



Society of Production  
Engineering

**SPMS 2023**

39. Savetovanje proizvodnog mašinstva Srbije

**ICPES 2023**

39<sup>th</sup> International Conference on Production Engineering of  
Serbia



Faculty of Technical  
Sciences  
University of Novi Sad

Novi Sad, Serbia, 26. – 27. October 2023

## OPTIMIZACIJA PRIPREME MAŠINE ZA OBRADU DRVETA PRIMENOM SMED METODE

Jovana PERIĆ<sup>1</sup>, Milovan LAZAREVIĆ<sup>2</sup>, Dragić TOMIĆ<sup>2</sup>, Branko RADIČEVIĆ<sup>1</sup>, Vladan GRKOVIĆ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu, Srbija, peric.j@mfkv.kg.ac.rs,  
radicevic.b@mfkv.kg.ac.rs, grkovic.v@mfkv.kg.ac.rs

<sup>2</sup> Fakultet tehničkih nauka, Srbija, laza@uns.ac.rs, drtomic81@hotmail.com

**Apstrakt:** U svetu neprekidnog razvoja tržišta i sve zahtevnijih potreba kupca, od ključne je važnosti uskladiti proizvodne procese. Kako bi se direktno odgovorilo na zahteve u pogledu smanjenja proizvodnog vremena, neophodna je primena SMED (Single Minute Exchange of Die) metode kao osnovnog alata unutar Toyota proizvodne filozofije. SMED metoda omogućava zamenu alata u kratkom vremenskom intervalu čime ostvaruje minimalne zastoje i omogućava proizvodnju različitih proizvoda. Na ovaj način pomenuta metoda dodatno povećava fleksibilnost i produktivnost kompanije. Cilj ovog istraživanja je smanjenje vremena zamene alata u proces obrade okvira vrata, koja obuhvata pet tehnoloških operacija koje zahtevaju tri izmene alata.

**Ključne reči:** SMED, Kaizen, Lean, Fleskibilnost, Efikasnost

### UVOD

U današnjem globalnom poslovnom okruženju, kompanije su pod stalnim pritiskom zbog brzih tehnoloških promena i oštre konkurencije. Kupci, svesni prednosti savremenog tržišta, zahtevaju ne samo brze isporuke, već i besprekornu pouzdanost usluga isporuke [1]. Ovaj zahtevni spektar potreba postavlja kompanije pred složen izazov: kako povećati varijabilnost u proizvodnji, istovremeno smanjujući aktivnosti koje ne donose dodatnu vrednost proizvodima, a sve to uz održavanje kontinuiteta proizvodnje [2]. Ovaj paradoks naglašava važnost procesa zamene alata u proizvodnji. Pa se kompanije suočavaju s dilemom - da li minimizirati ukupan broj zamena alata ili smanjiti vreme trajanja samih zamena [3].

Kada se analiziraju gubici u kompanijama, vreme utrošeno na zamenu alata često se smatra jednim od najznačajnijih oblika nepotrebnog gubljenja vremena [4]. Smanjenje trajanja ovog procesa direktno vodi do smanjenja troškova [5]. Jedan od efikasnih načina za rešavanje ovog problema je prelazak na proizvodnju manjih serija, uz istovremenu primenu principa Lean proizvodnje kako bi se povećala produktivnost i održali niski troškovi [6]. S druge strane, dugotrajne i komplikovane zamene alata često teraju kompanije da izbegavaju zamene, što rezultira proizvodnjom velikih serija [7].

Svi navedeni razlozi jasno ukazuju na potrebu za smanjenjem vremena potrebnog za zamenu alata, što se postiže uvođenjem sistema brze zamene [8]. Jedan od najefikasnijih alata za implementaciju ovog sistema je poznat kao SMED metoda (Single

Minute Exchange of Die) [9]. Koji kroz postupne promene u organizaciji procesa zamene, standardizaciji procedura, primeni specijalnih pomagala i tehničke modifikacije mašina, omogućava radikalno skraćivanje vremena potrebnog za zamenu alata, smanjujući ga sa nekoliko sati na svega nekoliko minuta [10].

## CHANGEOVER

U modernoj proizvodnji, posebno u okviru Lean proizvodne prakse, teži se smanjenju proizvodnog otpada i ispunjenju zahteva kupaca u željenim količinama i u pravom vremenu isporuke kako bi se postigla konkurentna prednost na tržištu [11]. Ključ za postizanje ovih ciljeva je povećanje fleksibilnosti kroz proizvodnju manjih serija [12]. Međutim, ovakav pristup obično dovodi do čestih promena sistema, poznatih kao "Changeover".

Changeover obuhvata vreme (Setup time), potrebno za izvođenje niza aktivnosti koje su neophodne prilikom prelaska sa jedne tehnološke operacije/procesa na drugu, uključujući zamenu alata ili opreme [13]. Ove aktivnosti uključuju zaustavljanje mašina, čišćenje, zamenu alata, podešavanje, testiranje i postizanje visokog kvaliteta proizvoda. Sve ove aktivnosti se mogu podeliti na eksterne i interne. Aktivnosti eksternog podešavanja se mogu izvoditi dok sistem radi, dok se aktivnosti internog podešavanja mogu izvoditi samo kada je sistem zaustavljen [14].

Važno je napomenuti da se ove aktivnosti često smatraju nepotrebnim gubicima jer ne doprinose vrednosti proizvodu, a istovremeno značajno povećavaju ukupne troškove proizvodnje [15]. Stoga je od suštinskog značaja optimizovati ih kako bi se smanjilo vreme potrebno za njihovo izvođenje. U tu svrhu, ključna je primena odgovarajućih metoda, kao što je SMED metod.

## SMED METOD

SMED, skraćenica od "Single Minute Exchange of Dies," je moćna tehnika usmerena na smanjenje vremena potrebnog za zamenu i

podešavanje alata na manje od deset minuta [16]. Razvoj SMED tehnike započeo je 1950. godine, pod vodstvom Shigeo Shinga, istaknutog stručnjaka za kaizen, u kompaniji Mazda u Hirošimi. Prvi konkretni rezultati primene SMED-a pojavili su se u kompaniji Toyota u Nagoyi 1969. godine, da bi tek 1985. godine SMED metod pojavio i u zapadnim zemljama [17].

Cilj SMED metode je fokusirati se na smanjenje vremena potrebnog za zamenu i postavljanjem alata kako bi se smanjili zastoji mašina, gubitak vremena i troškovi proizvodnje [18]. Rezultat ovog pristupa je veća fleksibilnost i efikasnost u proizvodnji, ključna za optimizaciju vremena u proizvodnim procesima [19]. SMED je posebno koristan za proizvodnju različitih delova i za slučajeve čestih zamena alata pri proizvodnji manjih serija.

Očekivani rezultati primene SMED metode ogledaju se ne samo u ekonomskim koristima, kao što je povećan proizvodni kapacitet, već i u poboljšani ergonomski uslovi, standardizaciji, jačanju timskog rada i ravnoteži opterećenja. [20]. Razvojem ove tehnike omogućeno je brzo i efikasno izvođenje zamena alata, čime se olakšava rad proizvodnih radnika.

## Implementacija SMED metode

Kako bi se SMED metoda pravilno implementirala u proizvodnom procesu, neophodno je sprovesti četiri glavna koraka (Slika 1) [21]:

### 1. Posmatranje procesa zamene alata:

Prvi korak u primeni SMED metode podrazumeva temeljnu analizu postojećeg sistema. Ovo uključuje pažljivo posmatranje procesa zamene alata i komunikaciju sa operaterima kako bi se bolje razumeo proces. Takođe, važno je dokumentovati sve korake koji su potrebni tokom zamene alata, uključujući i merenje vremena potrebnog za izvođenje svake od aktivnosti.

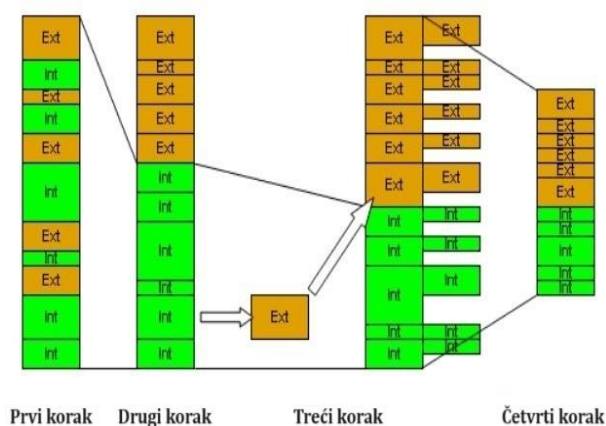
### 2. Razdvajanje internih i eksternih aktivnosti:

Nakon što se detaljno

analizira proces zamene alata, sledeći korak je precizno razdvajanje aktivnosti na interne (koje se obavljaju dok je mašina zaustavljena) i eksterne (koje se mogu izvoditi dok mašina radi). Takođe, neophodno je identifikovati ukupno vreme trajanja internih i eksternih aktivnosti.

**3. Transformacija internih aktivnosti u eksterne aktivnosti:** U ovom koraku, izvodi se transformacija internih aktivnosti kako bi se utvrdilo da li postoje interne aktivnosti koje bi se mogle transformisati u eksterne, tj. koji bi se obavljati dok mašina radi.

**4. Optimizacija internih i eksternih aktivnosti:** Poslednji korak je fokusiran na unapređenje procesa zamene alata kako bi se smanjila vremena potrebna za obavljanje internih i eksternih aktivnosti. Ovo može uključivati eliminaciju nepotrebnih koraka ili aktivnosti tokom zamene alata, optimizaciju ljudskih aspekata kroz bolju pripremu i organizaciju rada, tehnološke promene unutar procesa, uvođenje automatizacije, redizajn mašina i alata.



**Slika 1.** Koraci u implementaciji SMED-a [22]

## PRIMENA SMED METODE U PROIZVODNOJ KOMPANIJI ZA PROIZVODNJU SOBNIH VRATA

U proizvodnoj kompaniji koja se bavi proizvodnjom sobnih vrata, uočen je problem prilikom zamene alata tokom procesa obrade

okvira vrata, kada je u pitanju obrada u pojedinačnoj proizvodnji sa malim serijama. Proces obrade okvira vrata koji se izvodi na glodalici obuhvata pet tehnoloških operacija, za koje je potrebna zamena tri različita alata. Konkretni problemi prilikom zamene alata obuhvataju dugo vreme potrebno za zamene i podešavanja alata. Dodatno, pri podešavanju alata na određenu dubinu i visinu prodiranja u materijalu, često se javljaju odstupanja od propisanih vrednosti. Sve ove poteškoće zajedno dovode do zastoja u proizvodnom procesu, gubitka vremena i dodatnih troškova, što rezultira smanjenjem fleksibilnosti i efikasnosti kompanije. Jedan od pristupa za rešavanje ovog problema je primena SMED metode, koja se sprovodi kroz četiri ključna koraka.

### Posmatranje procesa zamene alata

Nakon detaljnog posmatranja i analize procesa zamene alata, zabeležene su sve aktivnosti koji su neophodne za zamenu alata u svakoj tehnološkoj operaciji, uključujući merenje vremena koje je potrebno za svaku od tih aktivnosti. Dobijeni rezultati su vizuelno ilustrovani kreiranjem Gantovog dijagram koji je prikazan na slici 2.

### Razdvajanje internih i eksternih aktivnosti

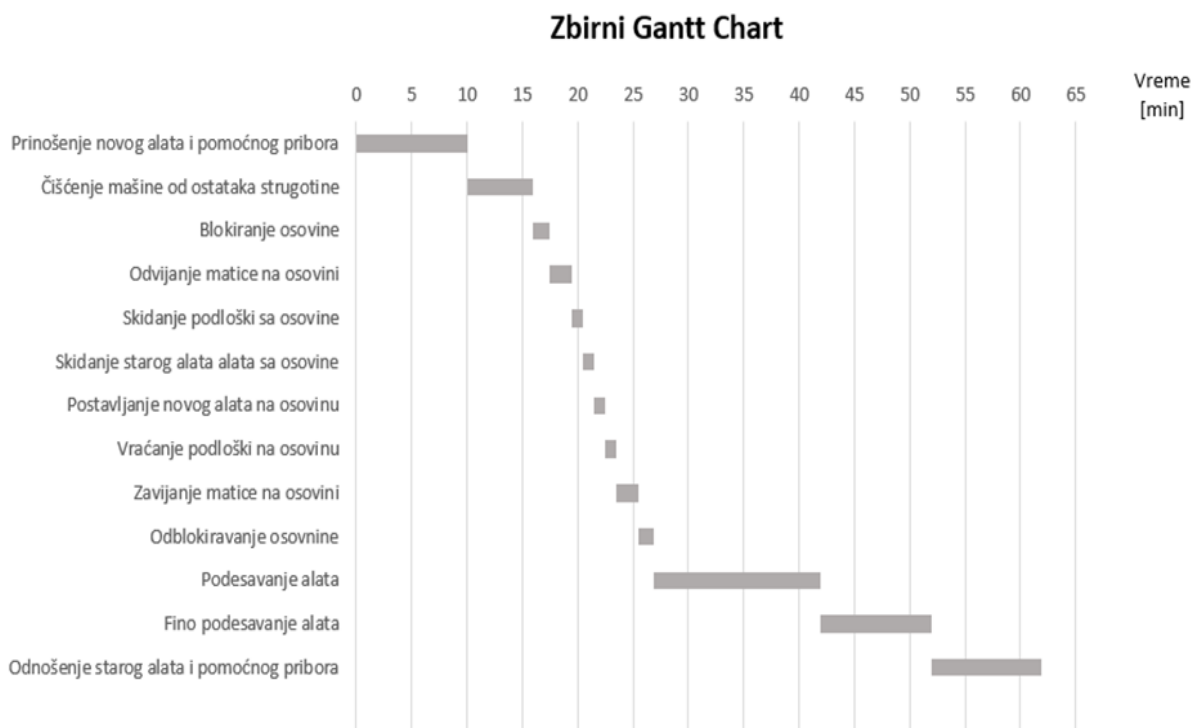
U drugom koraku ovog procesa, izuzetno važno je pažljivo i precizno razdvojiti interne od eksternih aktivnosti. Rezultate razdvajanja aktivnosti kao i vremena trajanja za svaku od njih jasno je prikazano na Gantovom dijagramu, koji se nalazi na slici 3. Ovaj dijagram pruža celovit pregled internih i eksternih aktivnosti, čime omogućava bolje razumevanje procesa zamene alata i identifikaciju potencijalnih oblasti za transformaciju i optimizaciju.

### Transformacija internih aktivnosti u eksterne aktivnosti

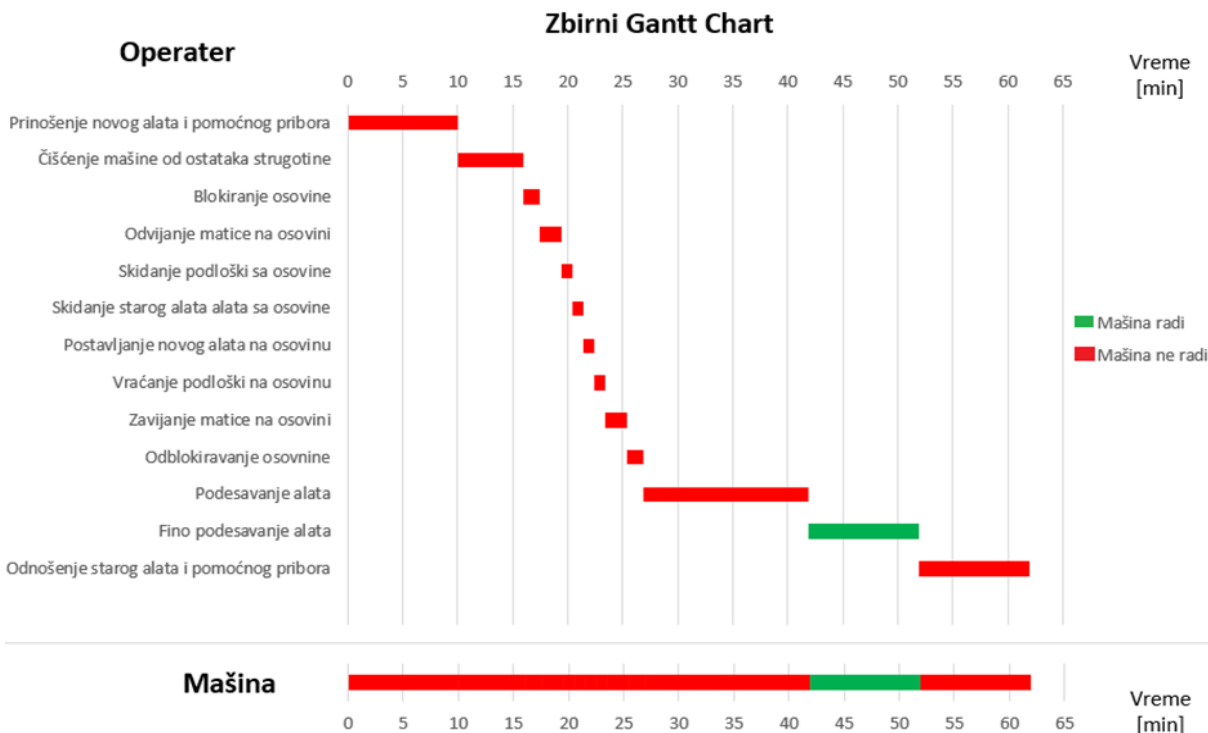
S obzirom na to da se radi o zamenama alata koji služi za obradu okvira vrata, sve zamene alata je neophodno obavljati onda kada mašina

ne radi, što bi predstavljalo interne aktivnosti. Razlog tome je prvenstveno radi sigurnosti radnika na tom radnom mestu, ali i zbog toga što te aktivnosti nije ni moguće obavljati dok mašina radi. Shodno tome mali je broj aktivnosti koje se mogu transformisati u

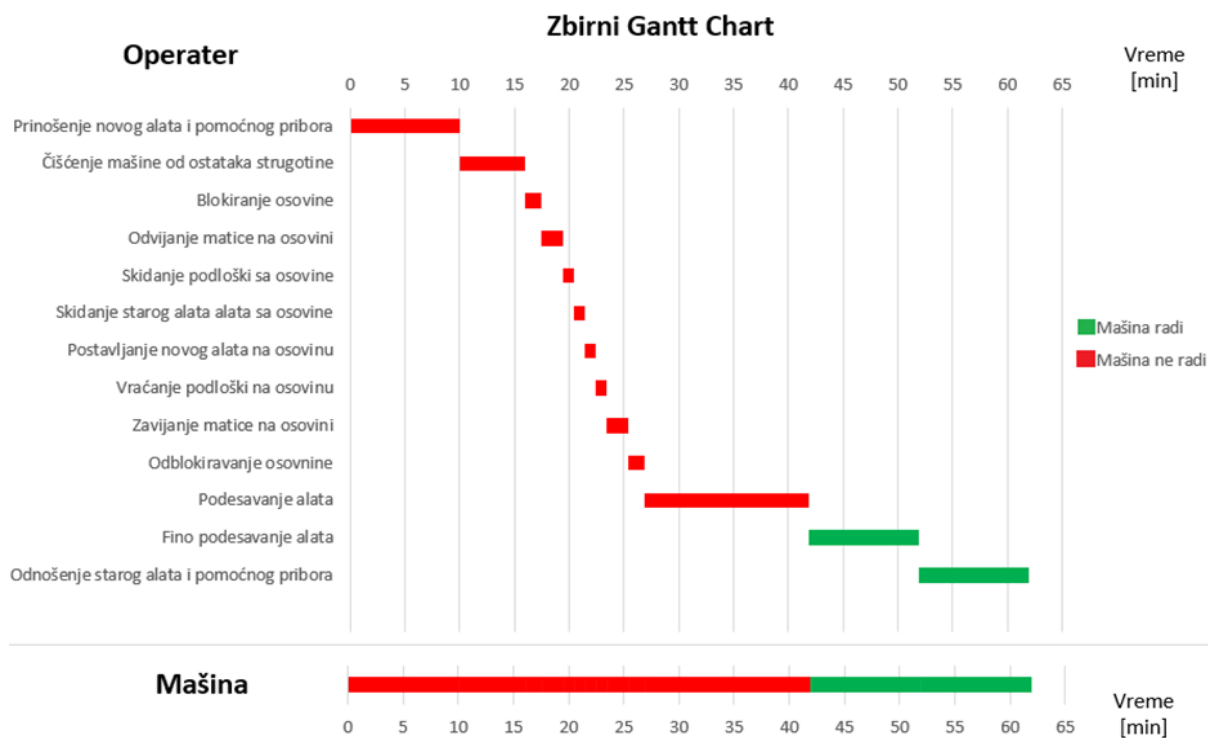
eksterne. Jedna od aktivnosti koja se nakon transformacije izvodi u toku rada mašine je "Odošenje starog alata i pomoćnog pribora", što je prikazan na Gantovom dijagramu ilustrovanom na slici 4.



Slika 2. Zbirni Gant-ov dijagram svih aktivnosti



Slika 3. Zbirni Gant-ov dijagram internih i eksternih aktivnosti



**Slika 4.** Zbirni Gant-ov dijagram transformacije internih u eksternih aktivnosti

### Optimizacija internih i eksternih aktivnosti

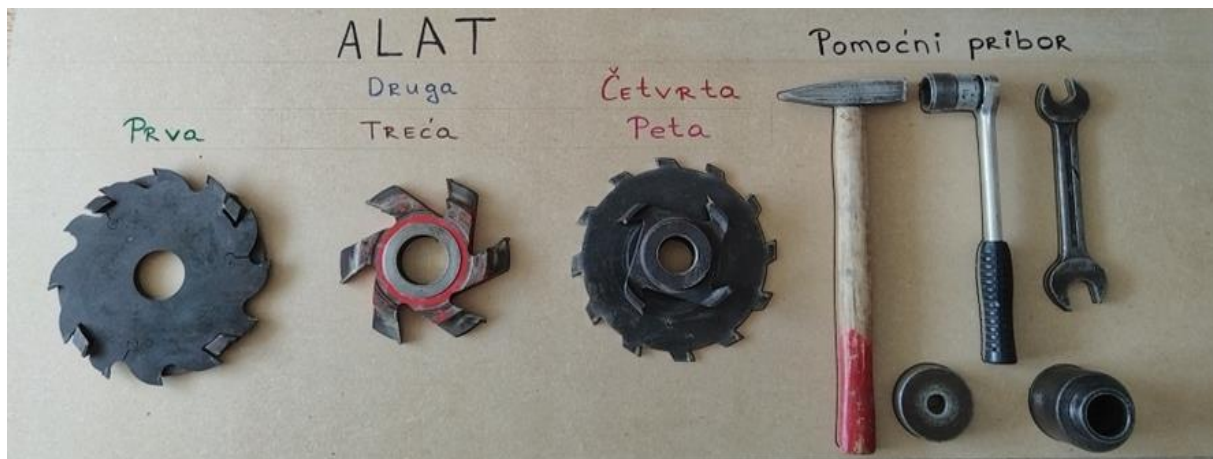
Na kraju, u poslednjem korak detaljnom analizom identifikovane su sledeće interne aktivnosti koje se ne mogu pretvoriti u eksterne, ali ih je moguće značajno ubrzati. Što se tiče eksternih aktivnosti, pronađen je način da se njihovo izvođenje ubrza, a čak neke od njih i potpuno eliminišu.

- Interna aktivnost označena kao "Prinošenje novog alata i pomoćnog pribora"/"Prinošenje pomoćnog pribora" ranije je zahtevala znatno vreme zbog loše organizacije alata za obradu i pomoćnog pribora. Da bi se to rešilo uvedena je "Shadow tool boards" (Slika 5), na kojima su svi neophodni alati i pomoćni pribor uredno smešteni. Primena ove table je omogućila i da se eksterna aktivnost "Oдноšenje starog alata i pomoćnog pribora"/"Oдноšenje pomoćnog pribora" znatno ubrza.
- Za izvođenje internih aktivnosti označenih kao "Odvijanje matice na

osovini" i "Zavijanje matice na osovini" prešlo je se sa običnog ključa (Slika 6), na nasadni ključ (Slika 7), čime se skratili vreme potrebno za ove aktivnosti.

- Interne aktivnosti označene kao "Skidanje podloški sa osovine" i "Vraćanje podloški na osovinu" ranije su zahtevale više vremena koje je skraćeno primenom čaure (Slika 9), umesto nekoliko podloški (Slika 10).
- Interna aktivnost označene kao "Podešavanje alata" unapređena je primenom Vizuelnog menadžmenta (Slika 11) umesto korišćenja šablona (Slika 10) što je omogućilo precizno štelovanje alata i time izbegla potreba za dodatnom eksternom aktivnošću "Fino podesavanje alata".

Primenom svega gore navedenog ukupno interno vreme sa 51,92 minuta je skraćeno na 33,5 minuta, dok ukupno eksterno vreme sa 10 minuta skraćeno je na 5 minuta.



**Slika 5.** Shadow tool boards



**Slika 6.** Običan ključ

**Slika 7.** Nasadni ključ



**Slika 8.** Podloške

**Slika 9.** Čaura

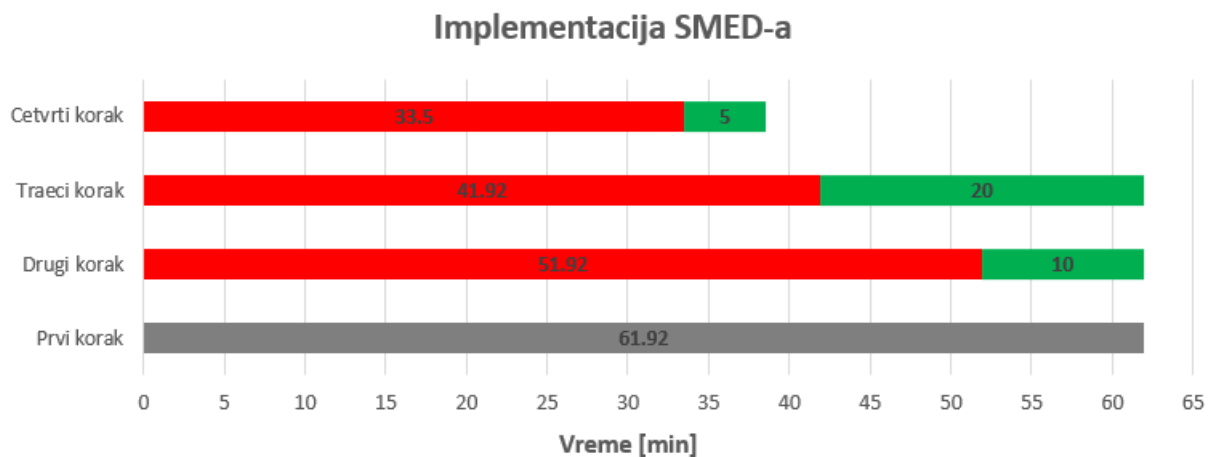


**Slika 10.** Podešavanje alata šablonom





Slika 11. Podešavanje alata po širini i visini



Slika 12. Faze implementacije SMED-a u kompaniji za proizvodnju sobnih vrata

## ZAKLJUČAK

Implementacijom SMED metode u kompaniji za proizvodnju sobnih vrata postignuto je značajno smanjenje vremena promene za 23,42 minuta, što predstavlja impresivan pad od 37,82% u odnosu na originalno vreme zamene alata, kako je prikazano na Slici 12. Ovo znatno smanjenje postignuto je putem modifikacije sedam različitih aktivnosti u procesu zamene alata. Osim što potvrđuje da primena SMED metode može doneti značajne uštede u vremenu zamene alata, ovo takođe jasno ukazuje na to da je SMED metoda ključni alat za kompanije poput spomenute u okviru ove studije slucaja koje se suočavaju sa čestim i dugotrajnim zamenama alata u procesu proizvodnje. Takođe, primena SMED metode je omogućila precizno podešavanje alata na određenu dubinu i visinu prodiranja u materijalu, čime su smanjena odstupanja od propisanih vrednosti. Ova

poboljšanja doprinose većoj preciznosti i kvalitetu proizvoda.

S ekonomske perspektive, ostvarene uštede u vremenu promene mogu se iskoristiti za dodatnu proizvodnju, što rezultira povećanjem proizvodnih kapaciteta kompanije. Ovo povećanje kapaciteta proizvodnje može se meriti kroz dodatne prihode generisane prodajom proizvoda. Ukratko, implementacija SMED metode donosi značajne finansijske uštede, skraćuje trajanje promene i pojednostavljuje postojeće aktivnosti kompanije.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad je sufinansiran od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na osnovu ugovora čiji je broj evidencije 451-03-47/2023-01/200108. Autori se zahvaljuju Ministarstvu

nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije na podršci ovom istraživanju.

## LITERATURA

- N. Horňáková, L. Jurík, H. Hrablík Chovanová, D. Caganova, D. Babcanova: AHP method application in selection of appropriate material handling equipment in selected industrial enterprise, *Wireless Networks* 27, pp. 1683-1691, 2021.
- P. Rahayu, J. Supono, N. Anisa: SMED Implementation: Changeover Part Time Improvement at Seat Line Production PT. Selamat Sempurna, Tbk, *Journal Industrial Manufacturing*, Vol. 6, No. 2, pp. 105-114, 2021.
- R. Sahin, A. Kologlu: A Case Study on Reducing Setup Time Using SMED on a Turning Line, *Gazi University Journal of Science*, Vol. 35, No. 1, pp.60-71, 2022.
- T. Bidarra, R. Godina, J. C.O. Matias, S. G. Azevedo: SMED Methodology Implementation in an Automotive Industry Using a Case Study Method, *International Journal of Industrial Engineering and Management*, Vol. 9, No 1, pp. 1-16, 2018.
- M. Mulla, S. Bhatwadekar, S. Pandit: Implementation of Lean Manufacturing Through the Technique of Single Minute Exchange Oo Die (SMED) to Reduce Change Over Time, *International Journal of Innovative Research in Science*, Vol. 3, No 6, pp. 13069-13076, 2014.
- D. Guzel, A. Shahbazpour Asiabi: Improvement Setup Time by Using SMED and 5S (An Application In SME), *International Journal of Scientific & Technology Research*, Vo 9, No 1, pp. 3727-3732, 2020.
- A. Winatie, B. Perwitasari Maharani, V. Hangga Riksa, S. Hasibuan: Increasing Time Efficiency of Change over Process on Solid Product using SMED (Single Minute Exchange of Dies) Method in Pharmaceutical Industry, *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, Vol. 4, No 6, pp. 639-644, 2019.
- E. Sousaa, F. J. G. Silvaa, L. P. Ferreiraa, M. T. Pereiraa, R. Gouveiaa, R. P. Silvab: Applying SMED Methodology in Cork Stoppers Production, *28th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, June 11-14, 2018, Columbus, OH, USA, pp. 611-622.
- D. Zimon, T. Gajewska, M. Malindzakova: Implementing the Requirements of ISO 9001 and Improvement Logistics Processes in Smes which Operate in the Textile Industry, *AUTEX Research Journal*, Vol. 18, No 4, pp. 392-397, 2018.
- M. V. N. Pinja, S. Shivakumar, G. V. Patil: Productivity Improvement through Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique, *International Journal of Scientific and Research Publications*, Vol. 5, No. 7, pp.1-9, 2015.
- R. Pena, L.P. Ferreira, F.J.G. Silva, J.C. Sá, N.O. Fernandes, T. Pereira: Lean Manufacturing Applied to a Wiring Production Process, *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, 15-18 June, 2021, Athens, Greece, pp. 1387-1394
- M. J. R. Costa, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho: How to Solve Quality Problems by Advanced Fully-Automated Manufacturing Systems, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 94, pp. 3041–3063, 2018.
- G. Garcia-Garcia, Y. Singh, S. Jagtap: Optimising Changeover through Lean-Manufacturing Principles: A Case Study in a Food Factory, *Sustainability Journal*, Vol. 14, No. 14, pp.1-20, 2022.
- L. Jurík, N. Horňáková, V. Domčeková: The Application of SMED Method in the Industrial Enterprise, *International Scientific Journal about Logistics*, Vol. 7, No. 4, pp.269-281, 2020.
- R. Assaf, T. Haddad: An Application of Single Minute Exchange of Die Approach in an Aluminum Profiles Extrusion Production System: Case Study, *International Journal of Scientific Research and Innovative Technology*, Vol. 4 No. 7, pp. 14-22, 2017.
- Suhendra, F. E. Putra, K. B. Juliantoro, A. Fitra: Penurunan Change Over Time Automatic Machine Filling di PT XYZ Menggunakan Metode Single Minute Exchange of Dies (SMED), *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 3, No. 2, pp. 72-82, 2022.
- S. Bhadea, S. Hegdea: Improvement of Overall Equipment Efficiency of Machine by SMED, *Materials Today: Proceedings*, Vol. 24, No. 2, pp. 463-472, 2020.
- R. Saputra, H. Arianto, L. Irianti: Usulan Meminimasi Waktu Set-up Dengan Menggunakan Metode Single Minute Exchange



Die (SMED) Di Perusahaan X, Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol.4, No.02, pp.206-2018, 2016.

A. Karam, M. Liviu, V. Cristina, H. Radu: The Contribution of Lean Manufacturing Tools to Changeover Time Decrease in the Pharmaceutical Industry. A SMED Project, *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, 5-6 October, 2017, Tirgu Mures, Romania, pp.886-892

A. Silva, J.C. Sá, G. Santos, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira: Implementation of SMED in a Cutting Line, *30th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*, 15-18 June, 2021, Athens, Greece, pp. 1357-1362

A. P. Dillon, S. Shingo: *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Tokyo, Japan: CRC Press, 1985.

Dostupno na:

<https://www.leansixsigmadefinition.com/glosary/smed/>, pristupljeno: 25.09.2023.

## OPTIMIZATION OF WOOD PROCESSING MACHINE SETUP USING SMED METHOD

**Abstract:** *In a world of continuous market development and increasingly demanding customer needs, it is crucial to align production processes. To directly address the requirements for reducing production time, the application of the SMED (Single Minute Exchange of Die) method is essential as a fundamental tool within the Toyota production philosophy. The SMED method enables tool changeovers in a short time frame, minimizing downtime and allowing for the production of different products. This method further enhances a company's flexibility and productivity. The goal of this research is to reduce the tool changeover time in the door frame processing process, which involves five technological operations requiring three tool changes.*

**Keywords:** *SMED, Kaizen, Lean, Flexibility, Efficiency*