

Analiza isplativosti modernizacije proizvodnog sustava poduzeća za izradu drvenog namještaja

Jukić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:253255>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-04**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA U ZAGREBU

ZAVRŠNI RAD

Luka Jukić

Zagreb, 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA U ZAGREBU

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr.sc. Hrvoje Cajner, dipl. ing.

Student:

Luka Jukić

Zagreb, 2024.

Na početku pisanja mog završnog rada, želim se zahvaliti svima koji su mi pomogli da dođem do ove točke. Posebnu zahvalu upućujem svom mentoru, prof. dr.sc Hrvoju Cajneru, čija me stručnost, strpljenje i posvećenost inspirirala i vodila kroz ovaj proces. Njegove smjernice bile su nezamjenjive i iznimno cijenjene.

Posebnu zahvalu upućujem zaposlenicima tvrtke Teding na njihovoj stručnoj podršci i suradnji tijekom mog rada. Njihova stručnost i spremnost na pomoć omogućili su mi dublje razumijevanje praktičnih aspekata mog istraživanja.

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima na neprestanoj podršci, razumijevanju i motivaciji koju su mi pružali.

Također, zahvaljujem svim profesorima i osoblju na Fakultetu strojarstva i brodogradnje za njihov trud i predanost u obrazovanju studenata. Vaše poučavanje i savjeti bili su dragocjeni za moj akademski i osobni razvoj.

Svima vam hvala od srca. Vaša podrška je bila ključna u ovom važnom koraku mog obrazovanja.

Luka Jukić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite



Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 24 - 06 / 1	
Ur.broj: 15 - 24 -	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Luka Jukić** JMBAG: **0035230746**

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza isplativosti modernizacije proizvodnog sustava poduzeća za izradu drvenog namještaja**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Cost benefit analysis of the production system modernization for a wooden furniture manufacturing company**

Opis zadatka:

Jedna od ključnih aktivnosti prije realizacije planiranih investicija u proizvodnom sustavu jest i analiza isplativosti. Prilikom provođenja analize, važno je uzeti u obzir sve relevantne troškove i koristi te ih pretvoriti u financijske vrijednosti kako bi se olakšalo uspoređivanje. Proizvodne KPI-ove poput: kapaciteta proizvodnje, troška proizvodnje po komadu, učinkovitosti proizvodnje, vodećeg vremena i taktnog vremena treba promatrati zajedno s financijskim pokazateljima kako bi se dobila cjelovita slika isplativosti i potencijalnih dobiti.

U radu je potrebno na odabranom dijelu proizvodnog sustava istražiti i analizirati učinke prijelaza s ručnih strojeva (ručna pila, ručna tiplerica, raskrajač...) na CNC strojeve (CNC obradni centar) u kontekstu vremena trajanja izrade, kvalitete izrade te smanjenja troškova proizvodnje.

U radu je potrebno navesti korištenju literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

30. studeni 2023.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Hrvoje Cajner

Datum predaje rada:

1. rok: 22. i 23. 2. 2024.
2. rok (izvanredni): 11. 7. 2024.
3. rok: 19. i 20. 9. 2024.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 26. 2. - 1. 3. 2024.
2. rok (izvanredni): 15. 7. 2024.
3. rok: 23. 9. - 27. 9. 2024.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Damir Godec

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA	5
SAŽETAK	6
SUMMARY	7
1. UVOD	8
2. TEORIJSKE POSTAVE MODERNIZACIJE PROIZVODNIH SUSTAVA	10
2.1. Modernizacija proizvodnih sustava u drvenoj industriji	10
2.2. Očekivane prednosti i moguće mane uvođenja novih strojeva	10
2.3. Rizici povezani s modernizacijom	11
2.4. Definiranje ključnih pojmova	12
2.5. Način provedbe analize isplativosti	13
3. ANALIZA STANJA PROIZVODNOG SUSTAVA PRIJE MODERNIZACIJE	14
3.1. Opis strojeva prije modernizacije	15
3.1.1. Altendorf klizna stolna pila WA80	15
3.1.2. Viševretna bušilica Felder FD21 professional	17
3.2. Analiza proizvodnih KPI-ova prije modernizacije	20
3.2.1. Analiza proizvodnih KPI-ova na stolnoj kliznoj pili Altendorf WA80	20
3.2.2. Analiza proizvodnih KPI-ova na viševretnoj bušilici FD21 professional	25
4. ANALIZA STANJA PROIZVODNOG SUSTAVA NAKON MODERNIZACIJE ...	30
4.1. Opis strojeva nakon modernizacije	30
4.1.1. CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200	30
4.1.2. CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200	37
4.2. Analiza proizvodnih KPI-ova poslije modernizacije	42
4.2.1. Analiza proizvodnih KPI-ova na CNC raskrajaču SAWTEQ B-200	42
4.2.2. Analiza proizvodnih KPI-ova na CNC vertikalnom obradnom centru DRILLTEQ V-200	47

5. ANALIZA ISPLATIVOSTI MODERNIZACIJE	51
5.1. Usporedba proizvodnih KPI-ova prije i poslije modernizacije	51
5.1.1. Usporedba KPI-ova: Klizna stolna pila Altendorf WA80 naspram CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200	51
5.1.2. Usporedba KPI-ova: Viševretna bušilica Felder FD21 professional naspram CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200	53
5.2. Financijska analiza	54
5.2.1. Investicija u CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200	54
5.2.2. Investicija u CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200 ..	56
6. ZAKLJUČAK	58
7. LITERATURA	59
8. PRILOZI	60

POPIS SLIKA

Slika 1. Stolna klizna pila Altendorf WA80	15
Slika 2. Vodicica s preciznim ručnim podešavanjem [8]	16
Slika 3. Poprečna vodicica s fiksnim kutem od 90° [8]	16
Slika 4. Klizni stol [8]	17
Slika 5. Viševretena bušilica Felder FD21 professional.....	17
Slika 6. Jedinica s 21 vretenom.....	18
Slika 7. Sustav zaključavanja [9]	19
Slika 8. Kompenzacija dubine bušenja [9].....	19
Slika 9. Cilindri za pritisak.....	19
Slika 10. Ploča školske klupe.....	20
Slika 11. Polica za školsku klupu.....	20
Slika 12. Vrata ormara s provrtima za ručnicu, bravicu i okove	25
Slika 13. Svrđlo za izradu okova $\varnothing 35 \times 55$ mm	26
Slika 14. Svrđlo ta izradu provrta bravice $\varnothing 20 \times 55$ mm.....	27
Slika 15. Svrđlo za izradu provrta za ručnicu $\varnothing 8 \times 57,5$ mm	27
Slika 16. CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 [10].....	30
Slika 17. Programska ograda za preciznost i dimenzijsku točnost [10].....	31
Slika 18. Pritisni okvir [10].....	31
Slika 19. Sklop glavne pile i predrezača [10].....	32
Slika 20. Mobilni stol sa zračnim jastukom	33
Slika 21. Printer naljepnica [10].....	33
Slika 22. Primjer naljepnice za ploču dimenzija 550x380x18 mm, materijal iveral bijela narančina kora, traka 0,5mm melamin lijepljena sa sve četiri strane.....	33
Slika 23. CADmatic 5 sustav [10].....	34
Slika 24. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Upisa dimenzija.....	35
Slika 25. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 1	35
Slika 26. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 2.....	36
Slika 27. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 3	36
Slika 28. CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200	37
Slika 29. Primjer primjene [12].....	38
Slika 30. Konfiguracija alata: Paket 1	39
Slika 31. Mehanička potpora pomoću valjkastog transportera prilikom stavljanja i uklanjanja radnog materijala [12]	40

Slika 32. Automatsko podešavanje debljine radnog komada [12]	40
Slika 33. Korisničko sučelje woodWOP [13].....	41
Slika 34. Grafički prikaz unutar dodatka EXCEL programu ChartExpo – Paukov graf KPI-ova klizne stolne pile i CNC raskrajača	52
Slika 35. Grafički prikaz unutar dodatka EXCEL programu ChartExpo - Paukov graf KPI-ova viševretene bušilice i CNC obradnog centra	54
Slika 36. Linijski graf promjene ROI za CNC raskrajač kroz period od 2 godine	56
Slika 37. Linijski graf promjene ROI za CNC obradnog centra kroz period od 4 godine	57

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prednosti i mane uvođenja novih strojeva.....	10
Tablica 2. Prosječna vremena operacija izrade na panelu 1 i panelu 2	22
Tablica 3. Prosječna vremena operacija izrade na panelu 3	22
Tablica 4. Prosječno vrijeme pripreme stroja za rezanje ploča	22
Tablica 5. Prosječna vremena operacija finog rezanja ploča na konačne dimenzije.....	23
Tablica 6. Prosječno vrijeme pripreme stroja za fino rezanje polica.....	23
Tablica 7. Prosječna vremena operacija konačnog krojenja polica.....	23
Tablica 8. Prosječno vrijeme operacija pripreme stroja za bušenje provrta za okove.....	26
Tablica 9. Prosječno vrijeme operacija bušenja provrta za okove	27
Tablica 10. Prosječno vrijeme operacija pripreme stroja za bušenje provrta ručkice i bravice	27
Tablica 11. Prosječno vrijeme operacija za bušenje provrta ručkice i bravice.....	28
Tablica 12. Tehničke specifikacije HOMAG SAWTEQ B-200	30
Tablica 13. Tehničke specifikacije HOMAG DRILLTEQ V-200	38
Tablica 14. Prosječna vremena operacija rezanja panela 1 na CNC raskrajaču.....	46
Tablica 15. Prosječna vremena operacija rezanja panela 2 na CNC raskrajaču.....	46
Tablica 16. Prosječna vremena operacija rezanja panela 3 na CNC raskrajaču.....	46
Tablica 17. Prosječna vremena operacija pripreme stroja za rad	49
Tablica 18. Prosječna vremena operacija bušenja provrta i utora	49
Tablica 19. Usporedba KPI-ova klizne stolne pile i CNC raskrajača	51
Tablica 20. Usporedba KPI-ova viševretene bušilice i CNC obradnog centra	53
Tablica 21. Trošak nabave CNC raskrajača.....	54
Tablica 22. Trošak nabave CNC obradnog centra	56

SAŽETAK

Ovaj rad analizira isplativosti modernizacije proizvodnog sustava uvođenjem dva nova CNC stroja. Nakon opisa stanja proizvodnog sustava prije modernizacije i poslije modernizacije uz slike, provedena analiza pokazuje značajan pozitivan utjecaj na promatrane proizvodne ključne pokazatelje uspješnosti. Na kraju, istaknuti su rezultati analize i zaključak o investiciji koja se pokazuje vrlo isplativom, s pogodnim povratom uloženih sredstava.

Ključne riječi: kapacitet proizvodnje, trošak proizvodnje po komadu, učinkovitost, ROI

SUMMARY

This undergraduate paper analyzes the profitability of modernizing the production system by introducing two new CNC machines. After describing the state of the production system before and after modernization, the analysis carried out with pictures shows a significant positive impact on the observed production key performance indicators. In the end, the results of the analysis and the conclusion about the investment are highlighted, which proves to be very profitable, with a favorable return on invested funds.

Keywords: production capacity, production cost per piece, efficiency, ROI

1. UVOD

U današnjem brzorastućem tržištu, proizvodnja drvenog namještaja suočava se s brojnim izazovima kako bi zadržala konkurentnost i održala profitabilnost. Tehnološki napredak i inovacije igraju ključnu ulogu u oblikovanju budućnosti proizvodnih sustava, gdje modernizacija više nije samo opcija, već nužnost za daljnji napredak i opstanak. Modernizacija proizvodnih procesa i sustava omogućava povećanje proizvodnih kapaciteta, učinkovitosti, smanjenje troškova, poboljšanje kvalitete proizvoda i skraćanje vremena potrebnog za proizvodnju. U sektoru proizvodnje drvenog namještaja, gdje tradicionalne metode često prevladavaju, sve je jasnija potreba za uvođenjem naprednih tehnologija, poput CNC strojeva. Ova promjena ne donosi samo optimizaciju postojećih procesa, već otvara prostor za inovacije u dizajnu i funkcionalnosti proizvoda. No, svaka odluka o ulaganju u modernizaciju mora se pažljivo razmotriti kroz analizu troškova i koristi kako bi se osiguralo da dugoročne prednosti nadmašuju inicijalne troškove investicije.

U ovom radu provedena je analiza isplativosti modernizacije proizvodnog sustava prije i poslije modernizacije na izdvojenim proizvodnim procesima rezanja ploča iz panela i bušenje različitih provrta u ploče. Analiza uključuje i usporedbu proizvodnih ključnih pokazatelja uspješnosti zajedno s odgovarajućom financijskom analizom. Analiza je provedena u proizvodnom pogonu jednog od vodećih proizvođača namještaja i opreme za obrazovne ustanove na području Hrvatske. Poduzeće Teding d.o.o. je poduzeće specijalizirano za proizvodnju namještaja namijenjenog obrazovnim ustanovama, uključujući škole, vrtiće te opremanje laboratorija i uredskih prostora. Potpuna proizvodnja odvija se u proizvodnom pogonu u Industrijskom parku Nova Gradiška. U sklopu proizvodnog pogona nalaze se strojevi poput: CNC raskrajača (HOMAG SAWTEQ B-200), stroj za lijepljenje rubne trake (HOMAG EDGETEQ S-240), CNC vertikalnog obradnog centra (HOMAG DRILLTEQ V-200), klizne stolne pile (Altendorf Sliding WA 80), viševretene bušilice (FD 21 professional), cilindrične brusilice, tijeska za korpuse, oscilirajuće i tračne brusilice, kao i ostali potrebni alati i oprema za proizvodnju namještaja. Ipak, u dijelu proizvodnog procesa i dalje se koriste klasični ručno upravljani strojevi, što znatno usporava izradu namještaja i negativno utječe na produktivnost i kvalitetu proizvoda. Instalacija novih CNC strojeva poput CNC raskrajača (HOMAG SAWTEQ B-200) i CNC vertikalnog obradnog centra (DRILLTEQ V-200) osigurala je povećanje proizvodnih kapaciteta, poboljšanje produktivnosti i kvalitete proizvoda, te optimizaciju resursa i energetske učinkovitosti.

Kada govorimo o modernizaciji proizvodnog sustava, ključno je analizirati trenutno stanje i potrebe za nadogradnjom. Osim tehničkih poboljšanja, ovaj korak odražava i predanost poduzeća održivosti. Povećanjem energetske učinkovitosti i boljim iskorištavanjem resursa, ne smanjuje se samo ekološki otisak, već se ostvaruju i financijske uštede kroz smanjenje operativnih troškova. Na ovaj način, postavljaju se temelji za daljnji rast, inovacije i razvoj u proizvodnji namještaja za obrazovne ustanove. U nastavku rada razmotrit ćemo osnovne teorijske postavbe modernizacije proizvodnih sustava, uključujući prednosti i moguće mane uvođenja novih tehnologija u proizvodni sustav kao, rizike modernizacije te opis provedene analize isplativosti. Analizom proizvodnog sustava prije i poslije modernizacije, provedbom analize isplativosti te usporedbom rezultata pokazat će se koristi modernizacije odnosno prelaska na nove CNC strojeve.

2. TEORIJSKE POSTAVE MODERNIZACIJE PROIZVODNIH SUSTAVA

2.1. Modernizacija proizvodnih sustava u drvenoj industriji

U industriji proizvodnje drvenog namještaja, modernizacija proizvodnih sustava vrlo je bitna kako bi se održavala konkurentnost na tržištu i povećala učinkovitost. Uvođenje novih strojeva, sustava i tehnologija omogućava poduzećima koja se bave proizvodnjom drvenog namještaja da unaprijede svoje proizvodne procese i proizvodne sustave, smanje troškove, povećaju kvalitetu svojih proizvoda i povećaju profitabilnost. Primjene programa poput računalno potpomognutog dizajna (CAD) i računalno potpomognute proizvodnje (CAM), zajedno s CNC strojevima mogu imati pozitivan utjecaj na poslovanje poduzeća uz određene rizike. [1]

Uvođenje novih tehnologija donosi sa sobom visoku diferenciranost i bolju kvalitetu proizvoda i usluga te inovativnost kao rješenje na zahtjeve kupca odnosno tržišta. Implementacija koncepta industrije 4.0 doprinosi boljoj fleksibilnosti rada, brzini proizvodnje, produktivnosti te omogućava prilagodbu poduzeća na promjene. [2]

Primjenom održivih praksi i odgovorno upravljanje resursima i energentima osiguravaju dugoročnu održivost poslovanja poduzeća. Modernizacija u današnje vrijeme je neophodan korak u većini industrija koje se bave aktivnostima proizvodnje, tako i za industriju proizvodnje drvenog namještaja. Modernizacijom poboljšavaju se operacije rezanja panela ploče, lijepljenja rubne trake, bušenja provrta i utora kao i konačne montaže proizvoda.

2.2. Očekivane prednosti i moguće mane uvođenja novih strojeva

Tablica 1. Prednosti i mane uvođenja novih strojeva

Prednosti	Mane
Veća produktivnost	Visoki početni troškovi
Povećana preciznost i kvaliteta izrade	Potreba za većom količinom energije
Fleksibilnost	Izazovi u prilagodbi i optimizaciji procesa
Smanjena količina otpada	Ovisnost o tehnologiji
Veća sigurnost na radu	
Veća konkurentnost na tržištu	
Smanjenje radne snage i troškova	

Navedene su neke od očekivanih prednosti i mogućih mana prilikom instalacije novih strojeva u proizvodnju. Glavna prednost koja se ističe je veća produktivnost koja je logična za CNC

strojeve koji brže i na jednostavniji način provode složene operacije i znatno smanjuju vrijeme izrade. Ključne prednosti su povećana preciznost i kvaliteta izrade. CNC strojevi omogućavaju iznimno preciznu obradu materijala s visokom razinom točnosti koja je teško dostižna na strojevima kojima se uglavnom ručno upravlja. CNC strojevi imaju sposobnost konstantno proizvoditi identične proizvode s minimalnim odstupanjima. Fleksibilnost je karakteristika CNC strojeva koja im omogućava laganu i brzu prilagodbu na bilo kakve promjene unutar proizvodnje. Bolja iskoristivost materijala je osigurana jer novi strojevi imaju integrirane različite programe optimizacije koji mogu na puno brži i bolji način iskoristiti materijal nego iskustvena procjena radnika. Vezano uz iskoristivost materijala, smanjenje otpada je u korelaciji iskoristivosti materijala. Kako je iskoristivost materijala veća, smanjen je udio otpada i neiskorištenog materijala. Ubrzavanjem procesa i povećanjem iskoristivosti materijala direktno se utječe na povećanje kapaciteta proizvodnje i time smanjuju troškovi proizvodnje.

Jedna od značajnijih mana je visok početni trošak investicije. Poznato je da su CNC strojevi značajno skuplji od ručno upravljanih strojeva, isto tako za instalaciju i rad CNC stroja osim cijene stroja potrebno je platiti i prikladan softver, obuku operatera i ostale potencijalne troškove koji dolaze uz stroj. Najčešće je slučaj da CNC strojevi koriste značajno više energije te ukoliko se odluči investirati u nove strojeve treba razmišljati i o instalacijama dodatnih priključaka, kao i osiguravanje prikladnog kompresora za pravilan rad stroja. Ovisnost o tehnologijama sama po sebi može biti veliki problem u slučaju da dođe do pogrešaka u programiranju, ali danas, uz konstantno ažuriranje softvera i redovno održavanje, takve greške su rijetke.

2.3. Rizici povezani s modernizacijom

Uvođenje CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200 i CNC obranog centra HOMAG DRILLTEQ V-200 kao što je pokazano donosi mnoge prednosti, ali to sa sobom donosi i određene rizike. Neki od značajnih rizika povezanih s modernizacijom proizvodnog sustava uključuju: financijske rizike, tehničke rizike, operativne rizike, rizik otpora na promjene kao i tržišni rizik. Iako modernizacija pozitivno utječe na učinkovitost, kapacitet proizvodnje i smanjuje troškove definitivno treba posebnu pažnju obratiti i na sve rizike koji dolaze uz tu investiciju.

Prvi od značajnijih rizika je **financijski rizik**. Investicija u nove strojeve poput CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200 i CNC obranog centra HOMAG DRILLTEQ V-200 zahtijeva pozamašnu količinu financijski sredstva. Naime, postoji rizik da se očekivane uštede kroz

vrijeme pokažu manje i povećanje prihoda ne bude ostvareno u predviđenom vremenskom razdoblju što negativno utječe na povrat investicije (ROI). Promjene na tržištu mogu imati značajan utjecaj na financije poduzeća kao i neočekivani problemi u instalaciji ili zastoji i kvarovi stroja.

Još jedan od značajnijih rizika uključuje **tehnički rizik**. Instalacija novih strojeva može dovesti do problema u integraciji s postojećim proizvodnim sustavom. Moguće je nesukladan rad između novih CNC strojeva i postojećih softvera ili drugih komponenata proizvodnje što može rezultirati neplaniranom zastojsima ili potrebom za dodatnim ulaganjima. Pojava neočekivanih kvarova ili izvornih grešaka kod stroja mogu stvoriti potvrdu za čestim održavanjem ili čak reinstalacijom cijelog stroja što dodatno može produljiti vremensko razdoblje i imati negativan učinak. Neadekvatna obuka radnika ili teška prilagodba načinu rada stroja i novim tehnologijama može značajno usporiti proizvodni proces.

Rizik otpora na promjene isto je jedan od važnijih faktora koji treba uzeti u obzir. Uvođenjem novih strojeva može se izazvati otpor kod radnika koji su već navikli raditi u postojećem proizvodnom sustavu. Također, prisutan je i strah od gubitka radnog mjesta zbog promjena u vrsti radnog opterećenja što može negativno utjecati na učinkovitost proizvodnje.

Neizvjesnost na tržištu, promjene u trendovima na tržištu ili pojava konkurenata s povoljnijim ili kvalitetnijim proizvodima može otežati poduzeću povrat investicije. Porast cijena sirovina (panela ploča različitih dekora) ili energenata negativno utječe na profitabilnost novih strojeva.

2.4. Definiranje ključnih pojmova

U ovom radu analiziraju se različiti ključni pokazatelji uspješnosti zajedno s financijskim pokazateljima kako bi se uspješno provela analiza isplativosti investicije u nove CNC strojeve. U nastavku opisani su ključni pojmovi koji će se koristiti dalje u analizi.

„**Kapacitet proizvodnje** odnosi se na maksimalnu količinu proizvoda koju poduzeće može proizvesti unutar određenog vremenskog razdoblja, uzimajući u obzir dostupne resurse poput radne snage, opreme i materijala.“ [3]

„**Učinkovitost proizvodnje** mjeri koliko dobro proizvodni proces pretvara inpute (sirovine, rad i energiju) u outpute (konačni proizvodi), obično izražena kao omjer stvarnog outputa u odnosu na maksimalno mogući output.“ [4]

„**Taktno vrijeme** odnosi se na maksimalno dopušteno vrijeme za proizvodnju jedne jedinice proizvoda kako bi se zadovoljila potražnja kupaca unutar određenog vremenskog razdoblja. Izračunava se kao raspoloživo radno vrijeme podijeljeno s potražnjom kupaca.“ [5]

„**Povrat na ulaganje (ROI)** je financijski pokazatelj koji mjeri profitabilnost ulaganja u odnosu na njegovu cijenu. Izračunava se kao omjer neto dobiti i ukupnog troška ulaganja, te se izražava kao postotak.“ [6]

„**Vrijeme povrata** investicije je vremensko razdoblje potrebno da se povrati početno ulaganje kroz novčane tokove generirane investicijom. To je jednostavna metoda za procjenu koliko je brzo ulaganje sposobno generirati povrat.“ [7]

2.5. Način provedbe analize isplativosti

Analizu isplativosti u ovom radu provedena je mjerenjem, usporedbom i analizom proizvodnih ključnih pokazatelja uspješnosti zajedno s financijskim pokazateljima kako bi se dobila cjelokupna slika o rezultatima investicije i njenim utjecajem na proizvodnju i poduzeće. Promatrali su se problemi s kojima se poduzeće suočavalo prije modernizacije te ciljevima koji su bili određeni nakon modernizacije. Od ključnih pokazatelja uspješnosti mjereni su podaci poput kapaciteta proizvodnje na odabranim uzorcima za kliznu stolu pilu Altendorf WA80 i CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 to je bio uzorak od 12 kompleta ploča školskih klupa (dim. 1250x500x18 mm) i polica školske klupe (dim. 1230x250x18 mm), dok su za strojeve viševretnu bušilicu Felder FD21 professional i CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200 promatrao se uzorak od 8 komada vrata za ormar s provrtima za bravicu, ručkicu i okove. Nakon što su izračunati svi pokazatelji slijedi njihova usporedba i analiza dobivenih rezultata. Iz dobivenih podataka poput troška proizvodnje po kompletu/komadu, prodajne cijene i cijene investicije u financijskoj analizi računaju se podaci poput povećanja prihoda, profitabilnosti, povrata investicije (ROI) i vremena povrata investicije. Usporedbom i analizom podataka ustanovljen je konačan zaključak na temelju analize isplativosti investicije u nove strojeve.

3. ANALIZA STANJA PROIZVODNOG SUSTAVA PRIJE MODERNIZACIJE

Proizvodni sustav poduzeća prije modernizacije bio je opremljen klasičnim ručno upravljanim strojevima koji znatno produljuju procese izrade namještaja, negativno utječu na produktivnost, efikasnost i kvalitetu proizvoda. Pri rezanju panela ploča (dim. 2800x2070 mm) i krojenju ploča koristila se isključivo klizna stolna pila Altendorf WA80 koja je odličan stroj za doradu ploča različitih dimenzija te za izradu specifičnih utora u različitim elementima namještaja, ali nije toliko učinkovit za rezanje ploča različitih dimenzija iz panela i izradi veće količine ploča. Razlog tome je taj što je proces rezanja ploča iz panela na kliznoj stolnoj pili poprilično ne učinkovit i dug proces. Takav način rezanja zahtijeva minimalno dvoje ljudi koji zajedno podižu i stavljaju panel na radni stol stroja što je samo po sebi dosta opterećujuće. Prva faza rada je iskustvena optimizacija načina rezanja ploče iz panela kako bi se iz nje dobilo što više korisnog materijala i što manje neiskorištenih ostataka od krojenja. Isto tako, prilikom rezanja prvo je potrebna gruba obrada materijala grubom pilom te nakon toga skidanje grube pile i stavljanje fine pile za finu obradu. Sve te faze rada dodatno smanjuju kvalitetu namještaja zbog puno ručnog prenošenja materijala. Također, negativno utječu na vrijeme izrade i na cijeli ciklus izrade namještaja jer bez izrezanih različitih dimenzija ploča nije moguće prijeći na sljedeću fazu, fazu - lijepljenja rubne trake. A ako je potrebno i bušenje različitih utora i provrta (provrti za bravice, okove) i montaža, vrijeme izrade dodatno se produžuje.

Pri bušenju različitih utora i provrta u pločama prije modernizacije koristila se isključivo ručno upravljana viševretna bušilica FD21 professional. To je vrlo precizan i kvalitetan stroj za bušenje utora za moždanike s opširnom primjenom. Odličan je za serijsku proizvodnju jer prilikom postavljanja alata (svrdla različitih promjera) i graničnika, u fazi rada, izostaje ponovno postavljanje alata i graničnika već se samo odvija operacija bušenja. Međutim, prilikom proizvodnje namještaja različitih dimenzija za svaki radni komad je potrebno ponovno postavljanje alata, kao i proba. To naravno negativno utječe na vrijeme izrade i povećava mogućnost greške odnosno povećava udio „škarta“. Isto tako stroj zahtijeva određena iskustvena znanja radnika kako bi se pravilno upravljalo njime. U nastavku slijedi opis navedenih strojeva s njihovim tehničkim podacima i karakteristikama.

3.1. Opis strojeva prije modernizacije

3.1.1. Altendorf klizna stolna pila WA80



Slika 1. Stolna klizna pila Altendorf WA80

Jedan od prvih jačih strojeva u koje je poduzeće investiralo u ranim danima razvoja s namjenom rezanja ploča različitih dimenzija iz panela ploče. Stroj ima mogućnost rezanja drvenog materijala i plastike. Odličan za doradu ploča različitih dimenzija, proizvodnju manjih količina ploča različitih dimenzija i izradu utora.

Tehnički podaci:

- Maksimalna duljina rezanja: 4300 mm
- Maksimalna visina rezanja: 150 mm
- Maksimalna širina rezanja: 1300 mm

Karakteristike stroja:

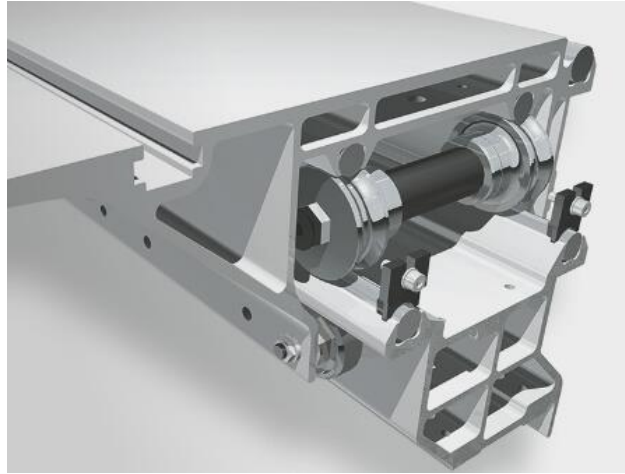
Slika 2. Vodilica s preciznim ručnim podešavanjem [8]

Precizno postavljanje vodilice omogućava veliku točnost prilikom rezanja. Vodilica ima mogućnost spuštanja ispod razine stola kako bi se oslobodio dodatan prostor za rezanje ploča većih dimenzija.



Slika 3. Poprečna vodilica s fiksnim kutem od 90° [8]

Poprečna vodilica pomaže prilikom preciznog rezanja, fazi fine obrade na pločama različitih dimenzija. Vodilica je lako pomična naprijed – nazad bez podizanja.



Slika 4. Klizni stol [8]

Veliki valjci vode pomični stol po vodilicama te osiguravaju preciznost prilikom izrade. Stol glatko klizi i na lagani dodir.

3.1.2. Viševretna bušilica Felder FD21 professional



Slika 5. Viševretna bušilica Felder FD21 professional

Isto kao i prethodno navedena stola pila ovo je jedna od prvih značajnijih investicija poduzeća u jači i kvalitetniji stroj. Primjena stroja je u izradi različitih provrta za bravice i ručkice vrata ormara, provrti za moždanike kod stranica ormara ili nekog sličnog namještaja te izrada utora

za okove. Stroj nudi veliku preciznost pri bušenju. Konstrukciju stroja čini zavareni okvir u kombinaciji s masivnim stolom od lijevanog željeza, čvrstim bočnim i uzdužnim graničnicima, kao i pneumatski držači za radni komad.

Tehnički podaci:

- Dubina bušenja: 70 mm
- Podešavanje visine bušenja: 54 mm
- Veličina stola: 898x381 mm

Karakteristike stroja:

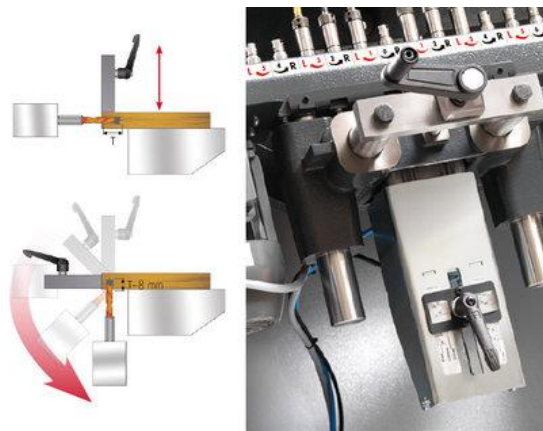
Slika 6. Jedinica s 21 vretenom

Jedinica s 21 vretenom postavljena u razmacima od 32 mm. Jedinica za bušenja može se nagnuti od 0° do 90° pomoću komprimiranog zraka.



Slika 7. Sustav zaključavanja [9]

Sustav zaključavanja postavljen je s prednje strane stroja. Omogućavaju točno fiksiranje graničnika na postavljene pozicije.



Slika 8. Kompenzacija dubine bušenja [9]

Kompenzacija od 8 mm osigurava da se prilikom izvođenja kutnih spojnica dubina bušenja mora podesiti samo jedanput.



Slika 9. Cilindri za pritisak

Cilindri za pritisak osiguravaju maksimalnu silu stezanja prilikom bušenja radnog komada što povećava i preciznost izrade.

3.2. Analiza proizvodnih KPI-ova prije modernizacije

3.2.1. Analiza proizvodnih KPI-ova na stolnoj kliznoj pili Altendorf WA80

Opis promatranih proizvoda

Nazivi proizvoda:

- Ploča školske klupe dvosjed (dim. 1250x500x18 mm)
- Polica za školsku klupu (dim. 1230x250x18 mm)

Korišteni materijal za analizu je iveral bukva tamna debljine 18 mm.



Slika 10. Ploča školske klupe



Slika 11. Polica za školsku klupu

Kapacitet proizvodnje

Poduzeće je u mogućnosti izrezati 40 ploča dvosjeda i 40 polica za školsku klupu dnevno. U posljednjih 30 dana poduzeće je dnevno u prosjeku izrezalo 40 kompleta ploča školskih klupa dvosjeda i 40 polica dnevno. Što čini mjesečni kapacitet proizvodnje od 800 kompleta ploča i polica.

Trošak proizvodnje po kompletu

Ukupni trošak proizvodnje je 25,61 €. Taj trošak uključuje: trošak materijala, koeficijent troška neiskorištenog materijala, trošak rada i energije ručnog rezanja i trošak rubne trake i lijepljenja rubne trake. Trošak materijala je 11,8 € po kompletu. Koeficijent troška neiskorištenog materijala je iskustveni određen i iznosi 1,1. Trošak rada i energije ručnog rezanja je 8 € po kompletu. Trošak rubne trake i lijepljenja rubne trake iznosi 5,81 € po kompletu.

Učinkovitost

Trenutno stanje učinkovitosti je 61,5%.

Maksimalna proizvodna sposobnost je 1300 kompleta ploča dvosjeda i polica školske klupe mjesečno, dok je stvarna proizvodnja 800 kompleta mjesečno.

Razlog niske učinkovitosti je taj što stroj ne služi isključivo za krojenje ploča različitih dimenzija već se koristi i za izradu utora u stranicama ormara te krojenje leđa ormara iz ploča lesonita. Također, dolazi do raznih grešaka prilikom rezanja. Greške uključuju pogrešno podešavanje stola, do ljudske greške prilikom mjerenja dimenzija ploča i neprecizne kalibracije stroja. Isto tako i nelagodno rukovanje panelom prilikom rezanja na radnom stolu.

Vodeće vrijeme

Potrebno vrijeme za izradu jedne serije od 12 kompleta ploča i polica za školsku klupu iz 3 panela je 84 min. Prosječna vremena izrade dobivena su uzrokovanjem na uzorku od tri serije od 12 kompleta ploča i polica za školsku klupu. Prosječna vremena operacija prikazane su u tablicama 2.-7.

Iz panela 1 i 2 na isti način krojenja dobije se 12 ploča dvosjeda i 4 police.

Tablica 2. Prosječna vremena operacija izrade na panelu 1 i panelu 2

Iskustvena optimizacija i mjerenje	2min
Postavljanje graničnika u pozicije	2min
Stavljanje panela na radni stol	20s
Grubo rezanje	10min
Odlaganje materijala	16 x 10s
Ukupno:	17 min
Ponavljjanje ciklusa dva puta	
Sveukupno:	34min

Iz panela 3 dobije se 8 komada polica.

Tablica 3. Prosječna vremena operacija izrade na panelu 3

Stavljanje panela na radni stol	20s
Grubo rezanje	8min
Odlaganje materijala	8 x 10s
Ukupno:	9min 40s

Tablica 4. Prosječno vrijeme pripreme stroja za rezanje ploča

Postavljanje fine pile i graničnika u pozicije za fino rezanje ploča	3min
--	------

Izrezane ploče i police potrebno je još fino obraditi na točne dimenzije.

Tablica 5. Prosječna vremena operacija finog rezanja ploča na konačne dimenzije

Postavljanje radnog komada na radni stol	20s
Fino rezanje svih 4 strana ploče	1min
Odlaganje	10s
Ukupno po komadu:	1min 30s
Ponavljanje ciklusa 12 puta	
Sveukupno:	18min

Tablica 6. Prosječno vrijeme pripreme stroja za fino rezanje polica

Postavljanje fine pile i graničnika u pozicije za fino rezanje polica	1min
---	------

Tablica 7. Prosječna vremena operacija konačnog krojenja polica

Postavljanje radnog komada na radni stol	20s
Fino rezanje svih četiri strana police	1min
Odlaganje	10s
Ukupno po komadu:	1min 30s
Ponavljanje ciklusa 12 puta	
Sveukupno:	18min

Potrebno vrijeme za izradu serije od 12 komada ploča dvosjeda i polica:

$$34\text{min} + 9\text{min } 40\text{s} + 3\text{min} + 18\text{min} + 1\text{min} + 18\text{min} = 83\text{min } 40\text{s} \cong 84\text{min/serija}$$

Taktno vrijeme

Potražnja u prošlim mjesec dana bila je 400 komada ploča školskih klupa i polica školskih klupa. Prosječno raspoloživo dnevno vrijeme na stroju je 6h što u 20 radnih dana je 120h = 7200 min.

$$\text{Taktno vrijeme: } 7200\text{min}/400\text{kom} = 18\text{min}$$

Analiza podataka i usporedba s ciljevima

Ciljevi poduzeća:

- Povećati kapacitet proizvodnje na 4000 komada dnevno
- Smanjiti trošak proizvodnje po komadu na 20 €
- Povećanje učinkovitosti na 90 %
- Smanjenje vodećeg vremena na 40 min
- Smanjenje taktnog vremena na 15 min

Analizom trenutnog stanja proizvodnog sustava utvrđeno je kako je kapacitet proizvodnje značajno ispod cilja. Zbog svoje nepraktične primjene i preopterećenosti različitim operacijama. Trošak proizvodnje po komadu je veći nego zadani cilj. Razlog većeg troška proizvodnje je veliki postotak neiskorištenosti panela uslijed operacija grubog rezanja i iskustvene procjene te dolazi do veće količine neupotrebljivog materijala i otpada. Trenutačna učinkovitost stroja je također značajno ispod cilja. Zbog preopterećenja stroja potrebno je dodatno održavanje koje negativno utječe na učinkovitost. Vodeće vrijeme je duže od ciljanog vremena iz razloga što prilikom rezanja i krojenja imamo puno među operacija koje dodatno produljuju ciklus izrade. Isto tako, faze rada grubog i finog rezanja duplo produljuju taktno vrijeme jer je potrebna fina obrada na sve četiri strane ploče. Taktno vrijeme, isto kao i vodeće, je dulje od ciljanog te poduzeće ne može proizvesti veće količine proizvoda u kraćem vremenu zbog dugog vremena ciklusa proizvodnje. Investicijom u modernu opremu – CNC raskrajač, znatno bi se povećao kapacitet proizvodnje te smanjio trošak proizvodnje po komadu pomoću integriranog programa za optimizaciju ploča prije rezanja. Također, uklonila bi se potreba za grubim rezanjem te finim rezanjem jer bi se prvim rezom dobila konačna točna i tražena mjera. Ulaganjem u modernu opremu s integriranim sustavom za prediktivno održavanje smanjuju se zastoji opreme te bi se održavanje opreme moglo organizirati bez ometanja proizvodnje. Vodeće i taktno vrijeme smanjuje se optimizacijom procesa i uvođenjem novih tehnologija popularnih u drvenoj industriji poput robotske ruke za rukovanje panelima ploče i njihovim prijenosom na radni stol.

3.2.2. Analiza proizvodnih KPI-ova na viševretenoj bušilici FD21 professional

Opis promatranog proizvoda

Naziv proizvoda:

- Vrata ormara s provrtima za ručkicu, bravicu i utorima za okove (dim. 882x397x18 mm)

Korišteni materijal za analizu je iveral javor europski debljine 18 mm.



Slika 12. Vrata ormara s provrtima za ručkicu, bravicu i okove

Kapacitet proizvodnje

Poduzeće je u mogućnosti napraviti 40 vrata ormara dnevno. Što čini mjesečnu proizvodnju od 800 vrata ormara mjesečno. U posljednjih 30 dana proizvedeno je prosječno 40 vrata ormara dnevno.

Trošak proizvodnje po komadu

Ukupni trošak proizvodnje je 16,66 € po komadu. Taj trošak uključuje: trošak materijala koji čini 4,37 € po komadu, koeficijent troška neistrošenog materijala od 1,1, trošak rubne trake i lijepljenja rubne trake od 2,29 € po komadu i trošak rada, energije ručnog rezanja i bušenja od 10 € po komadu.

Učinkovitost

Trenutno stanje učinkovitosti je 66,67%.

Maksimalna proizvodna sposobnost je 1200 komada vrata ormara mjesečno, dok je stvarna proizvodnja 800 komada dnevno.

Razlog je taj što stroj ne služi isključivo za izradu jedinstvenih dimenzija vrata, već svaki ormar izrađen po drugačijoj mjeri zahtjeva ponovno postavljanje graničnika na dimenzije radnog komada i alata kako bi se izradili potrebni provrti i utori na traženim razmacima. Također, prije početka izrade potrebna je pažljiva priprema potrebnih alata kako ne bi došlo do greške prilikom bušenja. Greške koje bi se mogle dogoditi uključuju: pogrešno odabrane alat za bušenje, pogrešno podešavanje graničnika.

Vodeće vrijeme

Potrebno vrijeme za izradu jedne serije od 4 vrata ormara potrebno je 15min. Prosječna vremena izrade dobivena su uzrokovanjem na uzorku od tri serije od osam komada vrata ormara s provrtima za ručnicu, bravicu i utorima za okove. Prosječna vremena izrade prikazane su u tablicama 8.-11.



Slika 13. Svrldo za izradu okova $\varnothing 35 \times 55$ mm

Tablica 8. Prosječno vrijeme operacija pripreme stroja za bušenje provrta za okove

Postavljanje potrebnih alata (svrdla) za izradu okova	1min
Postavljanje graničnika u pozicije	1min
Proba	30s
Ukupno:	150s = 2min 30s

Tablica 9. Prosječno vrijeme operacija bušenja provrta za okove

Postavljanje radnog komada na radni stol	10s
Bušenje utora za okove	22s
Odlaganje materijala	5s
Ukupno:	37s
Ponavljjanje osam puta	
Sveukupno:	296s = 4min 56s

Slika 14. Svrđlo za izradu provrta bravice $\varnothing 20 \times 55$ mmSlika 15. Svrđlo za izradu provrta za ručkicu $\varnothing 8 \times 57,5$ mm

Tablica 10. Prosječno vrijeme operacija pripreme stroja za bušenje provrta ručkice i bravice

Postavljanje potrebnih alata (svrdla) za izradu provrta za ručkice i bravicu	1min 10s
Postavljanje graničnika u pozicije	1min
Proba	30s
Ukupno:	2min 40s

Tablica 11. Prosječno vrijeme operacija za bušenje provrta ručkice i bravice

Postavljanje radnog komada na radni stol	10s
Bušenje provrta za bravicu i ručkicu	16s
Odlaganje materijala	5s
Ukupno:	31s
Ponavljanje osam puta	
Sveukupno:	4min 8s

Potrebno vrijeme a izradu serije od 8 komada vrata ormara s provrtima za bravicu i ručkicu, i okove:

$$2\text{min } 30\text{s} + 4\text{min } 56\text{s} + 2\text{min } 40\text{s} + 4\text{min } 8\text{s} = 14\text{min } 14\text{s} \cong 15\text{min/serija}$$

Taktno vrijeme

Potražnja u prošlim mjesec dana bila je 200 komada vrata ormara s provrtima za ručkicu, bravicu i provrtima za okove. Prosječno raspoloživo dnevno vrijeme na stroju je 6h što čini mjesečnu raspoloživost stroja: $120\text{h} = 7200 \text{ min}$.

$$\text{Taktno vrijeme: } 7200\text{min}/200\text{kom} = 36 \text{ min}$$

Analiza podataka i usporedba s ciljevima

Ciljevi poduzeća:

- Povećati kapacitet proizvodnje na 1500 komada mjesečno
- Smanjiti trošak proizvodnje po komadu na 12 €
- Povećanje učinkovitosti na 90 %
- Smanjenje vodećeg vremena na 10 min
- Smanjenje taktnog vremena na 30min

Analizom trenutnog stanja proizvodnog sustava utvrđeno je kako je kapacitet proizvodnje značajno ispod cilja. Zbog svoje nepraktične primjene i preopterećenosti različitim operacijama. Trošak proizvodnje po komadu je 4,66 € veći nego zadani cilj. Trenutačna učinkovitost stroja je također značajno ispod cilja, a zbog preopterećenja stroja potrebno je

dodatno održavanje koje dodatno negativno utječe na učinkovitost. Vodeće vrijeme je duže od ciljanog vremena iz razloga što se proces bušenja odvija u više faza što dodatno produljuje vrijeme proizvodnje. Isto tako, svaka faza zahtijeva ponovnu kalibraciju stroja i postavljanje graničnika.

Investicijom u modernu opremu CNC obradni centar znatno bi se povećalo kapacitet proizvodnje što bi direktno utjecalo na smanjenje troška proizvodnje po komadu. Također, uklonila bi se i potreba za ponovnim postavljanjem graničnika i alata jer bi se operacije bušenja odvijala automatski u stroju, a sav alat bio bi ugrađen u stroju. Vrijeme koje bi se gubilo na postavljanje graničnika i alata u jedinicu bi se eliminiralo jer bi svi nacrti ploča bili spremljeni u arhivi nacrti na računaru iz kojih bi se jednostavno učitavali 3D modeli ploča. Vodeće i taktno vrijeme također bi se smanjilo, kako više ne bi bilo potrebe za obradom u više faza, već bi se sve odvijalo u jednom prolazu.

4. ANALIZA STANJA PROIZVODNOG SUSTAVA NAKON MODERNIZACIJE

4.1. Opis strojeva nakon modernizacije

4.1.1. CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200



Slika 16. CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 [10]

Prvi od nabavljenih strojeva u sklopu modernizacije proizvodnog sustava, ujedno i rješenje u korist povećanja kapaciteta proizvodnje, pozitivnog utjecaja na vrijeme izrade, kvalitetu izrade i smanjenja troška po komadu izrade je stroj CNC upravljani raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200. Stroj nudi sve što je potrebno jednoj proizvodnji u pogledu rezanja panela. Izuzetno snažan, precizan i fleksibilan. Značajno povećava tok materijala te efikasnost prilikom rezanja ploča različitih dimenzija iz panela.

Tablica 12. Tehničke specifikacije HOMAG SAWTEQ B-200

Model	SAWTEQ B-200
Projekcija lista pile mm	65mm
Duljina rezanja	3200mm
Brzina pomaka ograde programa	do 80m/min
Brzina kretanja nosača pile	do 80m/min
Glavni motor pile	7,5kW
Motor za označavanje pile	1,1kW
Prosječna ukupna potreba za zrakom	150 NI/min
Potrebna opskrba komprimiranim zrakom	6bar
Sustav za ekstrakciju piljevine	3300 m ² /h
Radna visina	920mm
Stolovi s jastukom zraka	3x1800mm
Monitor	24" TFT ravni ekran

Karakteristike stroja:

Slika 17. Programaska ograda za preciznost i dimenzijsku točnost [10]

Elektronički upravljana programaska ograda s steznicima i vodilicama ima elektromagnetski mjerni sustav koji jamči točnost pozicioniranja od $\pm 0,1$ mm po metru pri brzinama rezanja do 80m/min. Zbog toga, na stroju je moguće provesti i minimalne rezove što bi bilo značajno teže izvedivo na stolnoj kliznoj pili. Mjerni sustav je otporan na trošenje i sam po sebi ne zahtijeva održavanje.



Slika 18. Pritisni okvir [10]

Otporan pritisni okvir osigurava vrhunsku kvalitetu rezanja. Velikom površinom zone pritiska, uz liniju rezanja, smanjuje vibracije što rezultira preciznim rezovima čak i složenih materijala.

Mogućnost ručnog podešavanja pritiska. SAWTEQ B-200 je potpuno opremljen za rezanje panela osjetljivih na pritisak poput lesonita od kojeg se često kroje leđa ormara. Pritisak na

steznicama i pritiskog okvira može se prilagoditi prije obrade specifičnog materijala pomoću ručnih kontrola smještenih u prednjem operativnom području stroja ili preko programskog sučelja na računalu stroja.



Slika 19. Sklop glavne pile i predrezača [10]

Sklop glavne pile i predrezača čini izdržljiva čelična konstrukcija koja uključuje glavnu pilu i predrezač, kao i srednji bočni pritiskivač.

Prednosti:

- Promjenjiva brzina: Omogućuje prilagodbu brzine prema potrebi
- Visoka preciznost, niska razina buke, ne zahtijeva održavanje: Sklop osigurava dugotrajan rad uz minimalno održavanje
- Brza i lagana promjena pile zahvaljujući jednostavnim sustavom za otpuštanje alata Power-Loc
- Veća brzina rezanja
- Opremljen IE3 motorima koji pružaju visoku energetska učinkovitost i smanjenju potrošnju energije



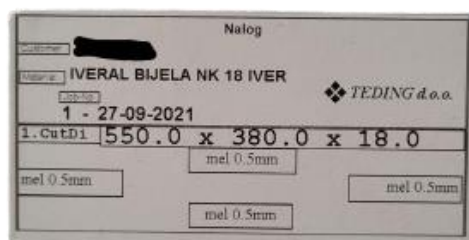
Slika 20. Mobilni stol sa zračnim jastukom

Tri stola sa zračnim jastukom osiguravaju mobilnu radnu površinu te jednostavno rukovanje panelima i pločama većih dimenzija. Također, pružaju prostor za pohranu materijala između različitih faza rada. Omogućavaju ergonomičnije pomicanje uz manji rizik od oštećenja što dodatno poboljšava konačnu kvalitetu proizvoda.



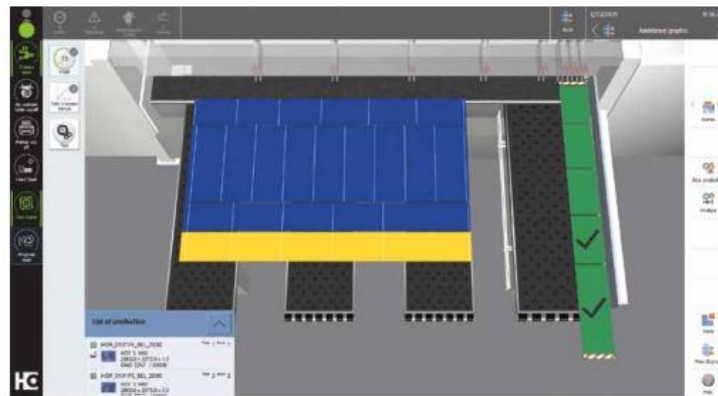
Slika 21. Printer naljepnica [10]

Printer naljepnica omogućava ispis prilagođenih naljepnica odmah nakon što je izrezana ploča gotova. Naljepnica osigurava brzu i pouzdanu identifikaciju na svim daljnjim radnim stanicama. Naljepnica može sadržavati različite informacije poput kodova, teksta i ostalo.



Slika 22. Primjer naljepnice za ploču dimenzija 550x380x18 mm, materijal iveral bijela narančina kora, traka 0,5mm melamin lijepljena sa sve četiri strane.

Programska rješenja u sklopu CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200:



Slika 23. CADmatic 5 sustav [10]

CADmatic 5 je najmoderniji sustav kontrole pile visokih performansi za strojeve HOMAG-a. Vrlo jednostavan za upotrebu zbog svog intuitivnog koncepta rada. Otvoren je za digitalnu umreženost te komunikaciju s drugim strojevima i ostalim programskim rješenjima.

Korisničko sučelje powerTouch2

Unaprijeđeno korisničko sučelje pruža optimiziran operativni koncept. Prilagođen je procesu proizvodnje koji se odvija na stroju. Sučelje je vrlo intuitivno i brzo s jasnom strukturom. Kako bi se dodatno povećala produktivnost i iskoristivosti materijala predlaže se uz stroj instalacija i odgovarajućeg programa za optimizaciju rezanja panela PanelWizard. Program pruža uvid i optimizira vrijeme potrebno za proizvodnju, iskorištenost materijala. Optimalno rezanje panela zahtijeva programski optimizirane obrasce rezanja osigurava pruža PanelWizard.

PanelWizard [11]

Karakteristike:

- Optimizacija rezanja panela: dodatno povećava iskorištenje materijala
- Izračun iskorištenja panela, ABS i melamin trake
- Moguća integracija s drugim 3D vizualizacijskim softverima za uvoz podataka
- Kompatibilian s različitim strojevima među kojima su i HOMAG strojevi

Primjer primjene programa:

Slike 24-27. pokazuju na koji način je program optimizirao jednu seriju od 12 kompleta školskih ploča (dim. 1250x500x18 mm) i polica školske klupe (dim. 1230 x 250 x 18 mm) koji će se analizirati kasnije i unutar programa na stroju HOMAG SAWTEQ B-200.

Nakon odabira materijala i upisa dimenzija ploča, komada te odabrane rubne trake i stranica na koje se lijepi rubna traka provodi se optimizacija panela na uzdužan ili poprečan način kako bi se dobila najveća iskoristivost materijala. Nakon optimizacije otvara se prozor s optimiziranim panelima te podacima poput: otpad, korisna površina i iskorištenju panela.

Lista elemenata..... Kantriranje // Lijevo // Dolje // Desno // Gore // Naziv elementa

1	1250 x	500 mm	12Kom.	ABS	ABS	ABS	ABS		
2	1230 x	250 mm	12Kom.	ABS	ABS	ABS	ABS		

Slika 24. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Upisa dimenzija

Nagrtaj << Nazad

Print Ploea br.

Print sve Dalje >>

Nacrt br.: 1
Materijal: Iveral Bukva tamna 18r
Dim.zad.: 2800 x 2070
Dim.opt.: 2776 x 2046
Površina m2:
Ploee: 5,70
Elementi: 5,31
Korisni ostatak: 0,00
Otpad: 0,29
Korisna površina: 5,31
Iskorištenje: 94,81

Površina svih ploea: 17,39 m2
Površina za naplatu: 12,34 m2
Duljina reza: 21,280m

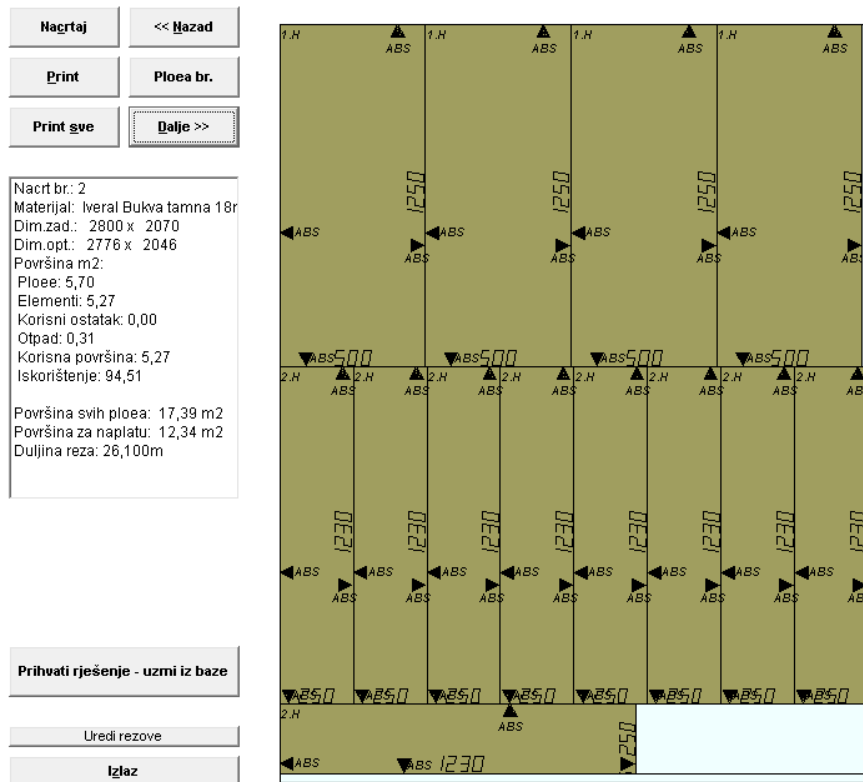
Prihvati rješenje - uzmi iz baze

Uredi rezove

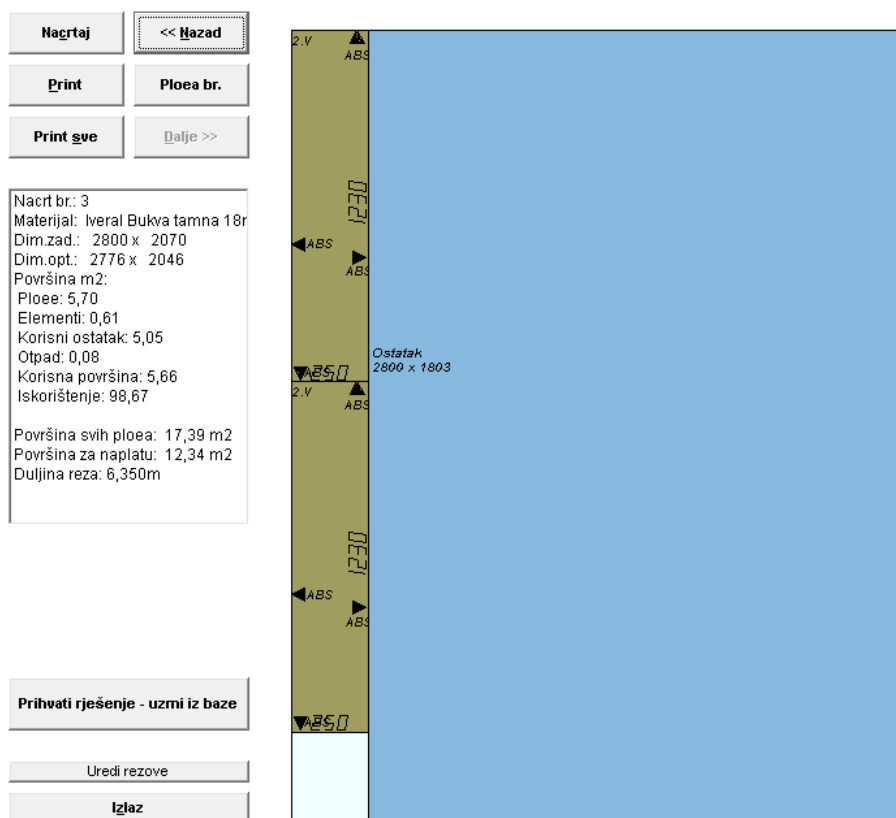
Izlaz

The screenshot displays a 2x4 grid of panels. The top row is labeled '1.H' and the bottom row '2.H'. Each panel is marked with 'ABS' and dimensions. The top row panels are 1250mm wide and 500mm high. The bottom row panels are 1230mm wide and 250mm high. The interface includes a control panel on the left with buttons for navigation and printing, and a data box showing optimization statistics.

Slika 25. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 1



Slika 26. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 2



Slika 27. Prikaz sučelja unutar programa PanelWizard - Optimizacija panela 3

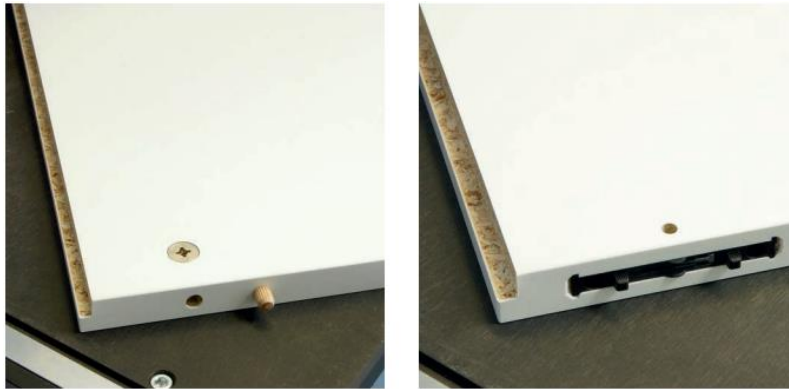
4.1.2. CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200



Slika 28. CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200 [12]

Drugi nabavljeni stroj u sklopu modernizacije proizvodnog sustava je HOMAG-ov CNC vertikalni obradni centar za bušenje i urezivanje utora HOMAG DRILLTEQ V-200. Obradni centar pokazuje visoku učinkovitost te je namijenjen proizvodnji namještaja iz drvenog materijala. Opremljen je s različitim vertikalnim i horizontalnim bušnim vretenima koja omogućuju precizno i brzo bušenje velikog broja provrta. Dizajn stroja je kompaktan te zauzima prostor od samo 5m². Njegova kompaktnost zajedno s njegovim intuitivnim upravljanjem povećava produktivnost te značajno smanjuje vrijeme obrade. Stroj služi za bušenje različitih provrta i utora, urezivanje različitih oblika (pilastih, sinusoidnih, kružnih, pravokutnih,...), obrezivanje i glodanje pločastih drvenih materijala. Smatra se idealnim rješenjem za uštedu vremena izrade, prostora i energije.

Primjeri primjene:



Slika 29. Primjer primjene [12]

Lijevo:

- Izrada utora za stražnju ploču
- Bušenje za ekscentrične spojnice
- Klasični utori za moždanike

Desno:

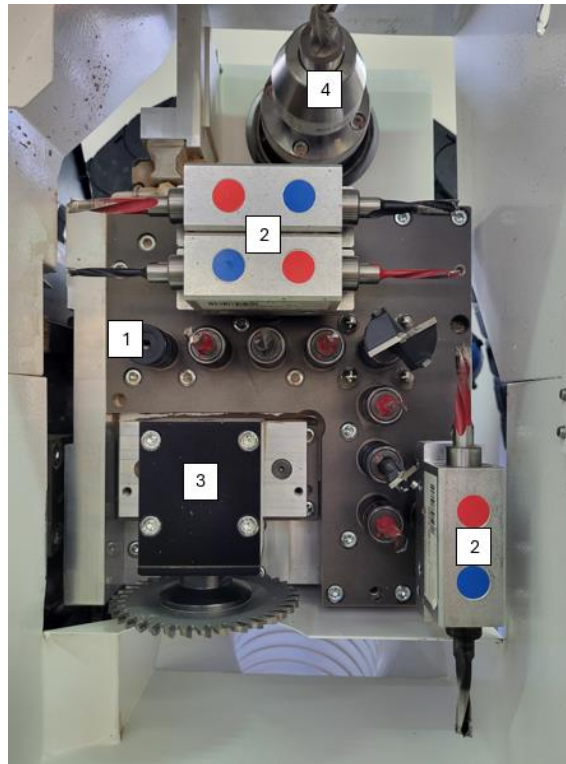
- Izrada utora za stražnju stranu
- Izglodan T-utor

Tablica 13. Tehničke specifikacije HOMAG DRILLTEQ V-200

Duljina radnog komada	200-2500mm
Širina radnog komada	70-850mm
Debljina radnog komada	12-60mm
Ukupna težina stroja	približno 1580kg

Konfiguracija alata:

Dostupne su tri moguće konfiguracije alata. Odabrana je konfiguracija alata Paket 1:



Slika 30. Konfiguracija alata: Paket 1

1. Vertikalno bušenje

- osam brzo rotirajućih bušnih vretena zajedno sa sustavom brze promjene bušila koji zajedno omogućavaju brzo i precizno bušenje uz jednostavnu zamjenu bušila

2. Horizontalno bušenje

- četiri brzo rotirajućih bušnih vretena u X-smjeru

- dva brzo rotirajuća bušna vretena u Y-smjeru

3. Urezivanje

- Pila za utore u X-smjeru, $\text{Ø}100\text{mm}$

4. Glodanje

- Motor za glodanje s hidrauličkim sustavom brze promjene, 5kW ETP 25

Karakteristike stroja:



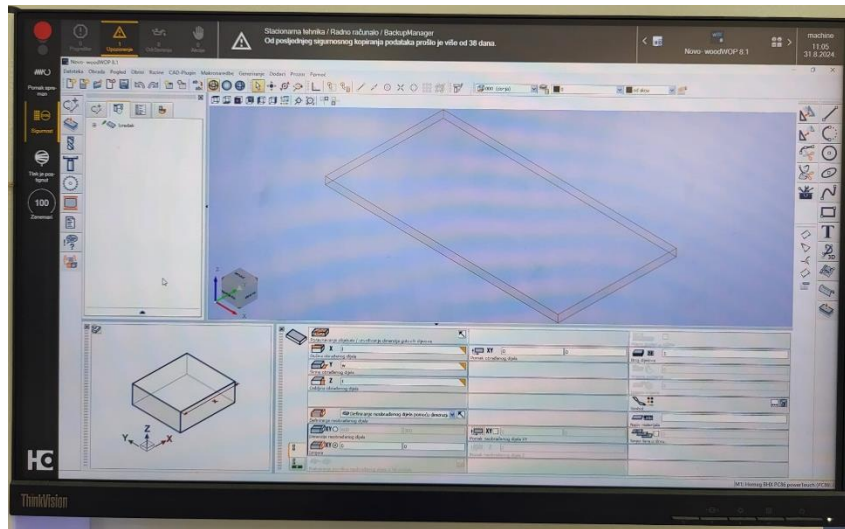
Slika 31. Mehanička potpora pomoću valjkastog transportera prilikom stavljanja i uklanjanja radnog materijala [12]



Slika 32. Automatsko podešavanje debljine radnog komada [12]

Automatsko prilagođavanje bloka debljini materijala prema podacima unaprijed odabranim unutar programa woodWOP.

Programska rješenja u sklopu CNC vertikalnog obradnog centra HOMAG DRILLTEQ V-200:



Slika 33. Korisničko sučelje woodWOP [13]

Sučelje woodWOP grafički prikazuje radni komad, korake obrade i opremu za stezanje. Operacije kao što su rezanje, bušenje, glodanje, urezivanje i piljenje jednostavno se i brzo mogu programirati unosom parametara obrade, a zatim provjeriti putem simulacije. Ovakav pristup osigurava točan uvid u svaku operaciju koja se odvija na radnom komadu. Prikazane su točne dimenzije učitane iz već postojeće baze podataka, a alati su automatski dodijeljeni prikladnim operacijama.

Prednosti:

- WOP, CAM i CAD svi ujedinjeni u jednom programu
- Vrlo jednostavan za korištenje s poboljšanom pouzdanošću uslijed 3D sučelja
- Fleksibilan u dodavanju dodatnih funkcionalnosti prema potrebi

PowerControl s powerTouch2

Isto kao i prije spomenuti SAWTEQ B-200 ovaj stroj također se koristi unaprijedom korisničkim sučeljem prilagođenim procesu proizvodnje na stroju.

Ovaj CNC upravljani obradni centar osim što značajno pozitivno utječe na kapacitet proizvodnje i vrijeme izrade, također doprinosi i smanjenju nastanka otpada, energetske i resursnoj učinkovitosti procesa proizvodnje.

4.2. Analiza proizvodnih KPI-ova poslije modernizacije

4.2.1. Analiza proizvodnih KPI-ova na CNC raskrajaču SAWTEQ B-200

Kapacitet proizvodnje

Poduzeće je u mogućnosti iskrojiti 288 ploča dvosjeda i 288 polica za školsku klupu dnevno. U posljednjih 30 dana poduzeće je dnevno u prosjeku iskrojilo 288 ploča školskih klupa dvosjeda i 288 polica dnevno na promatranom stroju. Što čini teorijski mjesečni kapacitet proizvodnje od 5760 kompleta ploča i polica.

Trošak proizvodnje po kompletu ploče i police

Ukupni trošak proizvodnje je 19,61 € po kompletu. Taj trošak uključuje: trošak materijala od 10,3 € po kompletu, iskustveni koeficijent iskoristivosti materijala iz panela 0,96, trošak rada i energije od 3,5 € po kompletu i trošak lijepljenja trake i lijepljenja od 5,81 € po kompletu.

Učinkovitost

Trenutno stanje učinkovitosti je 93,75%. Maksimalna proizvodna sposobnost je 6160 kompleta ploča dvosjeda i polica školske klupe mjesečno, dok je stvarna proizvodnja 5760 kompleta mjesečno.

Razlog tome je taj što stroj ne služi isključivo za krojenje ploča različitih dimenzija. Također poduzeće je u sklopu stolarskog centra koji nudi uslugu rezanja različitih dekora ploča što oduzima stroju na učinkovitosti. Isto tako, nakon što se potroše doneseni paneli treba dovesti novu paletu panela što produljuje proces rezanja. Također, treba uzeti u obzir održavanje i redovno čišćenje stroja zbog nakupljanja piljevine i njegovog pravilnog rada.

Vodeće vrijeme

Potrebno vrijeme za izradu jedne serije od 12 kompleta za školsku klupu iz 3 panela potrebno je 11min. Prosječna vremena operacija dobivena su uzrokovanjem na uzorku od tri serije od kojih svaku seriju čini 12 kompleta ploča i polica školske klupe.

Unaprijed izračunati podaci proizvodnje			
Trajanje pokretanja: 20 s Trajanje jednog reza: 10 s			
Operacija: Ploče i			
	Ukupno	Proizvedeno	Preostalo
Vrijeme obrade	00:07:50	00:00:00	00:07:50
Broj reza	41	0	41
Broj ciklusa	3	0	3
Broj shema	3	0	3

Slika 34. Prikaz na stroju SAWTEQ B-200 - Unaprijed izračunati podaci proizvodnje

Slika prikazuje unaprijed izračunate podatke proizvodnje koje stroj sam računa. Ove informacije mogu služiti kao dobar oslonac u planiranju proizvodnje. Vidljivo je da za našu seriju vrijeme rada na stroju je 7min i 50s, ali nije uračunato vrijeme stavljanja panela na radni stol, kao ni mogući zastoji radi različitih razloga, kao ni vrijeme za odlaganje materijala.

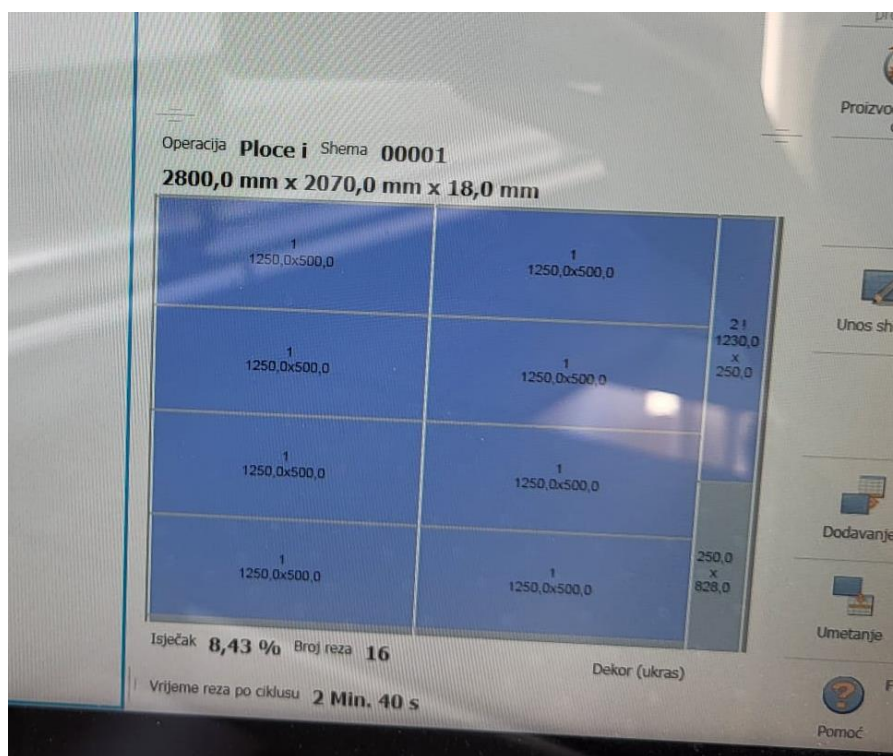
Ploče:						
Materijal: lveral Bukva tamna 18mm						
Dimenzija panela: 2,776 x 2,046 m x 18 mm						
Ukupno utrošeno ploča: 3						
Ukupno iskorištenje: 66,53 %						
Iskorištenje materijala:						
Ploča br.	Iskorištenje	Rez (m)	Kom.			
1	94,41 %	21,280	1			
2	94,14 %	26,100	1			
3	11,04 %	6,350	1			
Duljina reza = 6,350 m						
Dimenzije elemenata:						
Ele.Br.	duž.(mm)	šir.(mm)	Kom/Opt	God	Melamin	ABS
1	1250	x 500	12 (12)			2DA 2KA
2	1230	x 250	12 (12)			2DA 2KA

Slika 35. Prikaz na stroju SAWTEQ B-200 - Pregled naloga

Slika 35. prikazuje pregled naloga u kojem su dostupne informacije o materijalu, iskorištenju materijala i dimenzijama elemenata kao i informacije za naljepnicu. U ovom slučaju na naljepnici se ispisuju informacije o korištenom materijalu, dimenzije elementa te kojom se rubnom trakom lijepe stranice ploča. Naljepnice su prikazane na Slici 36.

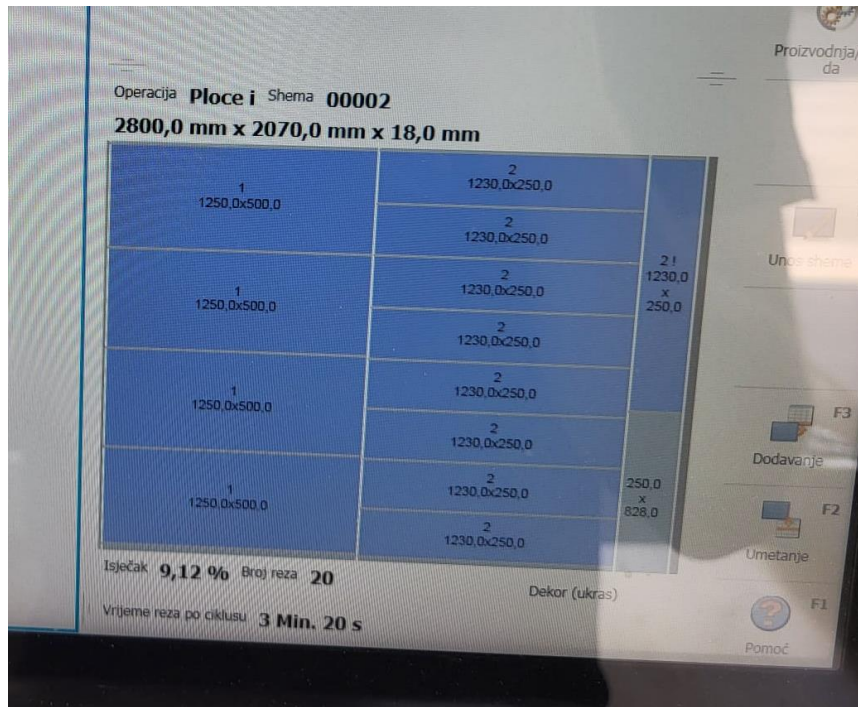


Slika 36. Naljepnica ploče školske klupe lijevo, naljepnica police školske klupe desno



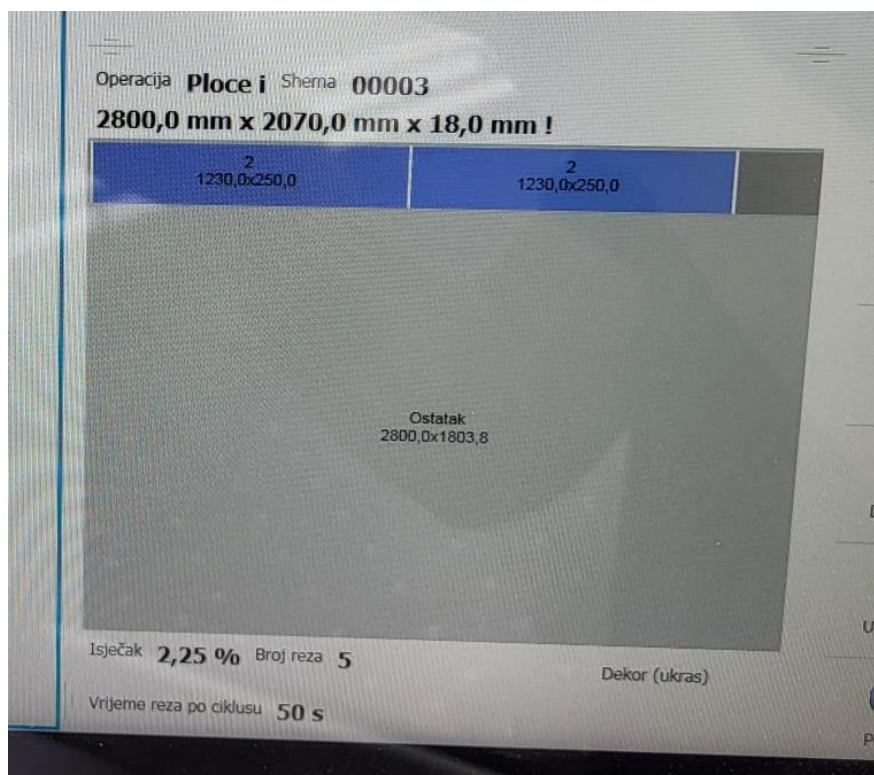
Slika 37. Prikaz na stroju SAWTEQ B-200 - Optimiziran panel 1

Slika 37. prikazuje na koji način je optimiziran prvi panel sa iskoristivosti materijala od 94,41%. Iz panela moguće je dobiti 8 ploča i jednu policu. Udio isječka u panelu je 8,43%. Broj rezova na stroju je 16, a vrijeme reza po ciklusu je 2min 40s.



Slika 38. Prikaz na stroju SAWTEQ B-200 - Optimiziran panel 2

Slika 38. prikazuje način optimizacije drugog panela. Iz panela moguće je dobiti preostale četiri ploče i devet polica. Udio isječka u panelu je 9,12%. Broj rezova je 20, a vrijeme reza po ciklusu je 3min 20s. Iskoristivost materijala na panelu je 94,14%.



Slika 39. Prikaz na stroju SAWTEQ B-200 - Optimiziran panel 3

Slika 39. prikazuje način obrade preostale dvije police, najčešće se ove dvije police dobiju iz neiskorištenog materijala kako se ne bi koristio cijeli panel za samo dvije police osim ako se traži specifičan dekor. Broj rezova je 5, a vrijeme reza po ciklusu je 50s. Također, treba uzeti u obzir da je ostali neiskorišteni materijal jedan veći komad koji se može dalje koristiti dok bi se ručnim rezanjem dobili neiskoristivi ostaci.

Iz panela 1 i 2 na isti način krojenja dobije se 12 ploča dvosjeda i 4 police.

Tablica 14. Prosječna vremena operacija rezanja panela 1 na CNC raskrajaču

Odabir radnog naloga i puštanje u rad	30s
Stavljanje panela na radni stol	10s
Rezanje i odlaganje materijala	3min 20s
Ukupno:	4min

Tablica 15. Prosječna vremena operacija rezanja panela 2 na CNC raskrajaču

Stavljanje panela na radni stol	20s
Rezanje i odlaganje materijala	4min 40s
Ukupno:	5min

Tablica 16. Prosječna vremena operacija rezanja panela 3 na CNC raskrajaču

Stavljanje panela na radni stol	20s
Rezanje i odlaganje materijala	1min 40s
Ukupno:	2min

Potrebno vrijeme a izradu serije od 12 kompleta ploča dvosjeda i polica:

$$4\text{min} + 5\text{min} + 2\text{min} = 11\text{min/serija}$$

Taktno vrijeme

Potražnja u mjesec dana bila je 400 komada ploča školskih klupa i polica školskih klupa. Prosječno raspoloživo dnevno vrijeme na stroju je 6h što u 20 radnih dana je 120h = 7200 min. U taktno vrijeme uračunata je i razlika učinkovitosti između klizne stole pile i CNC raskrajača. Taktno vrijeme: $7200\text{min}/400\text{kom} \times (1-0,3225) \cong 12\text{min}$

Analiza podataka i usporedba s ciljevima

Ciljevi poduzeća:

- Povećati kapacitet proizvodnje na 4000 kompleta mjesečno - ZADOVOLJENO
- Smanjiti trošak proizvodnje po komadu na 20 € - ZADOVOLJENO
- Povećanje učinkovitosti na 90 % - ZADOVOLJENO
- Smanjenje vodećeg vremena na 40 min - ZADOVOLJENO
- Smanjenje taktnog vremena na 15 min - ZADOVOLJENO

Kapacitet proizvodnje nakon modernizacije je 5760 kompleta mjesečno što je za 1760 više kompleta nego što je zadano u cilju. Trošak proizvodnje po komadu je 19,61 € što također zadovoljava zadane ciljeve poduzeća. Učinkovitost nakon modernizacije iznosi 93,75%. Vodeće vrijeme je značajno smanjeno na čak 11 minuta što je za 29 minuta manje od zadanog cilja. Taktno vrijeme uz povećanu potražnju je smanjeno na 12 minuta po kompletu.

4.2.2. Analiza proizvodnih KPI-ova na CNC vertikalnom obradnom centru DRILLTEQ V-200

Kapacitet proizvodnje

Poduzeće je u mogućnosti napraviti 210 vrata ormara dnevno. Što čini mjesečnu proizvodnju od 4200 vrata ormara mjesečno. U posljednjih 30 dana proizvedeno je prosječno 210 komada dnevno. Što čini mjesečnu proizvodnju od 4200 komada.

Trošak proizvodnje po komadu

Ukupni trošak proizvodnje je 11,27 € po komadu. Taj trošak uključuje: trošak materijala od 3,98 € po komadu, trošak rubne trake i lijepljenja rubne trake od 2,29 € po komadu i trošak rada, energije ručnog rezanja i bušenja od 5 € po komadu.

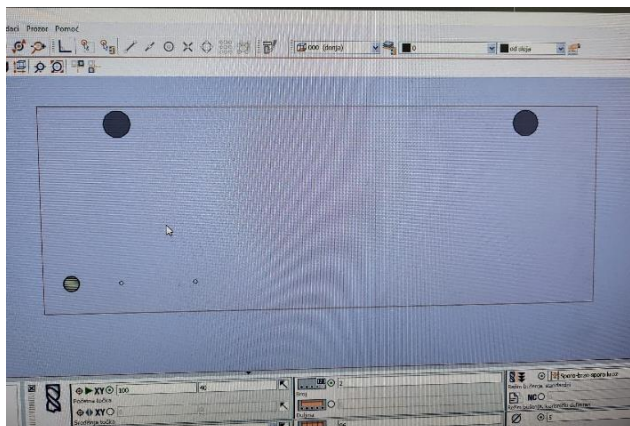
Učinkovitost

Stanje učinkovitosti je 91,3%.

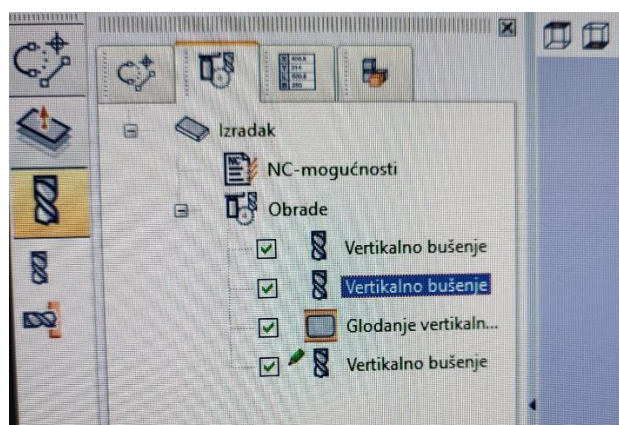
Maksimalna proizvodna sposobnost je 4200 komada vrata ormara mjesečno, dok je stvarna proizvodnja 4600 komada mjesečno.

Vodeće vrijeme

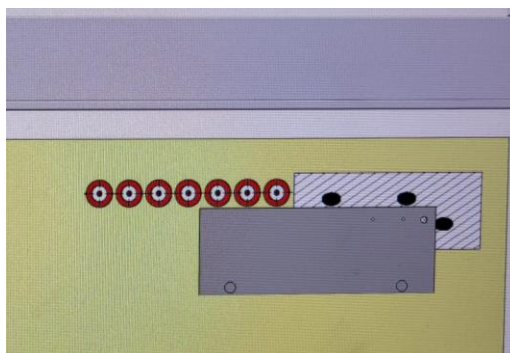
Potrebno vrijeme za izradu jedne serije od 8 vrata ormara potrebno je 8min. Prosječna vremena operacija dobivena su uzorkovanjem na uzorku od tri serije po osam komada vrata ormara.



Slika 40. Prikaz na stroju DRILLTEQ V-200 - 3D model vrata ormara



Slika 41. Prikaz na stroju DRILLTEQ V-200 - Popis operacija obrade odabranog proizvoda



Slika 42. Prikaz na stroju DRILLTEQ V-200 - Načina stavljanja radnog komada u stroj

U arhivi nacрта pronalazi učitava se traženi nacrt u program. U programu se otvara 3D model ploče s popisom svih operacija i predodređenim alatom za svaku operaciju. Slika 46. prikazuje način na koji se radna ploča treba staviti u stroj kako bi se na pravilan način izbušile provrte i utori.

Tablica 17. Prosječna vremena operacija pripreme stroja za rad

Pronalaženje i učitavanje nacрта ploče	25s
Provedba simulacije	35s
Ukupno:	1min

Tablica 18. Prosječna vremena operacija bušenja provrta i utora

Stavljanje radnog komada u stroj	10s
Bušenje provrta i utora	31s
Odlaganje materijala	5s
Ukupno:	51s
Ponavljanje osam puta	
Sveukupno:	6min 48s

Potrebno vrijeme za izradu serije od 8 komada vrata ormara s provrtima za bravicu i ručnicu i provrtima za okove:

$$6\text{min } 48\text{s} + 1\text{min} = 7\text{min } 48\text{s} \cong 8\text{min/serija}$$

Taktno vrijeme

Potražnja u prošlim mjesec dana bila je 200 komada vrata ormara s provrtima za ručnicu, bravicu i utorima za okove. Prosječno raspoloživo dnevno vrijeme na stroju je 6h što u 20 radnih dana je 120h = 7200 min. U taktno vrijeme uračunata je i razlika u učinkovitosti viševretene bušilice i CNC obradnog centra.

$$\text{Taktno vrijeme: } 7200\text{min}/200\text{kom} \times (1-0,2463) \cong 27 \text{ min}$$

Analiza podataka i usporedba s ciljevima

Ciljevi poduzeća:

- Povećati kapacitet proizvodnje na 1500 kompleta mjesečno - ZADOVOLJENO
- Smanjiti trošak proizvodnje po komadu na 12 € - ZADOVOLJENO
- Povećanje učinkovitosti na 90 % - ZADOVOLJENO
- Smanjenje vodećeg vremena na 10 min - ZADOVOLJENO
- Smanjenje taktnog vremena na 30 min - ZADOVOLJENO

Kapacitet proizvodnje nakon modernizacije je 4200 komada mjesečno što je za 2700 više komada nego zadano u cilju. Trošak proizvodnje po komadu je 11,27 € što također zadovoljava zadane ciljeve poduzeća. Učinkovitost nakon modernizacije iznosi 91,75%. Vodeće vrijeme je značajno smanjeno na čak 8 minuta što je 2 minute manje od zadanog cilja. Taktno vrijeme je smanjeno na 27 minute po komadu.

5. ANALIZA ISPLATIVOSTI MODERNIZACIJE

Jedan od načina provjere stanja proizvodnog sustava prije i poslije modernizacije je provedba analize isplativosti. Analiza isplativosti poduzeću pruža informaciju koliki utjecaj će imati nabava novog stroja ili opreme na proizvodni sustav, kao i sve ostale mjerene značajke proizvodnje. Neki od mjerenih značajki mogu biti: KPI (kapacitet proizvodnje, trošak proizvodnje po komadu, učinkovitost, vodeće, taktno vrijeme), kao i financijski pokazatelji poput ROI i vrijeme povrata investicije. Na temelju izračunatih i procijenjenih značajki poduzeće može donijeti konačnu odluku želi li investirati u predloženo ili potražiti neka druga rješenja za postizanje ciljeva. U nastavku slijedi usporedba navedenih proizvodnih KPI-ova kao i financijska analiza zajedno s nekim od mogućih rizika modernizacije. KPI su mjereni na strojevima na određenom uzorku od 12 ploča i polica za strojeve klizna stola pila Altendorf WA80 i CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 dok su za više vretenu bušilicu Felder FD21 professional i CNC vertikalni obradni centar HOMAG SAWTEQ V-200 mjereni na uzorku od osam vrata ormara s provrtima za bravicu, ručkicu i okove. Za rezanje panela ovaj uzorak je slobodno odabran i namjerno su uključene ploča i polica kako bi se pokazalo i diversifikacija kod strojeva kao ključna karakteristika strojeva u proizvodnji namještaja različitih dimenzija. Kod bušenja provrta i utora u ploče odabrana su vrata ormara iz razloga što u sebi imaju uključeno najviše obrade materijala što je lagano usporedivo s bušenjem materijala s manje obrade. Podaci su mjereni u stvarnom okruženju rada stroja u normalnom načinu rada.

5.1. Usporedba proizvodnih KPI-ova prije i poslije modernizacije

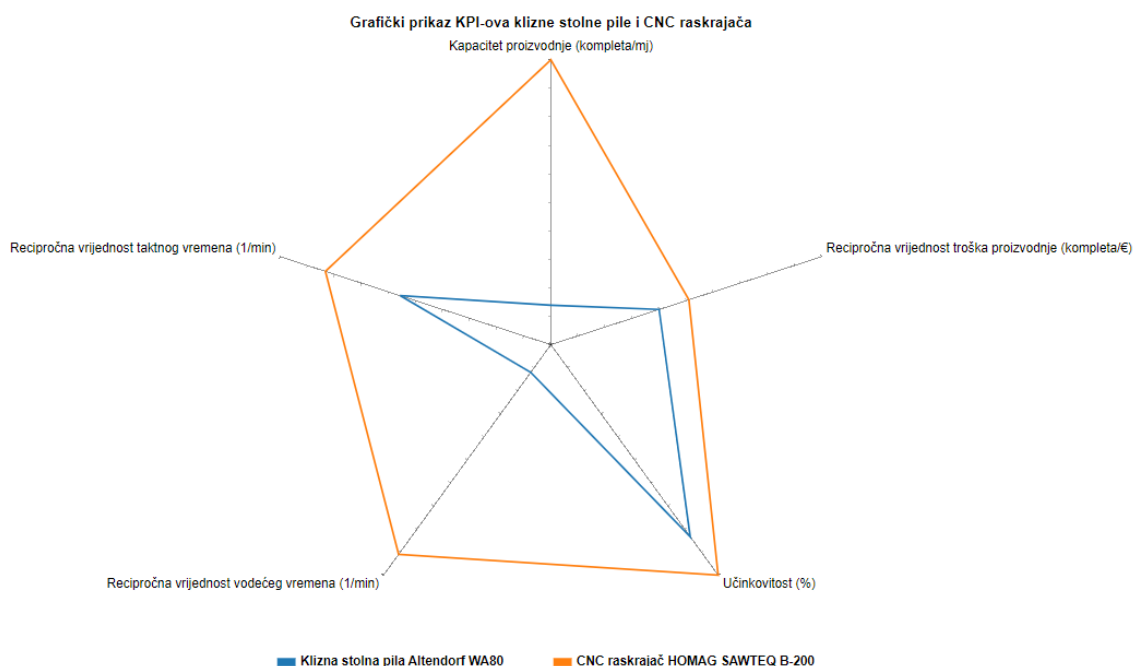
5.1.1. Usporedba KPI-ova: Klizna stolna pila Altendorf WA80 naspram CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200

Tablica 19. Usporedba KPI-ova klizne stolne pile i CNC raskrajača

KPI	Prije	Poslije	Razlika
Kapacitet proizvodnje	800 kompleta/mj	5760 kompleta/mj	↑4960 kompleta/mj
Trošak proizvodnje po kompletu	25,61 €	19,61 €	↓6 €
Učinkovitost	61,50%	93,75%	↑32,25%
Vodeće vrijeme	84 min/serija	11 min/serija	↓73min
Taktno vrijeme	18 min	12min	↓6min

Analizom usporedbe proizvodnih ključnih pokazatelja uspjeha prije i poslije kao što je vidljivo u tablici 19. uočene su značajne pozitivne promjene na više različitih promatranih značajki. Uz pozitivan utjecaj postignuti su i ciljevi poduzeća povećanja kapaciteta proizvodnje, smanjenja troška proizvodnje po komadu povećanja učinkovitosti te smanjenja vodećeg i taktnog vremena. Iz tablice vidljiv je porast kapaciteta proizvodnje za 4960 kompleta na mjesečnoj razini što je izravno povezano i sa učinkovitosti koja je porasla za 32,25%. Taj porast omogućuje poduzeću da zadovolji veću potražnju i poveća prihode. Poboljšanje učinkovitosti znači da sustav efikasnije koristi resurse i da je smanjeno vrijeme neproduktivnog rada. Također, smanjen je trošak proizvodnje po kompletu za 6 € zbog boljeg iskorištenja materijala i kvalitete obrade što doprinosi povećanju profitne marže i poboljšava profitabilnost. Promatrana vremena su oba smanjena, vodeće vrijeme za 73 minute, a taktno vrijeme za 6 minuta. Promjene u vodećem vremenu su velike iz više razloga u kojem je primarni smanjena količina operacija i faza rada. Manje vodeće vrijeme dovodi do bržeg dovršavanja proizvodnih serija i omogućuje bržu isporuku. Smanjeno taktno vrijeme povećava brzinu proizvodnje i omogućuje bolju prilagodbu zahtjevima tržišta.

Ključni pokazatelji uspješnosti prikazani su i grafički u programu EXCEL pomoću dodatka ChartExpo. Za trošak proizvodnje po kompletu, vodeće i taktno vrijeme uzimaju se recipročne vrijednosti kako bi površina koja se dobije bila ekvivalent poboljšanja ključnih pokazatelja uspješnosti i time samog proizvodnog sustava.



Slika 34. Grafički prikaz unutar dodatka EXCEL programu ChartExpo – Paukov graf KPI-ova klizne stolne pile i CNC raskrajača

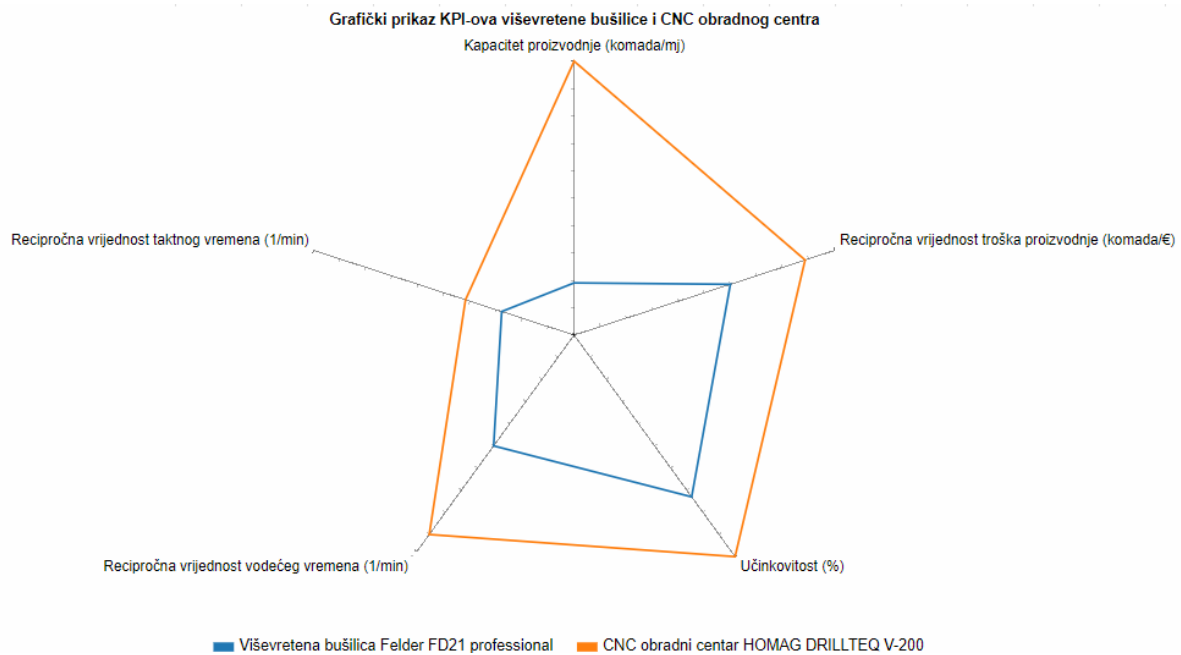
5.1.2. Usporedba KPI-ova: Viševretna bušilica Felder FD21 professional naspram CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200

Tablica 20. Usporedba KPI-ova viševretnene bušilice i CNC obradnog centra

Proizvodni KPI	Prije	Poslije	Razlika
Kapacitet proizvodnje	800 kom/mj	4200 kom/mj	↑3400 kom/mj
Trošak proizvodnje po komadu	16,66 €	11,27 €	↓5,39 €
Učinkovitost	66,67%	91,30%	↑24,63%
Vodeće vrijeme	15 min/serija	8 min/serija	↓7 min
Taktno vrijeme	36 min	27 min	↓9 min

Analizom usporedbe proizvodnih ključnih pokazatelja uspjeha prije i poslije isto kao i kod već promatranih strojeva uočene su značajne pozitivne promjene. Uz pozitivan utjecaj na ključne pokazatelje uspjeha postignuti su i ciljevi poduzeća povećanja kapaciteta proizvodnje, smanjenja troška proizvodnje po komadu, povećanja učinkovitosti te smanjenja vodećeg i taktnog vremena. Pokazano je da dolazi do porasta kapaciteta proizvodnje za 3400 komada na mjesečnoj razini što je izravno povezano i sa učinkovitosti koja je porasla za 24,63%. Taj porast omogućuje poduzeću da zadovolji veću potražnju i poveća prihode. Poboljšanje učinkovitosti znači da sustav efikasnije koristi resurse i da je smanjeno vrijeme neproduktivnog rada. Također, smanjen je trošak proizvodnje po komada za 5,39 € zbog boljeg iskorištenja materijala i kvalitete obrade što doprinosi povećanju profitne marže i poboljšava profitabilnost. Vodeće vrijeme smanjeno je za 7 minuta, a taktno vrijeme za 9 minuta. Manje vodeće vrijeme, isto kao i kod ručno upravljane stolne pile i CNC raskrajača, dovodi do bržeg dovršavanja proizvodnih serija i omogućuje bržu isporuku, dok smanjeno taktno vrijeme povećava brzinu proizvodnje i omogućuje bolju prilagodbu zahtjevima tržišta.

Ključni pokazatelji uspješnosti prikazani su i grafički u programu EXCEL pomoću dodatka ChartExpo. Trošak proizvodnje po kompletu, vodeće i taktno vrijeme uzimaju se recipročne vrijednosti kako bi površina koja se dobije u grafu bila ekvivalent poboljšanja ključnih pokazatelja uspješnosti i time samog proizvodnog sustava.



Slika 35. Grafički prikaz unutar dodatka EXCEL programu ChartExpo - Paukov graf KPI-ova viševretene bušilice i CNC obradnog centra

5.2. Financijska analiza

5.2.1. Investicija u CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200

Tablica 21. Trošak nabave CNC raskrajača

Cijena stroja	68.998,00 €
Pakiranje	910,00 €
Transport i osiguranje transporta	1.800,00 €
Montaža, puštanje u rad i obuka	3.640,00
Ukupni trošak:	75.345,00 €

Teorijsko povećanje prihoda pri maksimalnom iskorištenju proizvodnog kapaciteta za prodaju cijenu od 30 € po kompletu ploče i police školske klupe iznosi:

$$5760 \times 30 \text{ €} = 172.000,00 \text{ €/mj.}$$

Realno povećanje prihoda pri proizvodnji po prosječnoj mjesečnoj potražnji na tržištu:

$$400 \times 30 \text{ €} = 12.000,00 \text{ €/mj.}$$

Bruto profitabilnost nakon modernizacije iznosi: $30 \text{ €} - 19,61 \text{ €} = 10,39 \text{ €}$

Teorijski mjesečni bruto profit pri maksimalnom iskorištenju proizvodnog kapaciteta:

$$10,39 \text{ €} \times 5760 = 59.846,40 \text{ €/mj.}$$

Realan mjesečni bruto profit pri proizvodnji po prosječnoj mjesečnoj potražnji na tržištu

$$10,39 \text{ €} \times 400 = 4.156 \text{ €/mj.}$$

Teorijski Povrat investicije (ROI):

$$\text{ROI} = (\text{Dobit od investicije} - \text{Trošak investicije}) / \text{Trošak investicije} \times 100\%$$

$$\text{Godišnji bruto profit od investicije} = 59.846,40 \text{ €} \times 12 \text{ mjeseci} = 718.156,80 \text{ €}$$

$$\text{Trošak investicije} = 75.345 \text{ €}$$

$$\text{ROI} = (718.156,80 \text{ €} - 75.345 \text{ €}) / 75.345 \text{ €} \times 100\% = (642.811,80/75.345) \times 100\% = 853,16\%$$

Realan povrat investicije (ROI):

$$\text{Godišnji bruto profit od investicije} = 4.156 \text{ €} \times 12 \text{ mjeseci} = 49.872,00 \text{ €}$$

$$\text{ROI} = (49872 \text{ €} - 75.345 \text{ €}) / 75.345 \text{ €} \times 100\% = (-25.473/75.345) \times 100\% = -33,81\%$$

Iako je izračunati ROI za prvu godinu negativan to nam ne pruža jasnu sliku o uspješnosti investicije s obzirom na to da je investicija u CNC stroj isplativa na dulji period.

$$\text{Realan bruto profit od investicije za dvije godine} = 4.156 \text{ €} \times 24 \text{ mjeseca} = 99744,00 \text{ €}$$

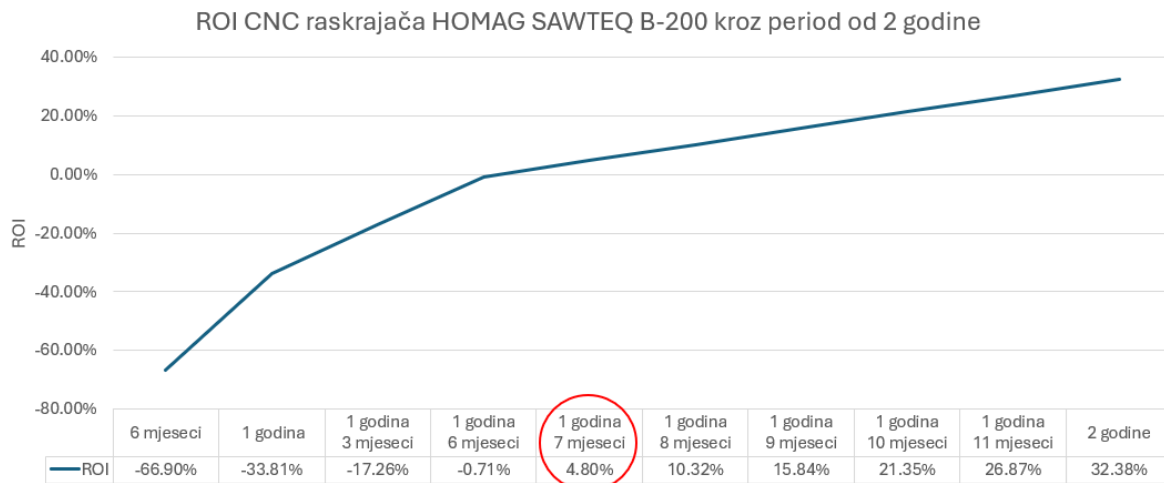
$$\text{ROI} = (99.744 \text{ €} - 75.345 \text{ €}) / 75.345 \text{ €} \times 100\% = (24.399/75.345) \times 100\% = 32,38 \%$$

Povrat investicije od **32,28%** nadmašuje industrijski prosjek što potvrđuje da je investicija u CNC stroj isplativa. Iako je početni trošak od 75.345,00 € može izgledati visoko, ostvarena dobit od 24.399,00 € u *dvije godine* pokazuje da je investicija donijela prihvatljiv povrat.

Realno vrijeme povrata investicije:

$$\text{Vrijeme povrata} = \text{Trošak investicije} / \text{Godišnji bruto profit} =$$

$$75.345 \text{ €} / 49.872 \text{ €} = 1,51 \text{ godina} \approx 1 \text{ godina i 6 mjeseci}$$



Slika 36. Linijski graf promjene ROI za CNC raskrajač kroz period od 2 godine

5.2.2. Investicija u CNC vertikalni obradni centar HOMAG DRILLTEQ V-200

Tablica 22. Trošak nabave CNC obradnog centra

Cijena stroja	70.000,00 €
Pakiranje	5.000,00 €
Transport i osiguranje transporta	
Montaža, puštanje u rad i obuka	
Ukupni trošak:	75.000,00 €

Teorijsko povećanje prihoda pri maksimalnom iskorištenju proizvodnog kapaciteta za prodaju cijenu od 20 € po komadu vrata ormara iznosi: $4200 \times 20 \text{ €} = 84.000,00 \text{ €/mj}$.

Realno povećanje prihoda pri proizvodnji po prosječnoj mjesečnoj potražnji na tržištu:

$200 \times 20 \text{ €} = 4.000,00 \text{ €/mj}$.

Bruto profitabilnost nakon modernizacije: Prodajna cijena – Trošak proizvodnje =

$20 \text{ €} - 11,27 \text{ €} = 8,37 \text{ €}$

Teorijski mjesečni bruto profit pri maksimalnom iskorištenju proizvodnog kapaciteta:

$8,37 \text{ €} \times 4200 = 35.154,00 \text{ €/mj}$.

Realan mjesečni bruto profit pri proizvodnji po prosječnoj mjesečnoj potražnji na tržištu:

$8,37 \text{ €} \times 200 = 1.674,00 \text{ €/mj}$.

Teorijski Povrat investicije (ROI) u periodu od jedne godine:

$$\text{ROI} = (\text{Dobit od investicije} - \text{Trošak investicije}) / \text{Trošak investicije} \times 100\%$$

$$\text{Godišnji bruto profit od investicije} = 35.154 \text{ €} \times 12 \text{ mjeseci} = 421.848,00 \text{ €}$$

$$\text{Trošak investicije} = 75.000 \text{ €}$$

$$\text{ROI} = (421.848 \text{ €} - 75.000 \text{ €}) / 75.000 \text{ €} \times 100\% = (346.848/75.000) \times 100\% = 462,46\%$$

Realan povrat investicije (ROI):

$$\text{Godišnji bruto profit od investicije} = 1.674,00 \text{ €} \times 12 \text{ mjeseci} = 20.088,00 \text{ €}$$

$$\text{ROI} = (20.088 \text{ €} - 75.000 \text{ €}) / 75.000 \text{ €} \times 100\% = (-25.473/75.000) \times 100\% = -73,22\%$$

Iako je izračunati ROI za prvu godinu negativan to nam ne pruža jasnu sliku o uspješnosti investicije s obzirom na to da je investicija u CNC stroj isplativa na dulji period.

$$\text{Realan bruto profit od investicije za četiri godine} = 1.674 \text{ €} \times 48 \text{ mjeseca} = 80.352,00 \text{ €}$$

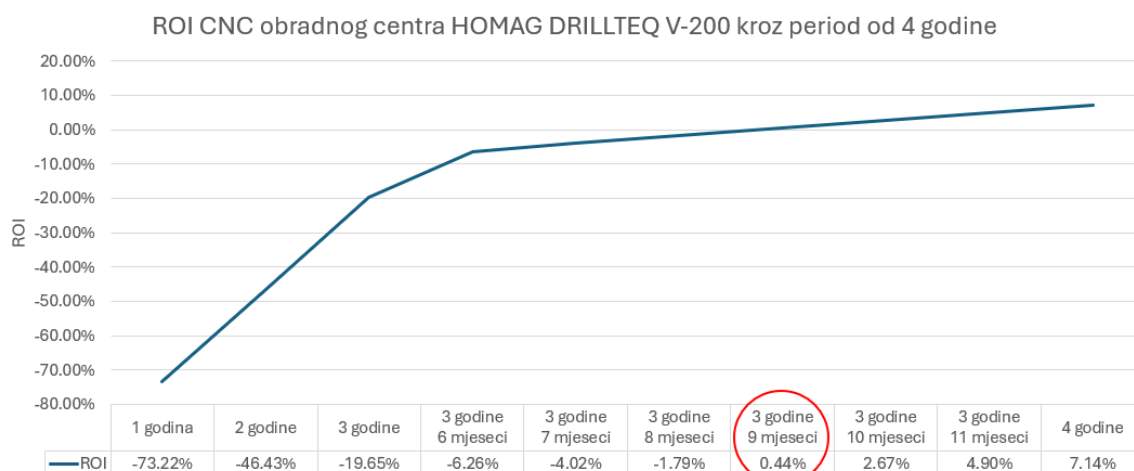
$$\text{ROI} = (80.352 \text{ €} - 75.000 \text{ €}) / 75.000 \text{ €} \times 100\% = (5.352/75.345) \times 100\% = 7,14\%$$

Povrat investicije od 7,14% u četverogodišnjem razdoblju pokazuje da je investicija pozitivna i donosi povrat. Iako je ROI relativno skromniji, investicija je i dalje isplativa.

Realno vrijeme povrata investicije:

$$\text{Vrijeme povrata} = \text{Trošak investicije} / \text{Godišnji bruto profit} =$$

$$75.000 \text{ €} / 20.088 \text{ €} = 3,73 \text{ godina} \approx 3 \text{ godine i 9 mjeseci}$$



Slika 37. Linijski graf promjene ROI za CNC obradnog centra kroz period od 4 godine

6. ZAKLJUČAK

Provođenje analize isplativosti investicije u nove CNC strojeve smatra se jednim od ključnih koraka pri pregledu investicije u nove tehnologije, opremu ili procese. Analiza isplativosti modernizacije proizvodnog sustava za proizvodnju namještaja na promatranim strojevima za rezanje panela ploča i strojevima za bušenje provrta i utora, kao što smo pokazali, pruža detaljan uvid u financijske i operativne aktivnosti koje se odvijaju unutar poduzeća ili proizvodnog sustava. Analizom proizvodnih ključnih pokazatelja uspješnosti zaključeno je da investicija u nove CNC strojeve (CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 i CNC vertikalni obradni centar DRILLTEQ V-200) značajno pozitivno doprinosi poduzeću. Uočljivo je poboljšanje ključnih pokazatelja uspješnosti kao što su kapacitet proizvodnje, učinkovitost proizvodnje, smanjenje troška po proizvedenom komadu te skraćivanje vodećeg i taktnog vremena. Poboljšanja ključnih pokazatelja pozitivno utječe na konkurentnost poduzeća na tržištu. Isto tako, pruža poduzeću mogućnost diversifikacije proizvoda te omogućava prostor za daljnji napredak i rast u pogledu tehnologije.

Također, iz financijske analize vidi se povoljan povrat investicije. Izračunati realan ROI za CNC raskrajač iznosi 32,28% u periodu od dvije godine, dok za CNC obradni centar realni ROI je 7,14% za period od četiri godine. Vrijeme povrata investicije za CNC raskrajač je 1 godina i 6 mjeseci, a za CNC obradni centar 3 godine i 9 mjeseci, što je prihvatljivo vremensko razdoblje s obzirom na prednosti koje investicija donosi i veličinu investicije. Konkretnije, iz konačnih rezultata analize kapacitet proizvodnje nakon prijelaza rada na CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200 je povećan za 4960 komada mjesečno, trošak proizvodnje po kompletu je smanjen za 6 €, porast učinkovitosti za 32,25%, smanjenje vodećeg vremena za 73 minute te taktnog vremena za 6 minuta. Kod drugog stroja CNC obradnog centra DRILLTEQ V-200 isto tako vidi se pozitivan utjecaj. Povećanje kapaciteta proizvodnje za 3400 komada mjesečno, smanjenje troška proizvodnje po komadu za 5,49 €, smanjenje vodećeg vremena za 7 minuta i taktnog vremena za 9 minuta. Naravno, uz sve prednosti koje dolaze zajedno s modernizacijom, poduzeće treba biti spremno na sve moguće rizike modernizacije.

Zaključno, na temelju istraživanja provedenog za provođenje analize isplativosti modernizacije, poduzeću se predlaže da bude konstanto u tijeku s novim tehnologijama vezanim uz industriju proizvodnje drvenog namještaja. Također, predlaže se redovita analiza proizvodnih procesa i optimizacija istih, kao i traženje rješenja na potrebnim područjima proizvodnje.

7. LITERATURA

1. „The History and Future of Manufacturing“, dostupno na: <https://www.deskera.com/blog/the-history-and-future-of-furniture-manufacturing/>, pristup 2.7.2024.
2. „Furniture Global Industry Overview“, dostupno na: <https://www.euromonitor.com/furniture-global-industry-overview/report>, pristup 2.7.2024.
3. Chase, R. B., & Jacobs, F. R. (2013). *Operations and Supply Chain Management*. McGraw-Hill Education
4. Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2010). *Operations Management*. Pearson Education
5. Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson Education
6. Brigham, E. F., & Ehrhardt, M. C. (2013). *Financial Management: Theory & Practice*. Cengage Learning
7. Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2019). *Principles of Corporate Finance*. McGraw-Hill Education
8. Brošura klizne stolne pile Altendorf WA80 dostupna na: <https://www.altendorfgroup.com/en/machines/altendorf-wa-80/>, pristup 4.7.2024.
9. Brošura Felder FD21 professional viševretene bušilice dostupna na: <https://www.felder-group.com/en-au/products/drilling-machines-c1959/dowel-boring-machine-fd-21-professional-p3334>, pristup 4.7.2024.
10. Brošura CNC raskrajača HOMAG SAWTEQ B-200 dostupna na: <https://homag.com.cn/static/upload/file/panelsaw-SAWTEQ-B-200-EN-%E8%BD%AC%E6%9B%B2.pdf>, pristup 6.7.2024.
11. „PanelWizard“ dostupno na: <http://panel.com.hr/EngHome.aspx>, pristup 6.7.2024.
12. Brošura CNC obradnog centra HOMAG DRILLTEQ V-200 dostupna na: <https://www.homag.com/en/product-detail/machines/cnc-drilling-and-routing-machining-centers/vertical-cnc-processing-center-drillteq-v-200#technicalData>, pristup 8.7.2024.
13. „woodWOP“ dostupno na: <https://www.homag.com/en/product-detail/software/work-preparation/cnc-programming-software-woodwop>, pristup 8.7. 2024.

8. PRILOZI

1. Službena ponuda za CNC raskrajač HOMAG SAWTEQ B-200
2. Službena ponuda za CNC vertikalni obradni centar DRILLTEQ V-200

HOMATEH d.o.o. za trgovinu i usluge, 4. Trnjanski nasip 18, 10000 Zagreb, Hrvatska
 tel: 00385 1 611 54 55, fax: 00385 1 615 59 30, mob: 00385 98 349 947, e-mail: zoran@homateh.hr
 e-mail: homateh@homateh.hr



TEDING d.o.o.
 Karlovačka cesta 187
 10020 Zagreb

Zagreb, 23.05.2019.

PREDMET: HOMAG HORIZONTALNI RASKRAJAČ

Broj ponude : 163815
 Predmet ponude: HORIZONTALNI RASKRAJAČ HOMAG
 Tip: SAWTEQ B-200 (HPP 200/32/32)

CIJENA STROJA SA OPCIJAMA	68.995,00 EUR
Pakiranje	910,00 EUR
Transport i osiguranje transporta	1.800,00 EUR
Montaža, puštanje u rad i obuka	3.640,00 EUR
UKUPNO	75.345,00 EUR
PDV 25%	18.836,50 EUR
SVE UKUPNO	94.181,50 EUR

Svi iznosi se preračunavaju u HRK po prodajnom tečaju ZAGREBAČKE BANKE d.d. na dan pojedinačne uplate.
 Isporuka : ca. 8 tjedana od primitka uplate avansa.
 Garancija: 12 mjeseci od potpisa primopredajnog zapisnika.
 Plaćanje: 30 % avans (po pismenoj potvrdi narudžbe)
 70 % prije isporuke stroja.
 Prilažemo originalnu njemačku ponudu.
 Istovar stroja osigurava kupac.
 Ponuda vrijedi 3 mjeseca.

Sa poštovanjem,

HOMATEH d.o.o.
 Direktor:
 Irfan Merdanić dipl. ing. stroj.
 Mob: 098 175 176
 Mail: irfan@homateh.hr

HOMATEH d.o.o.
 OIB: 53515437502
 10000 Zagreb

HOMATEH d.o.o.
 Zoran Đurica dipl. ing. stroj.
 Mob: 098 / 349 – 947
 mail: zoran@homateh.hr

Upis u registar Trgovačkog suda u Zagrebu Tt-13/14590-4, pod brojem (MBS): 080856565,
 Temeljni kapital 100.000,00 kn uplaćen u cjelosti, MB:4058704, OIB: 53515437502, Direktor: Irfan Merdanić
 PDV ID. broj: / UMST-ID-Nr.: HR53515437502
 Žiro račun 1: ZAGREBAČKA BANKA D.D.: IBAN: HR5823600001102378621,
 DEVIZNI RAČUN 1: ZAGREBAČKA BANKA D.D.: SWIFT: ZABAHR2X, IBAN: HR5823600001102378621
 Žiro račun 2 : OTP BANKA D.D. IBAN: HR6224070001100498954,
 DEVIZNI RAČUN 2: OTP BANKA D.D.: SWIFT: OTPVHR2X, IBAN: HR6224070001100498954



HOMATEH d.o.o. za trgovinu i usluge, 4. Trnjanski nasip 18, 10000 Zagreb, Hrvatska
 tel: 00385 1 611 54 55, fax: 00385 1 615 59 30, mob: 00385 98 349 947, e-mail: zoran@homateh.hr
 e-mail: homateh@homateh.hr

HOMATEH
 partner
HE HOMAG

Zagreb, 02.11.2023.

TEDING d.o.o.
 Karlovačka cesta 187,
 10020 Zagreb

PREDMET: PONUDA ZA VERTIKALNI CNC OBRADNI CENTAR HOMAG S VAKUMSKIM PODIZAČEM

Broj ponude : 556106
 Predmet ponude: VERTIKALNI CNC OBRADNI CENTAR HOMAG S VAKUMSKIM PODIZAČEM
 Tip: DRILLTEQ V-200 (OPTIMAT BHX050) + HE-VPL250/1700-P

UKUPNO SA OPCIJAMA	75.000,00 EUR
PDV 25%	18.750,00 EUR
SVE UKUPNO	93.750,00 EUR

Isporuka : ca. 21 tjedana od primitka uplate avansa.
 Garancija: 12 mjeseci od potpisa primopredajnog zapisnika.
 Plaćanje: 30 % avans,
 70 % prije isporuke stroja.
 Istovar stroja osigurava kupac.
 Ponuda vrijedi 6 tjedana.

Sa poštovanjem,

HOMATEH d.o.o.
 Direktor:
 Irfan Merdanić dipl. ing. stroj.
 Mob: 098 475-176
 Mail: irfan@homateh.hr

HOMATEH d.o.o.
 OIB: 53515437502
 10000 Zagreb

HOMATEH d.o.o.
 Zoran Đurica dipl. ing. stroj.
 Mob: 098 / 349 – 947
 mail: zoran@homateh.hr

Upis u registar Trgovačkog suda u Zagrebu Tt-13/14590-4, pod brojem (MBS): 080856565,
 Temeljni kapital 100.000,00 kn uplaćen u cjelosti, MB:4058704, OIB: 53515437502, Direktor: Irfan Merdanić
 PDV ID. broj: / UMST-ID-Nr.: HR53515437502
 Žiro račun 1: ZAGREBAČKA BANKA D.D. IBAN: HR5823600001102378621,
 DEVIZNI RAČUN 1: ZAGREBAČKA BANKA D.D.: SWIFT: ZABHR2X, IBAN: HR5823600001102378621
 Žiro račun 2 : OTP BANKA D.D. IBAN: HR6224070001100498954,
 DEVIZNI RAČUN 2: OTP BANKA D.D.: SWIFT: OTPVHR2X, IBAN: HR6224070001100498954

