni prav vsi, ki sodelujejo v samem procesu. Vitka proizvodnja je filozofija stalnih izboljšav, zato se cikel petih osnovnih načel ponavlja (Polajnar, Buchmeister, & Leber, 2005).

3 SPLOŠNA PREDSTAVITEV PODJETJA

3.1 *Splošno o podjetju*

Talum d.d. je sodobno proizvodno podjetje, katero sodi v svetovnem merilu v ozek krog najučinkovitejših proizvajalcev aluminijevih zlitin in elektroliznega aluminija. V Kidričevem ju proizvaja že več kot 60 let, kar se vidi v naslednjih dejstvih: spada med 15 največjih izvoznikov v Sloveniji, pridela cca. 80.000 ton primarnega aluminija letno, zaposlenih od začetka do danes je že več kot 10.000 ljudi. Njegova največja konkurenčna prednost so izdelki najboljše kakovosti, podjetnost, ustvarjalnost in znanje vseh zaposlenih.

Ključne vrednote Taluma d.d. so medsebojno sodelovanje, povezanost in zaupanje med zaposlenimi in kupci. Omenjene vrednote so nam pomagale uresničevati razvojne strategije in cilje. Zelo pomembni kazalci uspešnosti, ki nam pomagajo pri doseganju naših ciljev in vizij, so učinkoviti in vitki dosežki, ustvarjanje in sodelovanje sinergij s partnerji in kultura dosežka. Ob dejstvu, da nam zaupajo kupci, dobavitelji in drugi poslovni partnerji, imamo še nekaj, zaradi česar se uvrščamo med najboljše – drznost in predanost naših zaposlenih.

Naše tehnično dovršene proizvodne procese poskušamo vedno nadgraditi s strateškimi smernicami, ki so okolju prijazne in energijsko učinkovite za proizvodnjo. Eden od pomembnejših temeljev naše rasti je proizvodnja in razvoj aluminijastih izdelkov – ulitkov. V našem podjetju že nekaj časa uspešno obvladujemo gravitacijsko in nizkotlačno litje. Vpeljali smo tudi uspešno zgodbo z visokotlačnim kokilnim litjem in z mehansko obdelavo kosov – ulitkov. Spadamo med ene največjih in tehnološko najnaprednejših proizvajalcev rondelic za program doz in tub na svetu.

Pomembna usmeritev je lastni razvoj, proizvodnja in trženje tehnološke opreme, ki temelji na integraciji akumuliranega tehnološkega znanja in izkušenj. V lastnem raziskovalno-inovacijskem centru, v sodelovanju z zunanjimi partnerji razvijamo proizvode, materiale in tehnološke rešitve. Vzpostavili smo posamezne nove programe, ki temeljijo na tehnoloških aplikacijah iz aluminija in na industrijskem oblikovanju.

Pri delu preizkušamo nove pristope in načine. To počnemo z veliko mero energije, s timskim delom in z ustvarjanjem razmer, ki nam omogočajo hiter odziv na izzive in prepoznavanje priložnosti. Usvojili smo koncept kakovosti, ki je mnogo več kot zgolj skupek tehničnih

značilnosti izdelka. To nam tudi omogoča, da smo uspešni na vedno zahtevnejših trgih (Talum d. d., 2020).

3.2 Zgodovina podjetja

1942

Nemško podjetje Vereinigte Aluminium Werke je pričel graditi tovarno glinice v Strnišču. Dravsko polje je ravninsko območje in med prvo svetovno vojno so bila tukaj taborišča in bolnišnice. Dravsko polje je bilo zanimivo za gradnjo velikega industrijskega kompleksa. To območje je bilo že delno komunalno opremljeno in po tem območju je bila speljana železniška proga. Proizvodni proces so načrtovali v stolpih, v kombinaciji s Sinterjevim postopkom. Okrog 70 odstotkov vseh gradbenih del je bilo zaključenih do leta 1945.

1944

Ko je bila končana druga svetovna vojna, so na Ministrstvu za rudarstvo in industrijo v Ljubljani razvijali strategijo, kako bi z gradbenimi deli nadaljevali. Iz Nemčije sta leta 1946 prispela glavna konstruktorja tovarne, inž. Gustav Vogel in dr. Wilhelm Fulda. Prinesla sta načrte za tovarno.

1947

Leta 1947 je Ministrstvo za rudarstvo in industrijo v Ljubljani z odlokom ustanovilo Tovarno aluminija in glinice Strnišče. Dodelilo ji je status državnega podjetja, kateri ima status zveznega pomena. Nato so izdali še uredbo za gradnjo tovarne. Na gradbišču je deloval vodilni arhitekt in projektant g. Danilo Fürst. Njegova zamisel je bila, da bi sredi borovega gozda zgradil socialistično naselje z vso potrebno infrastrukturo. Njegova zamisel je bila realizirana le delno.

1948

Tega leta so pričeli z gradnjo prvega objekta za elektrolizo. Imenovali so ga »hala A«. Načrtovano je bilo, da bi v njej proizvedli po 10.000 ton tekočega aluminija na leto.

Po smrti g. Borisa Kidriča, leta 1953, ki je bil eden vodilnih jugoslovanskih in slovenskih politikov, so tovarno preimenovali v Tovarno glinice in aluminija Boris Kidrič, kraj Strnišče pa v Kidričevo.

1954

Prvi aluminij iz elektrolizne peči je pritekel novembra leta 1954. 21. novembra 1954 je bila slovesno odprta Tovarna glinice in aluminija Boris Kidrič v Kidričevem.

1955–1963

Leta 1955 je stekla serijska proizvodnja aluminija in glinice. Tovarna je imela kapacitete 15.000 ton aluminija in 45.000 ton glinice na leto. Dve leti kasneje so s podjetjem iz Francije Pechiney podpisali pogodbo o povečanju na 80.000 ton glinice na leto. Takrat se je začela graditi tovarna anodne mase. Od 1959 do 1963 so popolnoma avtomatizirali proizvodnjo glinice. Leta 1963 je bila končana gradnja elektrolize B, ki je imela zmogljivost 42.000 ton aluminija na leto. Takrat je bil prvič izdan interni časopis Aluminij.

1969

Tega leta so kupili prvi računalnik IBM 1130. Naslednje leto so zagnali 12 poskusnih peči na predpečeno anodo in kupili prvi kvantometer.

1981

Leta 1981 je stekla serijska proizvodnja širokih in ozkih aluminijastih žic in trakov. Leta 1982 so odprli obrat za proizvodnjo rondelic in izparilnikov. Zemeljski plin je postopoma nadomestil mazut.

1988

Leta 1988 je bil dokončan prvi del »hale C« (elektroliza), ki je imela tehnologijo na predpečeno anodo. Zgrajena je bila tudi tovarna anodnih blokov. Leto kasneje je začela delovati nova livarna s klasičnim livarskim programom. Z veliko vlaganja v moderno tehnologijo, tehnologijo na predpečene anode, je bila tovarna med najsodobnejšimi proizvajalci aluminija.

1991–1992

Leta 1991 se je tovarna preimenovala v Talum, zraven imena pa se je v sporočilo za javnost dodalo še geslo »Lahkota prihodnosti«. Na začetku devetdesetih let so v Talumu potekale najobsežnejše spremembe na področju varovanja okolja. Okoljevarstvene spremembe so prinesle, da so zaprli elektrolizo hala A in proizvodnjo metalurške glinice. Najbolj odmeven projekt je bil načrt, kako ozeleniti odlagališče rdečega blata. V ta namen so na »haldi« zasadili prvo simbolično drevo. Spomin o tovarniških zaprašenih halah in velikih količinah škodljivih

izpuhov so želeli zamenjati z moderno, okolju prijazno proizvodnjo plemenite, lesketajoče in lahke kovine, katera je nepogrešljiva v sodobnem življenju (Talum d. d., 2019).

1996

23. 11. 1996, na tovarniški praznik, so podrli dotrajani dimnik, kar je vzbudilo veliko pozornosti medijev in javnosti. Od takrat naprej so začeli z pridobivanjem certifikatov, s katerimi so dokazovali kakovostno proizvodnjo, uspešnost na trgih, razvoj in smernice v ekološke programe.

1998

Tega leta se je Talum vpisal v sodni register kot delniška družba.

2001–2004

Ko se je zaključila izgradnja elektrolizne hale C, se je končala druga faza posodobitve proizvodnje primarnega aluminija. Zemeljska dela za izgradnjo hale C so stekla leta 2001, proizvodnja v njej pa leta 2002. Naslednje leto je Talum dobil sodobno tovarno livarskih zlitin. V proizvodne procese so vedno bolj vključevali sekundarni aluminij. V drugi polovici leta 2004 so v elektrolizni hali C1 in hali C2 pridobili 760.000 ton primarnega aluminija. Skupaj s halo B so proizvedli rekordno količino primarnega aluminija, to je bilo 155.000 ton. Z odobritvijo arhitekta Danila Fürsta so prenovili upravno zgradbo.

2006

Leta 2006 so na novo ustanovili delovno enoto Ulitki. Kmalu po ustanovitvi so na gravitacijskem livnem stroju odlili prvi ulitek.

2007

Konec leta 2007 so zaradi varovanja okolja zaprli elektrolizno halo B. Naslednje leto je Agencija Republike Slovenije izdala Talumu okoljevarstveno dovoljenje.

2009

Ko sta leta 2009 dosegli vrhunec gospodarska in finančna kriza, sta povzročili veliko poslabšanje razmer na svetovnem trgu aluminija. Talum se je na nastalo situacijo odzval tako, da so zmanjšali proizvodnjo primarnega aluminija za 60 % in delovni čas zaposlenih skrajšali na 36 ur na teden. Ta kriza je bila do sedaj najhujša v zgodovini Taluma. Takrat je bil opravljen

tehnični pregled za prvo sončno elektrarno z močjo 1MW in pridobljeno uporabno dovoljenje. Sončna elektrarna je bila zgrajena na nekdanjem odlagališču rdečega blata (Talum d. d., 2019).

2010

V prvi polovici tega leta so postopoma zaganjali izklopljene peči v hali C. Blagovno znamko Talum so zaščitili pri Uradu Republike Slovenije za intelektualno lastnino. Končali so reorganizacijo s spreminjanjem delniške družbe Talum v celoto povezanih družb. Pomemben dejavnik reorganizacije je bila zastavljena strategija prestrukturiranja z inovativnostjo. Zapisali so vrednote, po katerih bi naj zaposleni delali in živeli.

2011–2012

Aprila tega leta je mag. Danilo Toplek, ki je vodil Talum 27 let, vodenje prepustil Marku Drobniču. Naslednjo leto so zgradili prvo sončno elektrarno z močjo 120 kW, ki se nahaja v Bosni in Hercegovini.

2014

Tega leta so znanje na področju izdelovanja tehnološke opreme, demontaže, predaje znanja in posodobitve obstoječe opreme, ponudili firmi Exal v Švici. Nato je sledila še izdelava livnega stroja, katerega so implementirali na območje Puerto Madryn v Argentini.

2015

V tem letu so na novo zastavili strategijo družbe za obdobje med leti 2015 in 2018. Poudarek je na donosnosti z inovativnostjo. Pričeli so s projektom visokotlačnega kokilnega litja aluminija.

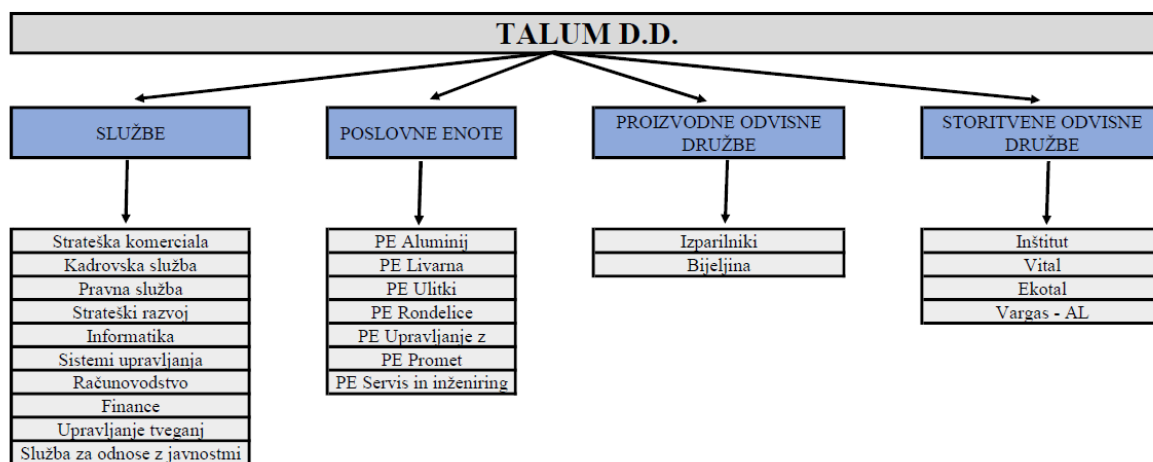
2016

Na trg so dodatno ponudili zlitine za avtomobilske dele. Veliko se je vlagalo v razvoj na področju Ulitkov (Talum d. d., 2019).

3.3 Organiziranost skupine Talum

Skupino Talum nadzoruje obvladujoča družba Talum d.d..

Družba Talum d.d. je notranje organizirana po poslovnih enotah in službah.



Slika 19: Organizacijska struktura Taluma d.d.

Vir: (<http://www.talum.si/>)

3.4 PE Ulitki



Slika 20: Lokacija PE Ulitki v industrijski coni

Vir: (<http://www.talum.si/>)

Talum d.d. ima cca. 100 ha zemljišč in več kot 100.000 m² proizvodnih zgradb.

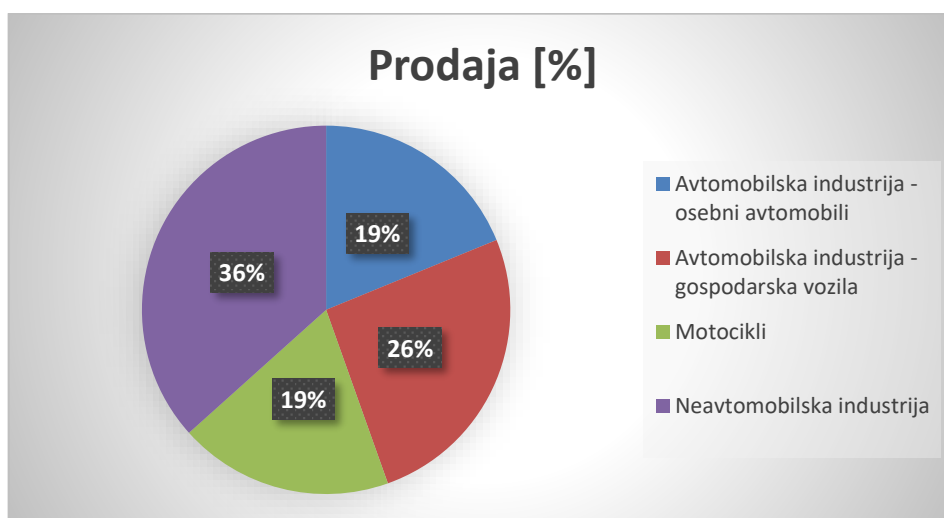
3.4.1 Prodaja

Največji del prodaje predstavlja neavtomobilski program, ki znaša 36 %. V to skupino spadajo izdelki kot so toplotni izmenjevalniki, ohišja filtrov kompresorjev, tekalna kolesa žičnic in elektroindustrija (nosilci stikal, ohišja, ipd.).

Sledi avtomobilska industrija, gospodarska vozila, s 26 %. Za tovorna vozila se proizvajajo deli motorja kot so ohišja črpalk, stabilizatorji treslajev in ohišja elektronike.

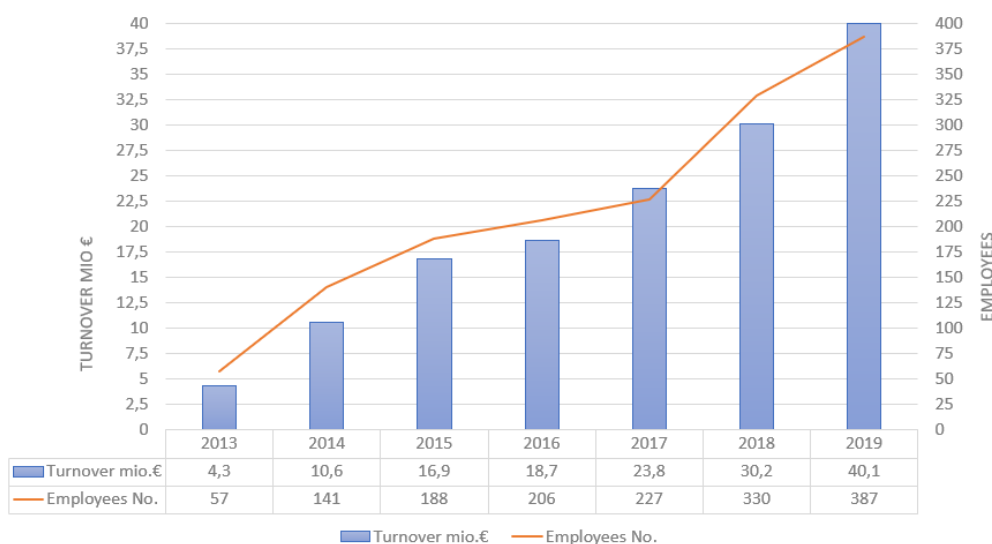
Na tretjem mestu je skupina motorciklov z 19 %. Za motorcikle se izdelujejo deli motorja (oljno korito, pokrov sklopke), nosilci (nihajne vilice, nosilec sedeža) in pesta.

Na zadnjem mestu je avtomobilska industrija, osebna vozila, z 19 %. Ta skupina proizvodov najhitreje raste. Vanjo spadajo deli motorja (ohišja črpalk, nosilci in konzole), nosilci koles in e-mobilnost (ohišje baterije, stabilizatorji treslajev). (Talum d. d., 2020).



Slika 21: Prodaja izdelkov po družinah

Vir: (Talum d.d. interno gradivo)



Slika 22: Prodaja in število zaposlenih v PE Ulitki.

Vir: (Talum d.d. interno gradivo)

3.4.2 Glavne tehnologije

3.4.2.1 Priprava taline

Talina se pripravlja iz aluminijastih zlitin, katere dobimo v trdni obliki, to so palice ali hlebčki. Če potrebujemo večje količine aluminijastih zlitin v tekočem stanju, potem jo pripeljemo iz PE Livarne (hčerinska družba).

Obdelavo taline izvajamo z Impeler FDU MTS 1500. Sledi čiščenje taline z »vortex impelerjem« in degaziranje z argonom. Talino modificiramo s solmi ali predzlitinami AlSr10 in AlTi5B1.



Slika 23: Priprava taline

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

V Talumu uporabljamo naslednje aluminjaste zlitine:

- AlSi7Mg0,3,
- AlSi7Mg0,7,
- AlSi8Cu3 (226 A),
- AlSi10Mg (239 A),
- AlSi9Cu3 (226 D),
- AlSi10MnMg,
- AlSi12Cu1 (231).

3.4.2.2 Izdelava jeder ColdBox

Nekatere izdelke, kateri imajo votlo notranjost kosa, je mogoče narediti le s pomočjo peščenih jeder in ustrezne tehnologije litja. Pri nekaterih izdelkih pa so oblike takšne, da je potrebno sestaviti več manjših jeder, da dobimo celotno jedro. V Talumu peščena jedra izdelujemo po metodi Coldbox. Ta metoda je namenjena izdelovanju votlih oblik v kosu, ki ga kasneje proizvedemo po metodi kokilnega, gravitacijskega, nagibnega litja ali metodi nizkotlačnega litja.

Linija je zgrajena iz:

- Dveh silosov za kremenčev pesek,
- sistema za transport peska in dnevnega silosa,
- mešalnika za pripravo mešanice peska z vezivom,
- sistema za transport mešanice do jedrarskega stroja,
- strojev za izdelavo jeder Laempe Mössner Sinto Typ L20, Typ L40, Typ L65,
- čistilnika amina.

Osnovna surovina za izdelavo peščenih jeder je kremenčev pesek. Pri izdelavi jeder se uporabljajo naslednji aditivi:

- Vezivo za sprijem peska (eko poliuretanska smola) in
- katalizator, ki utrdi oblikovano strukturo (trietil amin).

Ko so peščena jedra narejena, jih je pred nadaljnjo uporabo potrebno posušiti. Jedra sušimo v skladišču jeder minimalno 24 ur, ob čemer nadzorujemo temperaturo in vlažnost (Talum d. d., 2020).



Slika 24: Stroj za izdelavo jeder

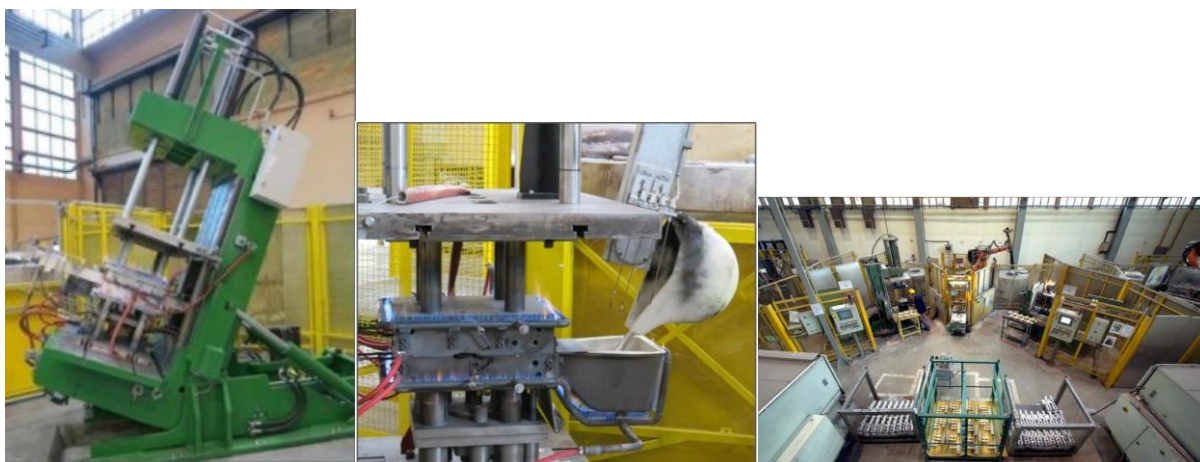
Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.3 Tehnologije litja

3.4.2.3.1 GTC – gravitacijsko kokilno litje

Gravitacijsko litje kosov delimo na :

- Klasično gravitacijsko litje – pri tem postopku livni stroj miruje in talina steče v kokilo (zaradi lastne gravitacije).
- Nagibno gravitacijsko litje – pri tem postopku je talina v posodi na stroju in ko se stroj zavrti za 90°, talina obvladovano steče v kokilo. Pri tem metodi lahko kos oblikujemo s pomočjo peščenega jedra.



Slika 25: Stroj za gravitacijsko kokilno litje

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

Posluževanje strojev poteka robotsko ali ročno, odvisno od velikosti serije.

3.4.2.3.2 LPDC – nizekotlačno litje

Če je naš cilj, da pri aluminijastih kosih hočemo doseči željene mehanske lastnosti in če so naši kosi mehansko obremenjeni (različni sklopi, varnostni elementi, ipd.), potem uporabljamo metodo nizekotlačnega litja. Pri tej metodi so potrebni daljši časi ciklov, zaradi česar so kosi dražji.

Nizekotlačno litje deluje na način, da izpodriva talino iz zračno zaprte in električno ogrevane peči v kokilo po dovodnih ceveh. Da izpodrinemo talino iz peči, uporabljamo zrak z maksimalnim tlakom 1 bar. Litje poteka od spodaj navzgor (Talum d. d., 2020).

Strjevanje ulitka poteka po conah, usmerjamo pa ga z dovodom lokalnih zračnih snopov po zunanji strani kokile. Na koncu strjevanja se pri livnem korenu tlak v peči sprosti in talina pade nazaj po livni cevi.



Slika 26: Stroj za nizkotlačno litje

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.3.3 HPDC – visokotlačno litje

Visokotlačno litje je avtomatizirani postopek litja. Za to metodo je značilno, da je čas cikla relativno kratek. Uporablja se predvsem pri velikoserijski proizvodnji, tam kjer so zahteve po nizki poroznosti in potrebe po visokih mehanskih lastnostih.

Tukaj poteka litje tako, da bat potisne talino v livarsko orodje (formo) s 500 do 1000 bari tlaka.



Slika 27: Stroja za visokotlačno litje

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.4 Finalizacija ulitkov

Kako bomo finalizirali kos, je odvisno od metode litja, od velikosti serije in oblike kosa.

Kosom, ki so bili odliti po metodi nizkotlačnega litja in so brez jeder, je potrebno odstraniti napajalnike, livne korene in sčistiti srhe.

Pri metodi kokilnega nagibnega litja, kjer imajo kosi peščeno jedro, je potrebno iz kosa najprej odstraniti jedro, nato pa še napajalnike in očistiti srhe.

Odločitev, kako bomo odstranjevali srhe in napajalnike, je odvisna od velikosti serije. Če so serije velike, jih odstranjujemo v robotiziranih linijah ali s strojnim brušenjem. Če so serije manjše, pa srhe in napajalnike odstranjujemo na ročni žagi in z ročnim brušenjem.

Peščena jedra ColdBox odstranjujemo s kombinacijo vrtanja jedra, udarjanja z udarnim kladivom po napajalnikih ulitka in z vibriranjem mize, v katero je vpet ulitek.



Slika 28: Naprava in stroj za odstranjevanje dolivkov

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.5 Površinska obdelava

Metoda peskanja poteka, da:

- Odstranimo ostanke premazov na ulitkih na zunanji površini, ki delno ostanejo pri litju:
- Očistimo ostanke peska v notranjosti kosa,
- očistimo male ostanke srhov po finalizaciji,
- utrdimo površino kosa,
- dosežemo dekorativni videz enakomernosti zunanje površine kosa.



Slika 29: Peskalni stroj

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.6 Termična obdelava

Aluminijaste kose termično obdelujemo, da bi dosegli boljše mehanske lastnosti kosa.

Za doseganje ustreznih lastnosti izdelkov je pomembno, da imamo ustrezne parametre procesa in da nam stabilno delujejo peči. Ko je termična obdelava končana, se naredijo epruvete, s katerimi analiziramo mehanske lastnosti. Vsako epruveto označimo in jo vzorčimo.

Največkrat uporabljamo termično obdelavo po metodi T6, ker z njo dosežemo najboljše mehanske lastnosti izdelkov. Če je potrebno, izvajamo tudi termično obdelavo po metodi T4 in T5.



Slika 30: Peč za termično obdelavo kosov

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

3.4.2.7 CNC obdelava ulitkov, pranje ulitkov, kontrola tesnosti in montaža

Mehanska obdelava se izvaja na sodobnih obdelovalnih CNC strojih (Computer Numerically Controlled oziroma računalniško numerično krmiljenje). Z mehansko obdelavo in ostalimi pripadajočimi tehnologijami smo se približali pričakovanjem kupcev, ki si želijo izdelke, pripravljene za končno montažo.

Stroje poslužujejo operaterji (delavci) ali pa je proces avtomatiziran (robotsko posluževanje strojev). Nove linije poskušamo popolnoma ali delno avtomatizirati. Popolna avtomatizacija je najboljša pri velikoserijski proizvodnji.

Zraven CNC strojev uporabljamo tudi pralne stroje. Izbira pralnega stroja je odvisna od zahtev čistosti končnega izdelka.

Stroje za kontrolo tesnosti uporabljamo za kontrolo tesnosti kosov. Veliko je izdelkov, po katerih teče medij (zrak, voda, olje, idr.), kar zahteva, da kosi ne puščajo (Talum d. d., 2020).

Montažni stroji so namenjeni temu, da posamezne komponente združimo v celoto (assembly). Največkrat v naše kose vtiskujemo ležaje, puše, vijake, idr.

Pri novih visokoserijskih projektih zasnujemo linijo tako, da so stroji razporejeni v celico, in da je celica čimbolj avtomatizirana.



Slika 31: Avtomatizirana obdelovalna celica

Vir: (Lastni vir)

3.4.2.8 Obvladovanje kakovosti procesov

Kakovost je zelo pomemben dejavnik v sodobnem poslovanju in od kakovosti je v veliki meri odvisna uspešnost podjetja. Osvojili smo koncept celovite kakovosti, ki pomeni mnogo več kot zgolj skupek tehničnih značilnosti izdelka. To nam omogoča, da smo uspešni na zelo zahtevnih trgih. Naše kupce želimo prepričati z izdelki in uslugami najvišje kakovosti. Za to imamo standard vodenja kakovosti ISO/TS 16949, po katerem smo se tudi certificirali. Da to kakovost vzdržujemo, skrbimo v vseh korakih projekta, od načrtovanja, proizvodnje, do odpreme. Z mehanizmi sprotne kontrole skrbimo, da morebitne napake odkrijemo in odpravimo.

Pri tehnologijah kakovosti uporabljamo naslednje naprave in postopke:

- Spektrometrija,
- termična analiza,
- vakuum test,
- RTG kontrola,

- CT kontrola,
- 3D – skeniranje,
- mehanski preizkusi,
- hrapavost površine,
- 3D – meritev,
- Mikroskopija,
- čistost površine ulitka.



Slika 32: 3D merilni stroj

Vir: (Lastni vir)

3.4.2.9 Sistemi kakovosti – integrirani sistemi vodenja

Zadovoljstvo naših kupcev je glavni del poslovne politike. Sistematični nadzor kakovosti po standardu ISO 9001 smo v tovarni Talum d.d. vpeljali že leta 1996. Po uvedbi ISO 9001, smo pričeli s postopkom pridobivanja še dveh standardov, ISO 14001 (standard za sisteme ravnanja z okoljem) in OHSAS 18001 (standard za varnost in zdravje pri delu). Ko se je določila strategija, da bomo pričeli izdelovati kose za avtomobilski trg, smo pričeli s pridobivanjem standarda IATF 16949 (standard za sistem vodenja kakovosti za avtomobilski trg). (Talum d. d., 2020).

Standardi, s katerimi razpolagamo v PE Ulitki:

- IATF 16949 – standard za sistem vodenja kakovosti za avtomobilski trg,
- OHSAS 18001 – standard za varnost in zdravje pri delu,
- ISO 14001 – standard za sisteme ravnanja z okoljem,

- ISO 9001 – standard za vodenje kakovosti,
- izjava o skladnosti z direktivo o tlačni opremi.

3.4.2.10 Informacijske tehnologije

Da lahko v praktičnem času nadziramo kontrolni in tehnološki proces, je pomembna informacijska podpora. Uporabljamo več sistemov, ki so medsebojno nivojsko povezani.

- Infor LN
Uporabljamo ga za materialno spremljanje proizvodnje. V tem programu izdelujemo kosovnice, planiramo proizvodnjo in poslujemo s kupci (EDI).
- LIMS
LIMS je informacijski sistem, ki ga uporabljamo v laboratorijih. Uporabljamo ga za spremljanje, evidentiranje in sledenje laboratorijskim analizam in metalografskim preiskavam na kosih, ki jih proizvajamo.
- STP
STP je informacijski program za nadziranje proizvodnje. Preko delovnih nalogov se nadzira količina proizvedenih izdelkov, beleži vrsta in količina izmeta.
- FTP server
Uporabljamo ga predvsem v začetni fazi, ko razvijamo kos (izdelek) za izmenjavo 3D modelov, načrtov in ostale dokumentacije.

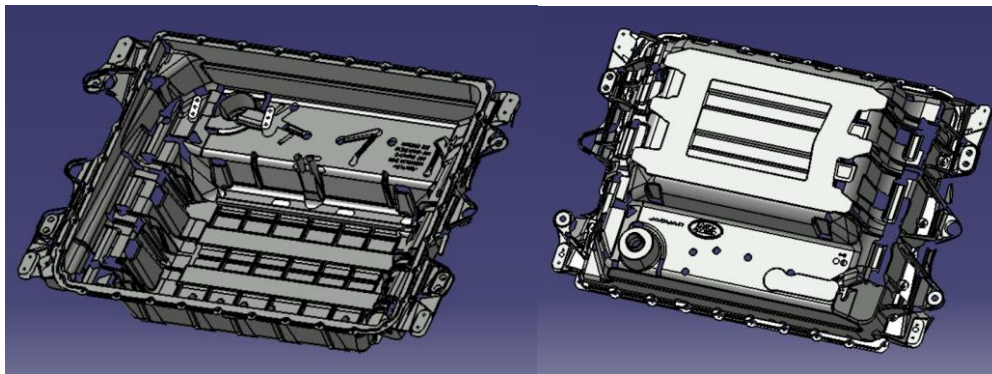
4 METODOLOGIJA RAZISKAVE

4.1 Predstavitev izdelka

Na sliki 20 je prikazano ohišje baterije za hibridni avto. To ohišje izdelujemo za kupca iz Avstrije, ki vanj vgradi baterijske vložke in elektroniko. Komplet potem pošlje kupcu v Anglijo, ki celotni komplet vgradi v avtomobil. Gre za višji cenovni razred avtomobilov.

Primarna naloga ohišja baterije je, da varuje baterijske vložke in elektroniko pred zunanjimi vplivi (voda, umazanija, idr.).

Omenjeni izdelek nam predstavlja veliki izziv, ker je velikost končnega izdelka 1.070 x 700 x 300 mm in tehta 23 kg.



Slika 33: Ohišje baterije za hibridni avtomobil

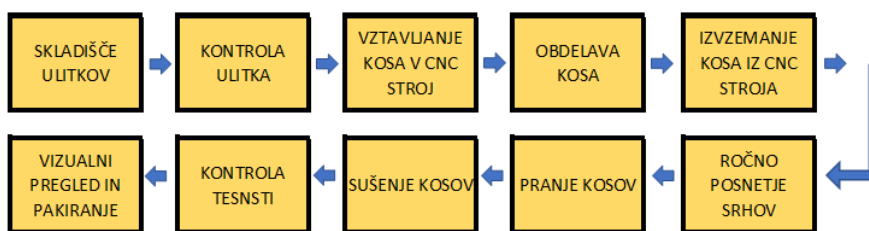
Vir: (Lastni vir)

4.2 Popis trenutnega stanja proizvodnje

4.2.1 Predstavitev proizvodne linije

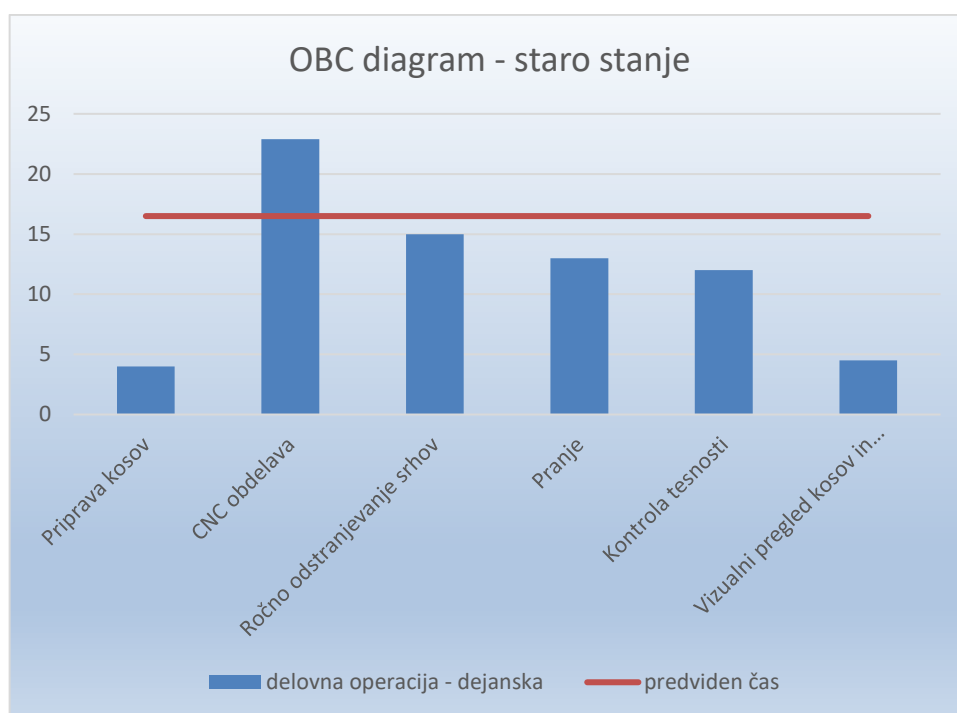
Zaradi zelo kratkih terminov projekta smo bili primorani vzpostaviti enostavno proizvodnjo. Proizvodno linijo smo naredili linijsko in ne avtomatizirano. Zaradi velikosti in teže kosa sta morala biti po dva delavca na določeni operaciji.

Proces razdeljen po korakih – linijska proizvodnja:



Slika 34: Zaporedje operacij

Vir: (Lastni vir)



Grafikon 2: OBC diagram – staro stanje

Vir: (Lastni vir)

4.2.2 Izračun kazalnikov OEE

Ob natančni analizi in spremljanju obstoječih procesov sem ugotovil, da je bila učinkovitost opreme najslabša na OP10 (CNC obdelava).

Za izračun kazalnikov OEE sem moral najprej izračunati faktor razpoložljivosti.

Dejanski delovni čas obratovanja je odvisen od planiranega časa obdelave in nenačrtovanih zastojev. V planiranem času sem že upošteval zaustavitve zaradi malice (30 minut), pavze (2-krat 5 min), menjavo rezilnega orodja (5 minut) in menjavo izmene (5 minut). Med nenačrtovane zastoje sem štel vse zaustavitve stroja, ki niso načrtovane in so posledica okvare

ali ustavitve stroja. Iz internega beleženja popravil na podobnih strojih v podjetju sem ugotovil, da je v podjetju za 72 min nenačrtovanih zastojev na izmeno.

Z uporabo enačbe ugotovim, da je razpoložljivost stroja enaka:

$$R = \frac{t_{dej}}{t_{plan}} = \frac{430-72}{430} = 83,2\% \quad (4.1)$$

kjer je:

t_{dej} – dejanski čas [min]

t_{plan} – planirani čas [min]

Učinkovitost stroja dobim, če primerjam dejansko količino proizvedenih kosov z načrtovano. Za ta preračun potrebujem podatke o času cikla (t_c), ki je na našem stroju 22,9 minute, o številu izdelkov, ki jih proizvedemo na izmeno in o dejanskem času obratovanja.

$$U = \frac{\text{Skupna količina kosov [kos]}}{\text{Načrtovana količina kosov [kos]}} = \frac{t_c * n}{t_{dej}} = \frac{22,9 * 18}{430} = 95,8\% \quad (4.2)$$

kjer je:

t_c – čas cikla [min]

t_{dej} – dejanski čas [min]

n – število proizvedenih kosov [kos]

Kakovost procesa mi pove, kolikšen delež kosov ustreza kupčevim zahtevam. Na izmeno so bili v celotnem procesu 3 kosi izmeta.

$$K = \frac{\text{Dobri kosi [kos]}}{\text{Skupno proizvedenih kosov [kos]}} = \frac{18-3}{18} = 83,3\% \quad (4.3)$$

Ko izračunam vse kazalnike, potem lahko preračunam še celotno učinkovitost našega procesa (preračune sem naredil na ozko grlo v procesu).

$$OEE = R * U * K = 83,2\% * 95,8\% * 83,3\% = 66,4\% \quad (4.4)$$

kjer je:

R – razpoložljivost

U – učinkovitost

K – kakovost

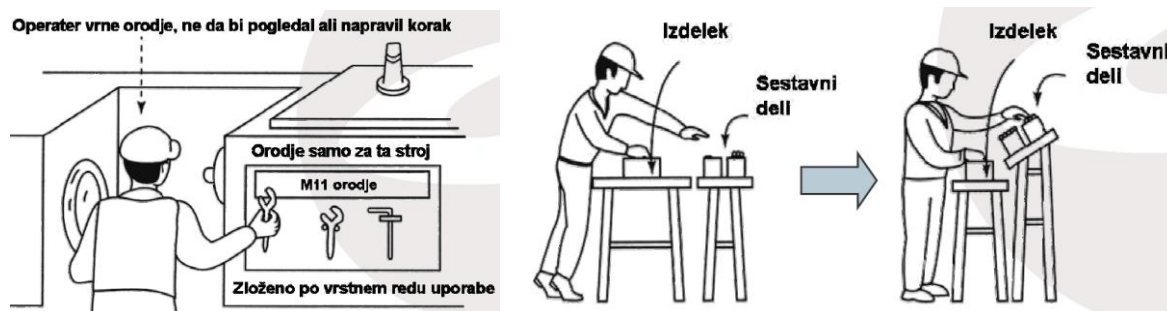
Ugotovil sem, da je učinkovitost procesa dokaj nizka. S tako učinkovitostjo procesa ne moremo zagotavljati zadostnega števila kosov za kupca.

4.3 Optimiziranje procesov

4.3.1 Uvedba 5S metode

Uvedba 5S metode na linji je bil zahteven proces, saj je bilo potrebno delavce privaditi na samodisciplino. Pripravil sem več sestankov, kjer sem jim teoretično prikazal, kaj je metoda 5S. Nato sem s praktičnimi nalogami predstavil 5S metodo na naši liniji. Linijo smo uredili skupaj z delavci, ki na njej delajo, upošteval sem tudi njihove predloge. Spodaj je nekaj prikazov metode 5S na liniji (obdelovalna celica Ohišja baterije).

Vsa orodja, ki jih delavec potrebuje pri svojem delu, smo mu namestili zraven delovnega mesta. Orodja so označena in razporejena tako, da je orodje, ki ga delavec potrebuje največkrat, njemu najbližje. Vsa delovna mesta smo uredili tako, da so agronomsko prijazna delavcem.



Slika 35: Določitev lokacije orodja

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

Shematsko smo prikazali delavcu, katera olja in maziva je potrebno prinesiti do stroja, na kakšen način in kam jih je potrebno dolivati. Na vseh »displejih« smo z barvami označili območja, v katerih morajo biti kazalci, da naprava pravilno deluje (npr. tlak vpetja 100 ± 10 bar).



Slika 36: Označevanje z napisi in oznakami

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

Tabela 1: Ravni 5S uspešnosti

	Odstrani	Organiziraj	Očisti	Opredeli standarde	Ohrani
5. raven: Stalno izboljševanje	Vzpostavljen in uporabljen je sistem "rdečih listkov" za sprotno odstranjevanje.	Vsi predmeti v prostoru so jasno označeni in shranjeni.	Čistoča celotnega prostora (stene, strop itd.) je opazna in redno vzdrževana.	Na voljo so standardizirano delo, kontrolni seznam, presoje, urniki idr., ki se redno uporabljajo.	Vse je ocenjeno s 5,
4. raven: Zanesljivo izvajanje	Delovni in sosednji prostori so urejeni.	Prostori za shranjevanje materiala so jasno označeni, količine materiala pa znotraj predpisanih mej.	5S elementi (trak, oznake, obrisi itn.) so vzdrževani po urniku, ki je na vidnem mestu.	Na voljo so standardi za razporeditev orodja, za vizualne elemente, oskrbo in razporeditev prostorov.	Izvajanje 5S stopenj opazijo tudi zunanji opazovalci. 5S je del kulture. Uvedeni so ukrepi za izboljšanje 5S in odpravo nepravilnosti.
3. raven: Vizualizacija	Delovni prostori so urejeni, nepotrebni predmeti so odstranjeni.	Orodje in oprema sta jasno označena in shranjena.	Delovni prostori in oprema se čistijo po urniku, ki je na vidnem mestu, čiščenje pa se zabeleži.	5S se upravlja na vizualen način.	5S kontrolni seznam, presoje in obrazci za ukrepe so del standardiziranega dela delavcev in vodij.
2. raven: Osnove	Udeleženci so seznanjeni s sistemom 5S in ga razumejo.	Varnostni elementi so shranjeni in jasno označeni v vseh prostorih.	Prostori so očisti in urejeni tako, da je varno delovno okolje uveljavljen standard.	Zaščitna oprema in oznake so standardizirane tako, da prispevajo k varnemu delovnemu okolju.	5S se izvaja dnevno. Usposabljanje o 5S se izvaja za vse novo zaposlene, redno pa tudi za že zaposlene.
1. raven: Na začetku	Ni očitnega 5S sistema.	Shranjevanje ne poteka sistematično.	Prostori niso očisti.	Delovne metode 5S niso dokumentirane.	Presoje in vedenjski vzorci so dokaz, da 5S še ni del kulture.

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

Uvedli smo presojo LPA 1. nivoja. S to presojo delavec pred začetkom izmene pregleda svoje delovno mesto in stroje. To naredijo vsi delavci v vseh izmenah in morebitne pomanjkljivosti sporočijo nadrejenemu. Vodja izmene enkrat tedensko izvede 5S presojo.

Tabela 2: Presoja LPA in 5S presoja

[illegible]

Vir: (Talun d.d., interno gradivo)

4.3.2 Uvedba nivojskih sestankov

Uvedli smo dnevne štiri-nivojske sestanke. S pomočjo teh sestankov lažje in zanesljivo prehajajo informacije. Pravilo je, da sestanek ne sme trajati dlje kot 15 minut in poteka stoje v proizvodnji. Na sestankih se obravnavajo teme za nadzor nad procesi:

- Varnost,
- kakovost,
- produktivnost (OEE),
- dobave,
- zaloge in
- razno (pomembne informacije o podjetju in informacije za delo).

1. nivo: Ob vsaki izmeni ima nadrejeni (vodje izmene) sestanek s svojimi delavci.
2. nivo: Vodja izmene sestankuje s sodelavci podpornih služb (procesni tehnolog, tehnolog kakovosti, tehnolog vzdrževanja in tehnolog planiranja).
3. nivo: Vsak vodja službe sestankuje s svojimi sodelavci (tehnologija, kakovost, vzdrževanje in logistika).
4. nivo: Vsak vodja službe poroča direktorju Poslovne enote.



Slika 37: Nivojsko vodenje

Vir: (Talum d.d., interno gradivo)

4.3.3 Uvedba celične proizvodnje

Glede na opravljeno analizo obstoječe proizvodnje sem ugotovil, da je potrebno za doseg željenega takta kupca celoten proces preurediti tako, da bodo operacije med seboj čim bolj uravnotežene, cikle posameznih operacij je potrebno čim bolj znižati, proces pa čim bolj avtomatizirati, da prihranimo kakšnega delavca. Dodatna zahteva po optimizaciji je posledica povečanja števila kosov s strani kupca, kar trenutno znaša 500 kosov na teden.

Iz OBC diagrama je razvidno, da je potrebno CNC obdelavo (ozko grlo) zmanjšati iz 22,9 min na manj kot 14,5 min. Zato smo optimirali vsa rezilna orodja, režime obdelave, hitre hode in zmanjšali čase pri obdelavi rezilnega orodja.

Sledila je delna avtomatizacija celotnega procesa. Celico smo oblikovali v krog. Na sredino kroga smo implementirali robota, kateri bo posluževal stroje. Stroj za pranje in komora za hlajenje smo postavili tako, da je spodaj stroj za pranje, nad njim pa komora za hlajenje. S tem smo pridobili na prostoru in zmanjšali krog obdelovalne celice. Za postavitev strojev v celici smo upoštevali diagram poti. Upoštevali smo zaporedje operacij, in da so poti čim krajše. Tudi ostale operacije smo optimizirali glede na predhodne izkušnje in dobljene meritve oziroma analize.

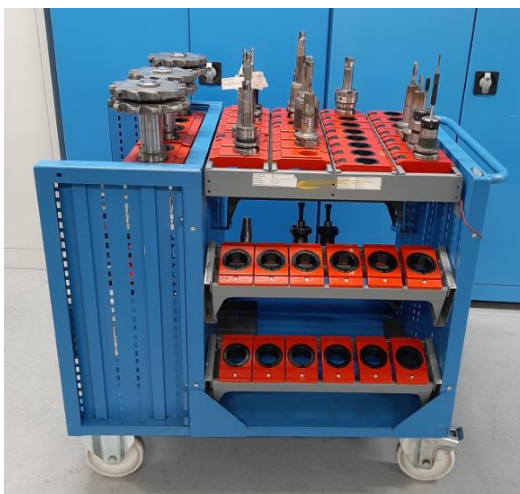


Slika 38: Obdelovalna celica

Vir: (Lastni vir)

Za mehansko obdelavo uporabljamo 5-osni horizontalni obdelovalni center. Za kompletno obdelavo potrebujemo 17 različnih rezilnih orodij. Pred optimizacijo procesa je operater iztrošeno orodje nesel v nastavljalnico orodij. Koordinator izmene mu je nastavil in umeril novo orodje. Celotni postopek je trajal povprečno 20 minut na orodje.

Uvedli smo SMED metodo. Kupili smo dodatni celotni set orodij in držal. Nato smo jih kompletirali in umerili. Komplet orodij je vedno pripravljen zraven stroja. Če pride do obrabe ali loma orodja, lahko delavec v zelo kratkem času zamenja orodje.



Slika 39: Pripravljeno rezervno orodje po metodi SMED

Vir: (Lastni vir)

Kljub vsem aktivnostim, ki smo jih izvedli, je bil cikel čas same obdelave kosa še vedno predolg. Kupec je še dodatno povečal projektne količine. Zato smo bili primorani kupiti dodatni

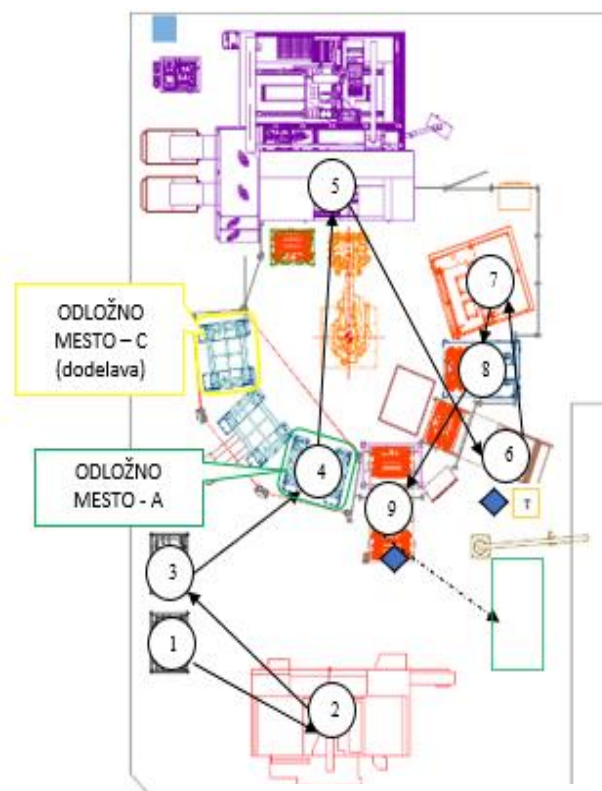
stroj, ki je razbremenil operacijo mehanske obdelave. Na ta stroj smo preselili grobe obdelave in žaganje dolivnikov.



Slika 40: 3-osni obdelovalni stroj za predobdelavo

Vir: (Lastni vir)

Ker ni bilo možno implementirati omenjenega stroja v obdelovalno celico, smo ga postavili zraven celice, posluževanje je ročno.



1. Surovci na leseni paleti.
2. Predobdelava na 3-osnem VOC.
3. Predobdelani kosi na kovinski paleti.
4. Kovinska paleta z kosi v celici.
5. Mehanska obdelava na 5-osnem stroju.
6. Izhodni trak za ročno odstranitev srhov.
7. Pralna stroj in hladilna komora.
8. Kontrola tesnosti.
9. Izhodni trak za finalne kose.

Slika 41: Zaporedje operacij

Vir: (Lastni vir)

4.3.4 Dvig kazalnikov OEE

R – razpoložljivost opreme

Pri avtomatizirani proizvodnji lahko določene postavke izvzamem. Ni potrebno odšteti malice (prej 30 min), pavze (2-krat 5 min) in predaje izmene (prej 5 min). Tudi z uvedbo SMED metode sem skrajšal čas menjave orodja na 2 min (prej 5 min). S preventivnimi pregledi in tedenskem čiščenju celotne celice sem zmanjšal nenačrtovane zastoje na 35 min (prej 72 min).

$$R = \frac{478-35}{478} = 92,7\%(4.5) \quad \Rightarrow \quad \text{prej } 83,2\%$$

U – Učinkovitost opreme

Ker je celica skoraj popolno avtomatizirana, je učinkovitost opreme boljša, človeški faktor je manjši.

$$U = \frac{tc \cdot n}{t_{dej}} = \frac{13,2 \cdot 35}{478} = 96,6\%(4.6) \quad \Rightarrow \quad \text{prej } 95,8\%$$

K – Kakovost procesa

Tudi na področju kakovosti smo bolj »izpilili« procese, tako na mehanski obdelavi kot tudi na predhodnih operacijah, predvsem pa na tehnologiji litja. Ker se poroznost kosov največkrat odkrije po mehanski obdelavi, smo kose izločali, ko je bil kos dokončno obdelan. S tem smo izgubljali kapacitete in povečevali stroške. Zbirali, analizirali in pošiljali smo informacije o lokacijah poroznosti sodelavcem na litju, da so se lahko lotili odpravljanja težave. V našem procesu smo zmanjšali izmet s pravilnim rokovanjem s kosi, s stabilnejšimi rezilnimi orodji in z robotskim posluževanjem strojev, ker robot vedno odloži kos enakomerno (ponovljivost).

$$K = \frac{\text{Dobri kosi [kos]}}{\text{Skupno proizvedenih kosov [kos]}} = \frac{35-4}{35} = 88,6\%(4.7) \quad \Rightarrow \quad \text{prej } 83,3\%$$

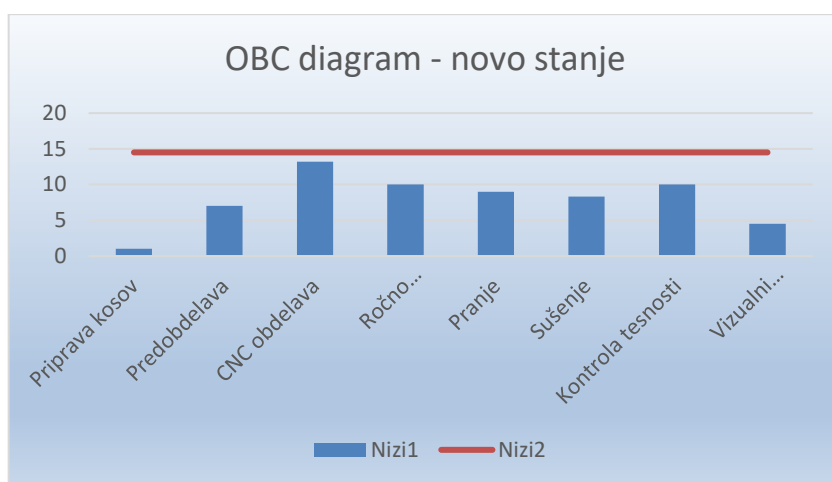
OEE – Skupna učinkovitost procesa po optimizaciji procesa

$$OEE = R * U * K = 92,7\% * 96,6\% * 88,6\% = 79,3\%(4.8) \quad \Rightarrow \quad \text{prej } 66,4\%$$

5 REZULTATI IN DISKUSIJA

S preureditvijo celotnega obdelovalnega procesa in z upoštevanjem vitke proizvodnje sem želel obstoječe stanje mehanske obdelave Ohišja baterije optimizirati do te stopnje, da bi bila produktivnost celice čim višja in s čim manjšimi investicijami doseči željeni takt kupca. Investicija za dodatni CNC obdelovalni stroj je nastala zaradi tega, ker je kupec dodatno povečal projektne količine. S pomočjo upoštevanja vitke proizvodnje smo lahko kupili 3-osni obdelovalni center (nizkocenovni stroj).

Osredotočil sem se na optimiranje vseh operacij v obdelovalni celici. Z metodami balansiranje procesa in prikazom OBC diagrama sem dobil vizualno predstavo, kako posamezne delovne operacije potekajo. Posebej sem se osredotočil, da so stroji postavljeni čim bolj skupaj, v zaporedju, kot sledijo operacije. Upošteval sem, da delavec zaradi teže kosa, čim manj prelaga kose.



Grafikon 3: OBC diagram – novo stanje

Vir: (Lastni vir)

Pri pripravi kosov smo organizirali delovno mesto v procesu, kjer je pripravljeno dovolj kosov za pol izmene. Ko delavec vidi, da bo kosov zmanjkalo, pokliče svojega nadrejenega, da mu pripelje nove surovce. V SDP (standardni delovni postopek) smo definirali, da kose pripelje na začetku izmene in še enkrat po malici. Tako smo zmanjšali delo delavca.

Na operacijo predobdelave smo preselili določene obdelave iz CNC obdelave (ozko grlo) kot so grobo rezkanje in žaganje dolivkov. S tem smo zmanjšali obdelovalni čas (tc) na ozkem grlu. Ker smo preselili težko obdelavo na predobdelavo, smo na končni obdelavi zmanjšali tudi nenačrtovane zaustavitve (okvara stroja, lomi rezilnega orodja, ipd.). S tem smo dobili tudi bolj

stabilen proces, bolj ponovljiv. Z metodo SMED smo zmanjšali načrtovane in nenačrtovane zaustavitve, saj smo s dodatnim pripravljenim rezilnim orodjem zmanjšali čas menjave.

Ročno odstranjevanje srhov in ostrih robov izvajajo delavci na kosih zunaj obdelovalne celice. Nekaj čiščenja srhov smo implementirali v strojno obdelavo (krtačkanje), kjer to ni bilo mogoče, jih ročno očistijo delavci.

Pranje in hlajenje je implementirano v obdelovalno celico. Narejeni sta dve komori. Najprej robot vstavi kos v spodnjo pralno komoro, nato ga premesti v zgornjo hladilno komoro. S tem smo zmanjšali cikel pranja in hlajenja, ker sta zdaj to dve ločeni operaciji. Na ta način smo dobili tudi ustrezno kvaliteto čistosti kosov, ker ni človeškega vpliva. V hladilni komori ohladimo kos na sobno temperaturo, kar je pogoj za naslednjo operacijo, kontrolo tesnosti.

Stroj za kontrolo tesnosti je prav tako implementiran v obdelovalno celico. Robot prinese kos iz hladilne komore in ga odloži v stroj za kontrolo tesnosti. Stroj kosu izmeri tesnost v avtomatskem ciklu in sporoči robotu, če je kos ustrezen ali neustrezen. Če je kos ustrezen, ga robot odloži na trak za finalne kose, v nasprotnem pa v modro paleto (dodelava).

Delavec na koncu vizualno pregleda kos, ga izmeri po predpisani frekvenci (predpis v dokumentu Kontrolni plan) in če je kos ustrezen, ga položi v končno embalažo. Pri konstruiranju linije smo upoštevali metodo 5S in o tej metodi poučili delavce. Na tej liniji smo uspeli vzpostaviti celotno metodo 5S, trenutno smo pri zadnjem S – ohrani red in čistočo z disciplino.

Tabela 3: Primerjava med starim in novim stanjem

Naziv:	Staro stanje:	Novo stanje:
Priprava kosov [min]	4	1
Predobdelava [min]	/	7
CNC obdelava [min]	22,9	13,2
Ročno odstranjevanje srhov [min]	15	10
Pranje [min]	13	9
Sušenje [min]		8,3

Kontrola tesnosti [min]	12	10
Vizualni pregled kosov in pakiranje [min]	4,5	4,5
Pretočni čas [min]	71,4	63
Število delavcev	12	8
Št. izmen/teden	21	18
Št. odpremljenih kosov/ teden	251	500
R – razpoložljivost [%]	83,2	92,7
U – učinkovitost [%]	95,8	96,6
K – kakovost [%]	83,3	88,6
OEE [%]	66,4	79,3

Vir: (Lastni vir)

Po uvedbi vseh sprememb in novih metod vitkosti v obdelovalni proces smo dosegli, da se je produktivnost dvignila iz 251 kosov na teden na 500 kosov na teden. Produktivnost smo dvignili na 99,2 %, predvsem zaradi enakomernejše porazdelitve operacij v našem procesu, kjer je najdaljši cikel čas operacije ozko grlo celice. S to produktivnostjo lahko dosežemo kupčeve projektne količine 500 kosov tedensko. Te količine dosežemo v 18 izmenah, tako da nam ostane en dan (3 izmene) za preventivo in čiščenje celice. Z avtomatizacijo celice smo privarčevali 4 delavce, kar za podjetje predstavlja dodatno olajšavo. Te delavce lahko uporabimo na drugih projektih.

Skupni izkoristek opreme OEE smo povečali iz 66,4 % na 79,3 %. Veliki napredek pri OEE je bil že v tem, da smo ga začeli spremljati, analizirati in se o rezultatih pogovarjati na vseh nivojih. Skupni izkoristek opreme še ni optimalen, ker je v večini literature navedeno, da se optimalni kazalniki OEE gibljejo med 85–90 %.

6 SKLEP

Zaključno nalogo, pri kateri je bil moj osnovni cilj preureditev obdelovalnega procesa obdelave Ohišja baterije in dvig produktivnosti obdelovalne celice, lahko predstavim v naslednjih točkah:

- Predstavil sem osnove vitke proizvodnje in nekaj njenih metod.
- V želji, da dvignemo produktivnost in dosežemo potrebno število končnih izdelkov, sem naredil analizo obstoječega stanja v proizvodnem procesu.
- Pri optimizaciji procesa in dvigu produktivnosti, sem predvsem upošteval načela vitke proizvodnje in njenih metod.
- Z balansiranjem operacij znotraj obdelovalne celice smo ozko grlo zmanjšali iz 22,9 min na 13,2 min. Zmanjšal se je tudi pretočni čas kosa iz 71,4 min na 63 min. Pred optimizacijo smo delali 21 izmen na teden, s spremembami pa delamo 18 izmen tedensko in s 4 delavci manj.
- Z vsemi izboljšavami in vpeljavo celične proizvodnje smo dosegli, da lahko danes odpremljamo kupcu 500 kosov tedensko. Tako se je produktivnost končnih izdelkov dvignila iz 251 kosov na 500 kosov na teden, kar pomeni, da se je produktivnost dvignila za 99,2 %.

Če povzamem zgornje točke, smo z izboljšavami, celično proizvodnjo in z vpeljavo vitke proizvodnje na obstoječem procesu, dvignili produktivnost celega procesa. Hkrati pa smo dosegli tudi višjo fleksibilnost, boljšo kakovost in stabilnejši proces.

V nadaljevanju se je potrebno posvetiti še dvigu kazalnikov OEE, ki še trenutno niso dosegli optimalne ravni v tej celici. Optimalni izkoristek opreme bi bil okrog 85 %, kot ga navajajo v večini literature.

Trenutno vzpostavljamo sistem za elektronsko knjiženje podatkov, kar pomeni avtomatsko izračunavanje OEE za vsak stroj oziroma za vsako celico na izmeno. Vzpostavili smo time za dvig produktivnosti, ki se ukvarjajo z različnimi procesi. V teh timih so sodelavci iz različnih strok (služb). Tudi v novih projektih smo uvedli timsko delo za pripravo projektov z upoštevanjem vitke proizvodnje (FMEA ...).

Cilje, ki sem si jih zadal, sem v celoti izpolnil. Predlagal sem, da je potrebno metode vitke proizvodnje upoštevati že pri načrtovanju procesov. Na našem primeru je razvidno, da je z vpeljavo zmanjšanja časa cikla (T_c), z drugačnimi rezilnimi orodji, s pripravo rezilnega orodja

za hitro menjavo (SMED metoda), s celično proizvodnjo in balansiranimi cikli operacij, z ureditvijo delovnega mesta (5S metoda), s preventivnim vzdrževanjem strojev (TPM) in z nenehnimi izboljšavami, možno povečati produktivnost. Raziskal sem vso potrebno literaturo, ki je bila nujna za optimiziranje linije.

Prav tako lahko v celoti potrdim hipoteze diplomskega dela, saj smo z izbranimi metodami vitke proizvodnje optimizirali proces. Dokazal sem, kako vplivajo zmanjšanje časa cikla, zastojni časi in kakovost na produktivnost.

Na podlagi vsega predstavljenega gradiva, ki sem ga v diplomskem delu predelal, ugotavljam, da je najboljša in najugodnejša možnost, da v zasnovi projekta upoštevamo metode vitke proizvodnje. Ko je proces v serijski proizvodnji, ga je potrebno nadzirati, meriti in analizirati, kasneje pa z vsakodnevnimi izboljšavami »piliti«. Le tako bomo lahko ostali konkurenčni na trgu.

Vodstvo podjetja PE Ulitki se je s predstavljenimi izboljšavami strinjalo, zato smo jih implementirali v proizvodno celico za obdelavo Ohišja baterije. Prav tako se je strinjalo z metodami vitke proizvodnje, zato smo omenjene metode začeli uvajati v celotni proces PE Ulitki.

V diplomski nalogi sem dokazal, da z metodami vitke proizvodnje ustvarimo vitkejšo proizvodnjo, s čimer smo lahko konkurenčni na trgu dela in imamo zagotovljen obstoj.

7 VIRI IN LITERATURA

CadCam Group. (2017). *Poka Yoke metoda*. Pridobljeno iz CadCam Group: <https://www.cadcam-group.eu/si/blog/poka-yoke>

Črešnar, V. (2012). *Kanban kot gradnik vitke proizvodnje*. Pridobljeno iz Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru: <https://dk.um.si/Dokument.php?id=28476>

Jus, G. (11. april 2018). *Celična proizvodnja*. Pridobljeno iz Energos Consulting Group: <http://ecg.si/clanki/celicna-proizvodnja/>

Kozjak, J., Berlec, T., & Kušar, J. (2016). *Hitra menjava - metoda SMED*. Pridobljeno iz Revija Ventil: <http://www.revija-ventil.si/data/tekoci-letnik/2016/22-2016-6/jordan.pdf>

Lean Enterprise Institute. (2020). *A brief history of lean*. Pridobljeno iz Lean Enterprise Institute: <https://www.lean.org/WhatsLean/History.cfm>

Liker, J. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the worlds greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.

Metoda 5S v teoriji in praksi. (12. januar 2017). Pridobljeno iz Demetra Lean Way: <https://demetra-leanway.com/metoda-5s-v-teoriji-praksi/>

Polajnar, A., Buchmeister, B., & Leber, M. (2005). *Proizvodni menedžment*. Maribor: Univerza v Mariboru.

Šinkovec, B. (2016). *Lean je IN*. Pridobljeno iz Agencija POTI: <http://www.agencija-poti.si/Clanki/Vsi-clanki/ArtMID/637/ArticleID/115/187Lean171-je-187IN171>

Talum d. d. (2019). *Talum zgodovina*. Pridobljeno iz Talum : <http://www.talum.si/zgodovina.html>

Talum d. d. (2020). *O nas*. Pridobljeno iz Talum: <http://www.talum.si/onas.html>

Vidmar, G. (2017). *Analiza Uvajanja in optimiranja proizvodnih procesov po principu vitke proizvodnje na primeru podjetja Calex-m*. Pridobljeno iz Repozitorij Univerze v Ljubljani: <http://www.cek.ef.uni-lj.si/magister/vidmar2803-B.pdf>

What is Jidoka. (2020). Pridobljeno iz Kanbanize: <https://kanbanize.com/continuous-flow/jidoka>

What is overall equipment effectiveness? (2016). Pridobljeno iz OEE.com: <https://www.oee.com/>