

# Ekonomska opravdanost uvođenja robota u proces proizvodnje

---

Lukenda, Dražen

Master's thesis / Diplomski rad

2015

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:939963>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-26**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**

**GRAFIČKI FAKULTET**

**DRAŽEN LUKENDA**

**EKONOMSKA OPRAVDANOST UVOĐENJA  
ROBOTA U PROCES PROIZVODNJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**Zagreb, 2015.**



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

**DRAŽEN LUKENDA**

**EKONOMSKA OPRAVDANOST UVOĐENJA  
ROBOTA U PROCES PROIZVODNJE**

**DIPLOMSKI RAD**

Mentor:

Doc. dr. sc. Branka Lajić

Student:

Dražen Lukenda

Zagreb, 2015.

## **SAŽETAK**

Roboti se sve više uvode u sam proces proizvodnje u tvornicama svih djelatnosti, pa tako i sve češće u grafičkim poduzećima, tvornicama i tiskarama. Sve manja cijena industrijskih robota omogućava proizvođačima da ih sve više koriste umjesto tvorničkih radnika tijekom sljedećeg desetljeća smanjujući tako troškove rada. To znači da će porasti potražnja za obučanim radnicima koji su sposobni upravljati takvom kompleksnom i automatiziranom proizvodnjom.

U ovom radu istražit će se ekonomska isplativost uvođenja robota u proces proizvodnje na primjeru kompanije Model Pakiranja d.d. Kompanija proizvodi široku paletu proizvoda ambalaže od valovitog kartona koja je opremljena visoko učinkovitim proizvodnim strojevima, te je jedna od vodećih proizvođača u Hrvatskoj u pogledu kvalitete, pouzdanosti i inovacije.

Za konačnu analizu i zaključke bit će potrebna radna dokumentacija iz poduzeća prije i poslije uvođenja robota i novog stroja Martin Miniline FFG 618, gdje će se vidjeti koliko je robot i novi stroj utjecao na proizvodni proces. Konačni cilj ovog rada biti će donijeti zaključak o isplativosti robotizacije proizvodnje.

### **KLJUČNE RIJEČI:**

ekonomska opravdanost, robot, stroj, valoviti karton, radna dokumentacija

## **ABSTRACT**

Robots are increasingly being introduced in the process of production in factories of all activities, and thus increasingly in graphic companies, factories and printing houses. Lower prices of industrial robots allows manufacturers to use them increasingly instead of factory workers during the next decade, thus reducing labor costs. That means that demand for skilled workers who are able to manage such a complex and automated production will increase.

The objective of this paper is to explore the economic feasibility of the introduction of robots in the production process on the example of the company Model Packaging Inc. The company produces a wide range of corrugated cardboard, which is equipped with a highly efficient production machines, and is one of the leading manufacturers in Croatia in terms of quality, reliability and innovation.

Working documents from the company, before and after the introduction of robots and new machine Miniline Martin FFG 618, will be necessary for the final analysis and conclusions. They will show influence of the new machine robot on the production process. The final goal of this work will reach a conclusion about the viability of manufacturing robots.

### **KEY WORDS:**

economic validity, a robot , a machine , corrugated cardboard , working documentation

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. TEORIJSKI DIO .....	2
2.1. Model pakiranja d. d. ....	2
2.1.1. Grupacija Model u brojkama .....	4
2.1.2. Certifikat kvalitete ISO 9001 .....	6
2.1.3. Kaizen u Model Pakiranju.....	6
2.1.4. Konkurencija .....	7
2.1.5. Proizvodnja valovitog kartona .....	9
2.1.6. Ekološko zbrinjavanje.....	13
2.2. Novi stroj Martin – Miniline FFG 618 .....	13
2.2.1. Ulagači robot PAL FFG II .....	15
2.2.1.1. Zaštite.....	19
2.2.1.2. Kvalificiranost radnika.....	21
2.2.2. Pakerica SIGNODE .....	22
2.2.2.1. Dimenzije stroja .....	23
2.2.2.2. Specifikacije stroja .....	24
3. EKSPERIMENTALNI DIO.....	26
3.1. Troškovi investicije .....	26
3.2. Analiza ušteta .....	37
3.3. Usporedba brzine radnih naloga po vrsti stroja.....	40
3.4. Meki argumenti .....	43
4. REZULTATI I RASPRAVA.....	45
5. ZAKLJUČAK.....	47
6. POPIS LITERATURE .....	48
7. POPIS SLIKA .....	49
8. POPIS TABLICA .....	50
9. POPIS GRAFIKONA .....	51

## 1. UVOD

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti na koji način se ulaganjem u nove strojne i proizvodne inovacije dolazi do optimiziranja proizvodnje. Također, istraživanjem s ekonomskog aspekta će se utvrditi koliko je potrebno vratiti uloženo proširenjem i moderniziranjem svojih proizvodnih kapaciteta s robotskom automatizacijom.

Detaljno će se obraditi prednosti i nedostaci uvođenja novog stroja Martin Miniline FFG 618, ulagače i izlagače robote PAL FFG II, te će se opisati tehničke karakteristike svakog od njih. Dobrim marketingom i zadržavanjem postojećih poslovnih dogovora, s ciljem učvršćivanja pozicije na svim tržištima na kojima se posluje, lakše se ulazi u modernizaciju poduzeća. Analizom radne dokumentacije utvrdit će se može li se kvaliteta procesa proizvodnje valovitog kartona i samog proizvoda poboljšati robotikom i zaključiti ekonomska isplativost ulaganja u robotiku.

Metode i istraživanje zasnivat će se na analizi koje je poduzeće Model Pakiranja d. d. radilo pri izračunu prije robota, uz potrebnu dokumentaciju iz poduzeća da bi se sumarno zaključila ekonomska vrijednost i isplativost poslovanja za vrijeme prije novog stroja i robotizacije. Analizom radnih tokova s robotom stvorit će se sinteza rezultata, te će se povući paralela i dobiti odgovori koliko je poboljšana i unaprijeđena kvaliteta dobivenog proizvoda, proizvodnog procesa i samog poduzeća. Takvom investicijom poduzeće radi veliki iskorak i postaje prvi proizvođač valovitog kartona u regiji.

Također, snimio se i dokumentirao radni tok novog stroja i robota u tvornici koji je pohranjen na CD-u koji je priložen uz ovaj rad.

## **2. TEORIJSKI DIO**

U ovoj cjelini se opisuje poduzeće Model Pakiranja d. d. gdje su se radila istraživanja za rad. Opisat će se sama povijest poduzeća, način poslovanja i proizvodnja ambalaže od valovitog kartona. Također će se opisati tehničke funkcije novog stroja Martin Miniline FFG 618, robota PAL FFG II proizvođača Ducker Robotics i pakerice ISB 13 MONO proizvođača Signode koji su kupljeni i uvedeni u proizvodnju 2014. godine.

### **2.1. Model pakiranja d. d.**

Model Pakiranja d.d. nalazi se na zagrebačkom Žitnjaku, na adresi Kanalski put 14a. Postala je članica Model Grupe 2001. godine kada preuzimaju tvornicu valovitog kartona Lovinčić d.d. Model Holding AG je holding kompanija Model Grupe. Obitelj Model je vlasnik 100% dionica. Poduzeće proizvodi široku paletu proizvoda ambalaže od valovitog kartona i rješenja za kartonske stalke (displaye). Opremljena je visoko učinkovitim proizvodnim strojevima. U Grupaciji postoji 16 tvornica, a sedam ih proizvodi valoviti karton, isti proizvod koje stvara poduzeće u Zagrebu, sedam tvornica se bavi proizvodnjom tvrdog kartona, poput kutija za igračke, kutija za cigarete, parfeme, pića, a dvije tvornice proizvode papir. Grupacija je podijeljena na regije. Zapadna regija okuplja Njemačku i Švicarsku, a u srednjoj i istočnoj Europi posluju Češka, Poljska i Hrvatska. Pogoni u tvornici su opremljeni visokoučinkovitim strojevima za proizvodnju valovitog kartona renomiranih poduzeća. Ključni stroj je za izradu valovite ljepenke Agnati 2200 na kojem se može proizvoditi valove B, C, E, BE, BC. Na raspolaganju imaju i doradne strojeve, Martin Midline 924, Martin Miniline FFG 618, dva Bobsta SPO 160 s dvije i četiri boje, Sloter Klet 3600 i dvije ljepilice Bobst 1450 te nekoliko manjih doradnih strojeva za šivanje, krojenje i lijepljenje. Za pripremu boja koriste modernu kompjuteriziranu mješavinu boja te opremu za preciznu kontrolu nijanse (spektrofotometar).



Tvornica je jedna od vodećih proizvođača u Hrvatskoj u pogledu kvalitete, pouzdanosti i inovacije. Model Pakiranja je poduzeće usmjerena na procese i fokusirana na brzo, besprijekorno i učinkovito izvršenje narudžbi svojih kupaca. Poduzeće posluje internacionalno, u Sloveniji, Mađarskoj, BiH, Srbiji i Austriji. Proizvodni kapacitet poduzeća godišnje iznosi 50 milijuna m<sup>2</sup> i trenutno ima 150 zaposlenih ljudi. [1]



*Slika 1 Model Pakiranja d.d. na Žitnjaku.*

*Izvor: <http://www.modelgroup.com/hr/about/locations/model-pakiranja-dd>*

Poduzeće nudi i vrhunske usluge pakiranja iz skladišta, a zove se Pack Shop. Pomoćna oprema za pakiranje i standardna pakiranja različitih dimenzija mogu se i u malim količinama u svakom trenutku isporučiti iz skladišta na različite lokacije. U online Pack Shopu mogu se jednostavno i brzo naručiti prikladna ambalaža za otpremu, transport i drugi ambalažni artikli. Kupac prema različitim kriterijima u asortimanu može tražiti razne ambalažne artikle koji najbolje odgovaraju njegovim potrebama. Glavna uloga usluge Pack Shop-a uključuje i garantiranu raspoloživost i brzu pravovremenu isporuku.



*Slika 2 Proizvodno rješenje za kartonski stalak (display) s poznatim švicarskim tenisačem Stanom Wawrinkom.*

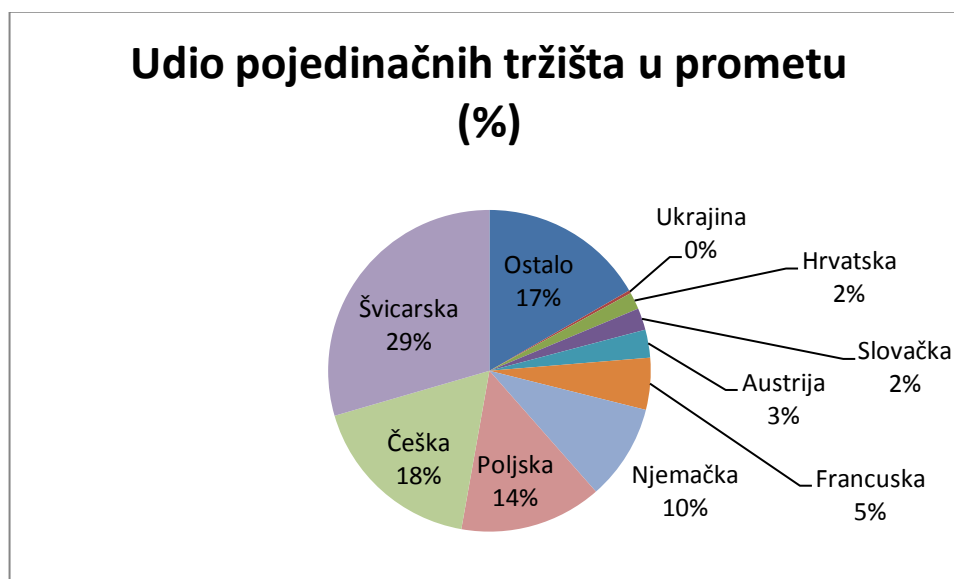
*Izvor: <http://www.modelgroup.com/hr/downloads-hr/brochures>*

Što se tiče samog nastupa na tržištu, već godinama su prepoznati kao pouzdan, kvalitetan partner, a u skladu s tim su i određene referencije koje imaju. Model Pakiranja surađuju s najvećim proizvodnim grupama koje su trenutno zastupljene na tržištu, jedan od najvećih ili vodećih dobavljača Agrokor Grupe, TDR-a, Coca-Cole, Vindije, Gorenja... [2]

#### 2.1.1. Grupacija Model u brojkama

Gotovo sve poduzeće iz grupacije Model doprinijele su rastu prodaje, a najveći porast zabilježile su tvornice valovitog kartona u Češkoj Republici, Poljskoj i Hrvatskoj. Izuzev u Francuskoj i Ukrajini, prodaja valovitog kartona u okviru cjelokupne industrije ponovno je porasla u gotovo svim europskim zemljama kao što je prikazano u Tablici 1.

Grafikon 1 Udio pojedinih tržišta u prometu (%) [3]



Ipak, ne vidi se svugdje povratak na volumen prodaje zabilježen prije ekonomske krize. Ovo se posebno odnosi na Švicarsku, iako se nakon nekoliko godina pada industrija u 2014. uspjela vratiti u ekspanziju. Uzme li se u obzir skroman pozitivni ekonomski rast, količine valovitog kartona su se uspjele podići za ukupno 6,5%. Domaća tržišta u Švicarskoj, Češkoj Republici, Poljskoj i Hrvatskoj najviše su doprinijeli ovome rastu, dok je prodaja izvoznom tržištu u Ukrajini, Austriji i Njemačkoj pala. [3]

Tablica 1 Porast grupacije Model kroz godine [3]

Grupacija Model	2014.	2013.	2012.
Konsolidirani promet u milijunima CHF	709,1	688,7	632,8
Investicije u milijunima CHF	60,3	49,7	47,5
Proizvodnja valovitog kartona u milijunima m <sup>2</sup>	757	710	643
Proizvodnja ambalaže od kaširanog valovitog kartona u milijunima m <sup>2</sup>	36,8	35,7	32,9
Valoviti karton u tonama	28.200	29.100	27.600
Karton za ambalažne kutije u tonama	354.800	348.000	338.300
Prosječan broj zaposlenika	3.251	3.158	3.118

### 2.1.2. Certifikat kvalitete ISO 9001

Model Pakiranja d.d. posjeduje certifikat kvalitete ISO 9001. Certifikat ISO 9001 je potvrda o uspješnom zadovoljavanju zahtjeva međunarodne norme ISO 9001 *Sustavi upravljanja kvalitetom*. Organizacije koje posjeduju certifikat ISO 9001 dokazuju uspješno implementiran sustav upravljanja kvalitetom u svojoj organizaciji. Organizacije mogu imati uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema zahtjevima norme ISO 9001, ali tek postupkom certifikacije dokazuju da je taj sustav uspješno implementiran i na tako njihovi klijenti i ostali sudionici na tržištu mogu imati povjerenje u uvedeni sustav upravljanja kvalitetom. Uvođenje sustava upravljanja kvalitetom treba biti strateška odluka organizacije. Na uvođenje i primjenu sustava upravljanja kvalitetom utječe okruženje organizacije, ciljevi organizacije, proizvodi koje nudi, uspostavljeni procesi, organizacijsko ustrojstvo i tržište na kojem organizacija djeluje. [4]

Pregled svih lokacija u grupaciji Model otkriva što isporučuje svaka od njih, koje tehnologije i certifikate posjeduju. Jedna od njih je i naravno Model Pakiranja d.d. i ona se bavi proizvodnjom valovitog kartona. Vrste tiska su fleksotisak, "flatbed die-cutting" i "inline die-cutting". Od certifikata posjeduje ISO 9001. Norma ISO 9001 promiče prihvaćanje procesnog pristupa, kad razvoj, primjena i poboljšavanje učinkovitosti sustava upravljanja kvalitetom povećavaju zadovoljstvo kupca ispunjavanjem njegovih zahtjeva. Sustavom upravljanja kvalitetom prema normi ISO 9001 organizacija dokazuje svoju sposobnost dosljednog dobavljanja proizvoda koji ispunjava zahtjeve kupca i zahtjeve zakona i propisa.

### 2.1.3. Kaizen u Model Pakiranju

Poduzeće je krenulo u poslovno unapređenje ovom japanskom poslovnom filozofijom života i rada 2012. godine Kaizen označava dakle težnju stalnog poboljšanja i pri tome se ne misli na radikalnu promjenu procesa proizvodnje. Cilj kaizen filozofije je smanjenje gubitaka unutar poduzeća, tj. eliminacija

momenata koji uključuju troškove a da se tako ne generiraju novi troškovi. Ovaj način razmišljanja se ne odnosi samo na radno mjesto u poduzeću već obuhvata i dobavljače i zdravlje pojedinih radnika a može se primijeniti i općenito na cjelokupan način razmišljanja jedne osobe koja teži za konstantnim poboljšanjem kvalitete svoga života. Razni krugovi kaizen postupaka podrazumijevaju razne stalne krugove koji dovode do velikog broja unapređenja. [5]

#### 2.1.4. Konkurencija

Poduzeće u Hrvatskoj ima nekoliko konkurentskih tvornica koje proizvode kartonsku ambalažu, a to su Valoviti papir - Dunapack d.o.o., Bilokalnik IPA d.d. i Belišće d.d.

#### VALOVITI PAPIR - DUNAPACK D.O.O.

Valoviti papir - Dunapack d.o.o. osnovan je 2001. godine sa sjedištem u Zagrebu i sastavni je dio Prinzhorn Holdinga, sa sjedištem u Beču. Tvornica je sa svojim proizvodima prepoznatljiva, ne samo na tržištu Republike Hrvatske, nego i šire regije, gdje prvenstveno treba istaknuti tržište Slovenije, Austrije i Mađarske, te susjedne Bosne i Hercegovine. [6]



*Slika 3 Tvornica valovitog kartona Dunapack d.o.o.*

Izvor: [http://www.dunapack.hr/servlet/SLitedp?search\\_f=index\\_hr.html](http://www.dunapack.hr/servlet/SLitedp?search_f=index_hr.html)

Valoviti papir Dunapack d.o.o. u većinskom je vlasništvu mađarskog Dunapack Ltd, a pogon u Zaboku je počeo radom 2003. godine. U izgradnju je uloženo 23 milijuna eura, a poduzeće zapošljava 140 djelatnika i osim na hrvatskom tržištu, prisutna je i na tržištima Slovenije, BiH, Srbije, Mađarske, Austrije i Italije. Poduzeće Valoviti papir Dunapack d.o.o ima uspostavljen sustav upravljanja kvalitetom prema ISO normi 9001:2008. Glavni proizvod je ambalaža od valovitog papira, u što spadaju višeslojne kartonske ploče, transportne kutije, razne kartonske stalaže, štancane ambalaže uglavnom za potrebe prehrambene industrije te razni modeli kaširane ambalaže. [7] Tvornica ima kapacitet 50000 t valovite ljepenke godišnje. Za tvornicu Dunapack željeznička povezanost je presudna, u tu svrhu je i izgrađen željeznički ogranak od zabočkog kolodvora. Sirovine se prevoze željezničkim transportom, dok se cestovni transport prvenstveno koristi za distribuciju i otpremu proizvedene robe.

#### BILOKALNIK IPA D.D.

Bilokalnik IPA d.d. je tvornica u Koprivnici osnovana 2006. godine spajanjem matičnog društva Bilokalnik d.d. i ovisnog društva Bilokalnik IPA d.d. u jedinstveni poslovni subjekt. Tvornica se nalazi na lokaciji stare pilane izgrađene 1957. godine. Godine 2010. Duropack A.G. iz Beča postaje većinski vlasnik Bilokalnika. BILOKALNIK - IPA d.d. stabilno je poduzeće koje zapošljava 168 zaposlenika, prepoznatljivo na domaćem i inozemnom tržištu ambalaže od valovitog kartona sa stalnom težnjom za razvijanje proizvodnog i prodajnog programa, stabilnosti na tržištu, povećanjem konkurentnosti s intencijom osiguranja zaposlenosti svih kapaciteta te zadržavanja postojeće zaposlenosti u smislu osiguranja efikasnosti poslovanja i profitabilnosti na svim poslovnim segmentima, pridržavajući se istovremeno visokih standarda zaštite okoliša. [8]

Bilokalnik - IPA je među prvima uvela sustav upravljanja kvalitetom proizvodnje po normi ISO 9001:2000, "LLOYD' REGISTER QUALITY ASSURANCE" još 2001 godine, kao potrebu stalne orijentacije na kupca i procesni pristup upravljanju, što uz stalna poboljšanja u konačnici daje značajan doprinos

zadovoljstvu svih sudionika u poslovnom procesu. Od iste, ugledne certifikacijske kuće, 2007 godine uvodi i normu ISO 14001:2004, za sustav upravljanja okolišem koji se primjenjuje za proizvodnju valovitog kartona, te razvoj i proizvodnju kutija od valovitog kartona. Proizvodni program se sastoji od složivih kutija, povlačnih kutija, štancane ambalaže i kaširane ambalaže. [7]

#### BELIŠĆE D.D.

Belišće d.d. je kompanija koja posjeduje nekoliko tvornica ambalaže i ambalažnog materijala. U grupi se nalaze, osim tvornice kartonske ambalaže, tvornica poluceluloze i papira, tvornica spiralne ambalaže, tvornica mehaničke prerade drveta, tvornica suhe destilacije drveta i tvornica elektroopreme. Tvornica ambalaže Belišće d.d. posjeduje dva korugatora, Martin DRO 1624 liniju za proizvodnju štancanih kutija, Bobst SPO 1600 automatsku štancu, Martin FFG924 in-line stroj, itd. Proizvodni program se sastoji od transportne ambalaže, vlagootpornu ambalažu (parafirane iznutra), štancane ambalaže u četverbojnom tisku i kaširane ambalaže s višebojnim tiskom. [9]

#### 2.1.5. Proizvodnja valovitog kartona

Papiri se u načelu razlikuju između papira za izradu valova i onih, koji se upotrebljavaju za lijepljenje s valovima. Prvi su papiri za val dok se drugi nazivaju papiri za ravne slojeve, pokrovni papiri ili lineri. Papiri se razlikuju i po podrijetlu papirnih vlakana koji se sastoje od organskih materijala. Papiri izrađeni na bazi primarnih vlakana, sastavljeni su u načelu od celuloznih ili poluceluloznih vlakana. Iz ekonomskih i ekoloških razloga dodaje se kao primjesa do 35% vlakana starog papira. Papiri na bazi starog papira sastoje se od vlakana, koja su dobivena od starog papira različite kvalitete (sekundarna vlakna). Ove razlike su važne za razumijevanje formiranja cijene, fizikalnih svojstava različitih vrsta valovitog kartona i mogućnosti uporabe gotove ambalaže od valovitog kartona. Uobičajeni trgovački nazivi za vrste papira (u redoslijedu kvalitete) su papiri za val ("fluting", papir za val – "wellenstoff", šrenc – "schrenz") i papiri za ravni sloj – "liner" ("kraftliner", "testliner", šrenc). Kod

papira za val, "fluting" je nebijeljeni polucelulozni papir od bjelogoričnog drveta s najmanje 65% udjela primarnih vlakana. Papir za val ili "wellenstoff" je pretežito od sortiranog starog papira. Šrenc je papir od pomiješanog (nesortiranog) starog papira kao što su tiskarski otpadi, sivi karton, kartonski omoti itd. Kod papira za ravni sloj, "kraftliner" je sulfatno – celulozni papir prirodno smeđe boje ili sa izbijeljenim pokrovnim slojem ("white top") izrađen od crnogoričnog drveta s najmanje 80% udjela primarnih vlakana. Testliner je većinom dvoslojni papir izrađen od različitih primarnih vlakana na bazi starog papira, pri čemu pokrovni sloj (lice) sadrži kvalitetniju vlaknastu tvar od naličja. Sastav vlaknastih tvari nije definiran; zato se trebaju definirati i garantirati svojstva čvrstoće. [10]



*Slika 4 Papir za izradu valovitog kartona*

*Izvor: <http://www.modelgroup.com/hr/products>*

Gramatura papira se definira kao težina po kvadratnom metru ( $\text{g/m}^2$ ). Za papire koji se koriste za proizvodnju valovitog kartona gramatura papira se kreće između 100 i 400  $\text{g/m}^2$ . Kao pomoćni materijali kod proizvodnje valovitog kartona upotrebljava se ljepilo, kao modificirani škrob. Za specijalne namjene (otpornost kartona na upijanje vode) upotrebljavaju se posebne recepture i aditivi. Također, kutije od valovitog kartona mogu biti opremljene s trakom za optrgavanje kao pomoć pri otvaranju (sesame tape), za ojačanja kutija te



trakom za izradom ručke. Traka se sastoji od polimernih vlakana i adheziva (hot melt). Traka se postavlja u okomitom smjeru na smjer kretanja stroja.

Valoviti karton se proizvodi na stroju za proizvodnju valovitog kartona. Papir se odmata s role.

Tablica 2 Prosječni podaci papira s role [10]

Težina	2000 – 3000 kg
Duljina trake papira	do 10 km
Širina papira	cca 160 – 350 cm

Odmatanje papira iz role izvodi se na agregatima za odmatanje. Najbitniji na ovim agregatima su automatski kočioni sustavi, koji osiguravaju odmatanje papira pri približno konstantnoj napetosti trake. Zamjena rola obavljaju se na modernim postrojenjima u radu, što znači, ako se jedna rola već gotovo odmotala ili se kod prelaska na drugu kvalitetu valovitog kartona mora staviti drugi papir, ne mora se zaustavljati stroj ili jedan njegov dio, nego se nastavlja dalje (kontinuirani režim rada).

Proizvodnja valovitog kartona može se podijeliti u tri faze:

1. Izrada vala i lijepljenje s papirom za ravni sloj.
2. Proces kaširanja – lijepljenje papira za ravni sloj (lice) na dvoslojni valoviti karton.
3. Rezanje dobivene trake valovitog kartona na ploče.

Zatim, slijedi:

4. Kontrola
5. Proizvodnja gotove ambalaže
6. Transport
7. Skladištenje
8. Održavanje

Glavama se nazivaju sekcije čitavog postrojenja u kojima se preoblikuje papir za val. Preoblikovanje papira pritom se izvodi između jednog para rebrastih valjaka, koji se uz pomoć pare zagrijavaju na temperaturu od 180°C. Neposredno nakon izrade vala, na krune (vrhove) vala se pomoću valjaka za nanošenje ljepila nanosi škrobno ljepilo. Dovodi se prvi papir za ravni sloj uz temperaturu od 160°C i laganim pritiskom pomoću pritisknog valjka sljepljuje se s valovitom trakom. Tako nastali proizvod je dvoslojni valoviti karton. On se na prijelaznom mostu dovodi do agregata za kaširanje. Poprečni rezač ispunjava dvije zadaće. Pomoću rotirajućih tanjurastih noževa, koji su podesivo montirani na pogonskim osovinama, traka valovitog kartona se odvaja u smjeru kretanja stroja. S druge strane se pomoću rotirajućih elemenata za biganje, koji su montirani na isti način kao noževi, izvodi biganje trake. U normalnom slučaju dva biga po formatu (sloter materijal). [7]



*Slika 5 Amerikan kutije*

*Izvor: <http://www.stantech.rs/sr/proizvodi/mašine-za-kartoniranje/iva>*

Kod amerikan kutija od valovitog kartona, dva biga određuju visinu kutije. Ploče za daljnju obradu u postupku štancanja za štancanu kutiju ili podložak

napuštaju stroj bez bigova. Ploče zatim dolaze do automatskog izlagača, u kojem se automatski slažu u kup. Sa međuskladištenjem ili bez njega materijal valoviti karton je spreman za daljnju obradu.

Proizvodna brzina linije za proizvodnju valovitog kartona se kreće između 100 do 300 m/minuti.

#### 2.1.6. Ekološko zbrinjavanje

Zbrinjavanje rabljenih proizvoda od valovitog kartona je neproblematično, utoliko što od ovoga, uglavnom od ambalaže i materijala za apsorpciju udaraca, samo jedan mali dio dolazi iz domaćinstava. Velike količine nastaju tamo, gdje se roba prodaje. Prema analizi to su prodajni centri (supermarketi), robne kuće, mali dućani, obrt, industrija i ugostiteljstvo. Ostala mjesta su proizvodni pogoni, koji kupuju pakirane sirovine, pomoćne materijale i poluproizvode. [10] Prodajni centri i robne kuće posjeduju u pravilu svoje preše za stari papir, kojima se ovi materijali komprimiraju i dovode u oblik bala. To vrijedi i za velike proizvodne pogone, gdje nakupljena količina ovih materijala opravdava investiciju u prešu. Sve drugo se zbrinjava putem trgovine starim papirom. Za primjer, kvota povrata artikla od valovitog kartona u kružnom toku vlaknastih materijala iznosi za cijelu Švicarsku između 90 – 95%.[3]

## 2.2. Novi stroj Martin – Miniline FFG 618

Strojni park se sastoji od glavnih proizvodnih strojeva koji su direktno uključeni u proizvodnju, odnosno nalaze se u toku materijala, te strojeva i uređaja koji nisu direktno uključeni u proizvodnju, ali su neophodni za rad pogona. Slika 7 prikazuje raspored glavnih proizvodnih strojeva, a među njima i poziciju novog stroja Martin – Miniline FFG 618.

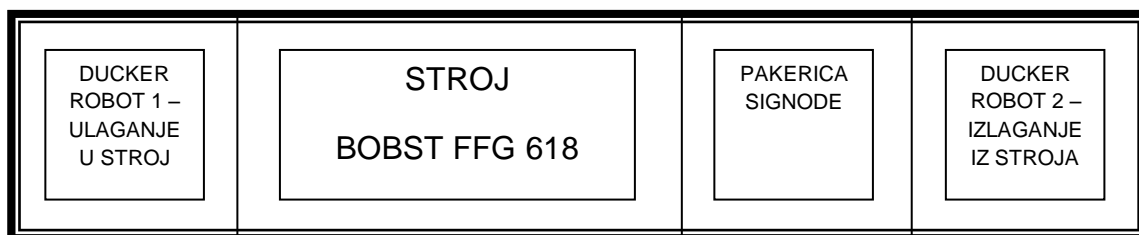


Slika 6 Stroj Martin Miniline Bobst FFG 618 bez ulagačkih i izlagačkih robota

Izvor: <http://www.bobst.com/hren/products/flexo-folding-gluing/flexo-folder-gluers-ffg/overview/machine/ffg-618-quatros/#.Vf1Zm9-qqko>

Na Slici 7 je napravljen tlocrt stroja sa ulagačkim i izlagačkim robotima iz "Ducker Robotics", strojem Bobst FFG 618 i pakericom "Signode". U nastavku rada će se istražiti isplativost ulaganja u novi stroj s kompletnim novim pogonom. [11]

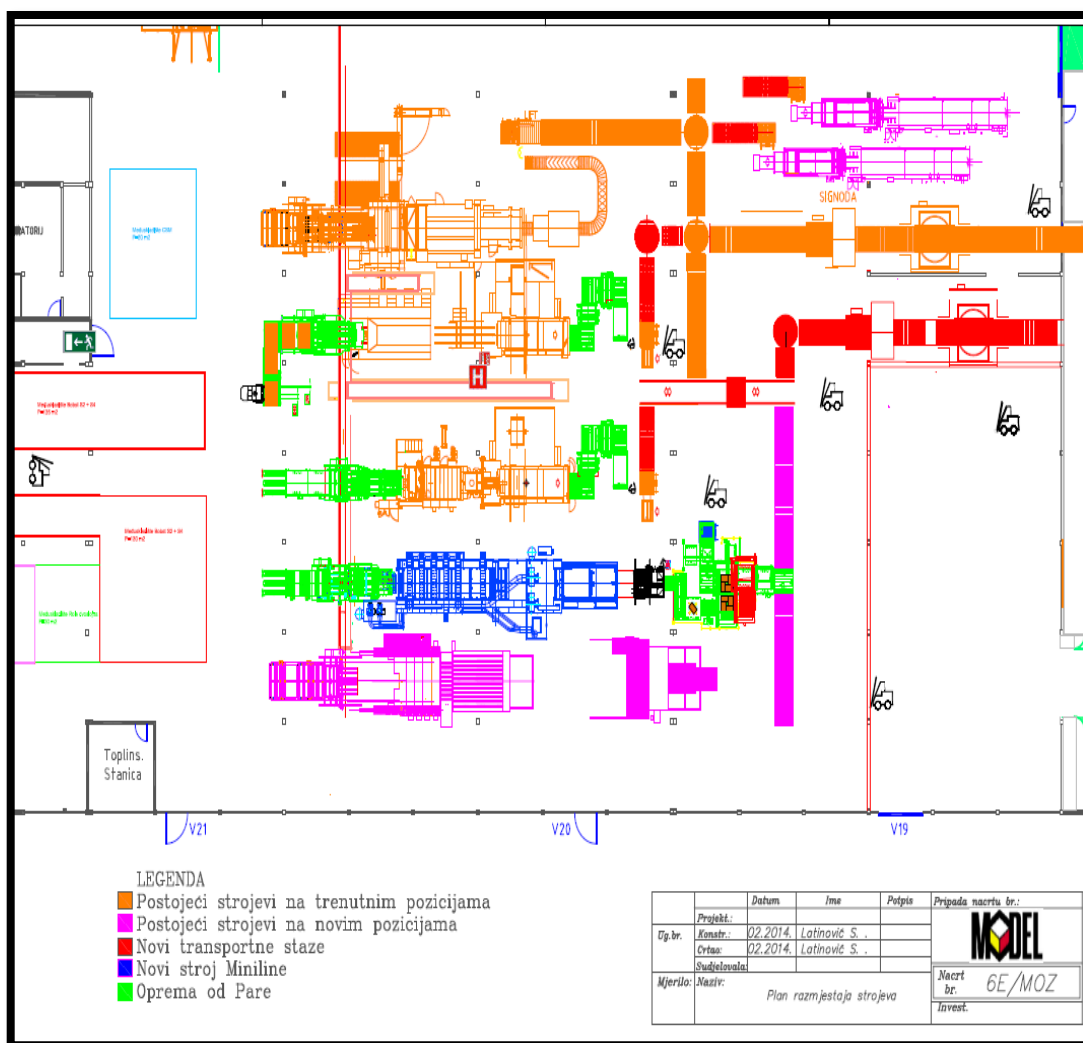
Na Slici 8 tlocrta tvornice se mogu, osim novog stroja Martin – Miniline FFG 618 vidjeti pozicije postojećih strojeva na trenutnim pozicijama, postojećih strojeva na novim pozicijama, nove transportne staze i oprema od "Pare".



Slika 7 Tlocrt stroja Martin – Miniline FFG 618

Izvor: autor

Transporteri i paletizacija "Para" je važan kotačić proizvodnog procesa novog stroja. Smješten je prije ulagačkog robota i poslije izlagačkog robota.



Slika 8 Tlocrt tvornice poduzeća Model Pakiranja d. d.

Izvor: Autor, dokument dobiven iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

### 2.2.1. Ulagачi robot PAL FFG II

Robot je tako konstruiran da pri radu i izvođenju radnji regulacije i održavanja, na način kako je to predvidio proizvođač, ne dovodi osobe u opasnost. Prihvaćene mjere imaju za cilj eliminiranje opasnosti od nesreća tijekom predviđenog vijeka trajanja robota, uključujući faze montaže i demontaže. Robot je osmišljen za paletiranje kartona i može funkcionirati samo tako. U korištenju

roboti nisu potrebni veći napori od strane radnika jer se sustavi upravljanja sastoje od gumba, a ne ručica, volana itd. U načinu funkcioniranja u automatskom ciklusu, radnik je posve lišen obaveze, osim kao nadglednik. Neposredni zvučni tlak dok stroj radi je otprilike 80 dB (A). Mjerenje je obavljeno u blizini kontrolne ploče (radni položaj) i 1,6 m od tla fonometrom prema normi ANSI S1.4.1971.



*Slika 9 Ulagači robot PAL FFG II*

*Izvor: Autor, slikano u tvornici Model Pakiranja*

Ulagači robot PAL FFG II je projektiran i konstruiran vodeći računa o potrebama transporta pa ga je moguće demontirati na različite dijelove, ovisno o tipu i uz korištenje prikladnih sustava za premještanje. Izbornik na komandama omogućuje odabir načina ciklusa u kojem želimo da robot radi. Kod promjene načina rada ne postoji mogućnost pogrešnih pokreta ili funkcija. Glavni strujni krug je osmišljen tako da se izbjegnu opasne situacije, a posebice nagla

pokretanja, sprječavanje zaustavljanja stroja i neučinkovitost zaštitnih uređaja. Rizici od pada i izbacivanja predmeta ne postoje. 6 bara je potrebno za funkcioniranje pneumatskih dijelova. U svom normalnom radu tretira materijale visokim temperaturama. Temperature na otkrivenim dijelovima stroja su podnošljive za dodir čovjeka i ne postoje komponente s temperaturama nižim od 0°C. Opremljen je signalizacijom procesnog alarma sa svjetlećim lampicama i zvukom. [12]



*Slika 10 Robot Kawasaki ZD 250 S*

*Izvor. <http://www.duecker-robotics.com/en/robotic-palletiser-palFFGII.html>*

Poduzeće "Ducker Robotics" gdje je napravljen robot 2014. godine, kao glavni dio koristi robot "Kawasaki ZD 250 S.

Ulagač PAL FFG II je sastavljen od:

1. Robota Kawasaki ZD 250 S
2. Hvataljka za pakete

3. Uređaja za centriranje paketa
4. Uređaja za udvostručavanje paketa
5. Uređaja za osnovne listove i isponu
6. Područja odlaganja



*Slika 11 Hvataljka za pakete, uređaj za centriranje paketa i uređaj za udvostručavanje paketa (slike s lijeva na desno, gornji red); uređaj za osnovne listove i isponu i područje odlaganja (slike s lijeva na desno, donji red)*

*Izvor: <http://www.duecker-robotics.com/en/robotic-palletiser-palFFGII.html>*

## HVATALJKA ZA PAKETE

Hvataljka je opremljena sustavom autodimenzioniranja za hvatanje kutija, koji se pokreće automatski prilikom određivanja postavki stroja kad se obavlja promjena proizvodnje. Hvataljka je opremljena vilama koje pokreće motor koji omogućuje zahvaćanje pojedine kartonske kutije ili više kutija.



## UREĐAJ ZA CENTRIRANJE PAKETA

Valjčani uređaj za centriranje opremljen je dvjema pregradama za centriranje paketa i kontrolu njegove veličine, budući da je opremljen koderom za kontrolu dimenzija paketa. Dva držača paketa služe za usmjeravanje ulaska paketa u uređaj za centriranje i za zaustavljanje u zoni podizanja paketa hvataljkom. Uređaj za centriranje osigurava usklađivanje paketa prije nego ga podigne hvataljka.

## UREĐAJ ZA UDVOSTRUČAVANJE PAKETA

Uređaj za udvostručavanje paketa služi za udvostručavanje paketa s ciljem da se stavljaju jedan iznad drugog i tako poveća kapacitet proizvodnje, s mogućnošću okretanja slojeva.

## UREĐAJ ZA OSNOVNE LISTOVE I ISPUNU

Uređaj za osnovne listove i ispunu na dvije etaže omogućuje da imamo različite mjere za dva lista. Palete s lopaticom omogućuju poboljšano listanje lista kad se podigne.

## PODRUČJE ODLAGANJA

Serijske trake koje služe za oblikovanje paleta i za pražnjenje. Njima upravlja indukcijski motor s inverterom za upravljanje brzinom i rampama za ubrzavanje i usporavanje.

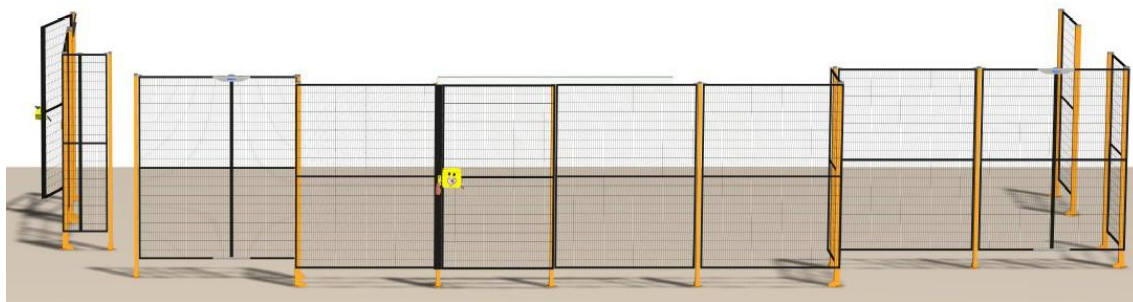
### *2.2.1.1. Zaštite*

Robot je u potpunosti okružen zaštitom u vidu metalne mreže. Pristup zaštićenoj zoni moguć je putem vrata ili kapija, koje kontrolira elektromehanički granični prekidač u skladu s mjerama koje određuju norme:

- UNI EN 1088.

- 89/336/EEC

- 72/23/ECC



*Slika 12 Zaštitna ograda oko radnog prostora robota*

*Izvor: <http://www.duecker-robotics.com/en/robotic-palletiser-palFFGII.html>*

Za sprječavanje ulaska u radnu zonu predviđene su kapije koje kontroliraju elektromehanički granični prekidači za izlaz punih paleta s valjčanih konvejera za odlaganje i modalni izbornici s mogućnošću blokiranja ključem na kontroloru robota i na glavnoj električnoj komandnoj ploči, što pridonosi sigurnom radu stroja. Aktiviranje graničnih prekidača i fotoelektričnih barijera djeluje izravno na strujni krug za slučaj nužde (emergency circuit) robota, zaustavljajući ciklus rada u skladu s mjerama koje predviđa "Kategorija 0" norme CEI 60204-1. Dijelovi koji mogu biti izvor opasnosti (zupčanici, remeni, itd.) zaštićeni su fiksnim zaštitama (kućište). Akustični alarm u slučaju nužde je opcionalan.

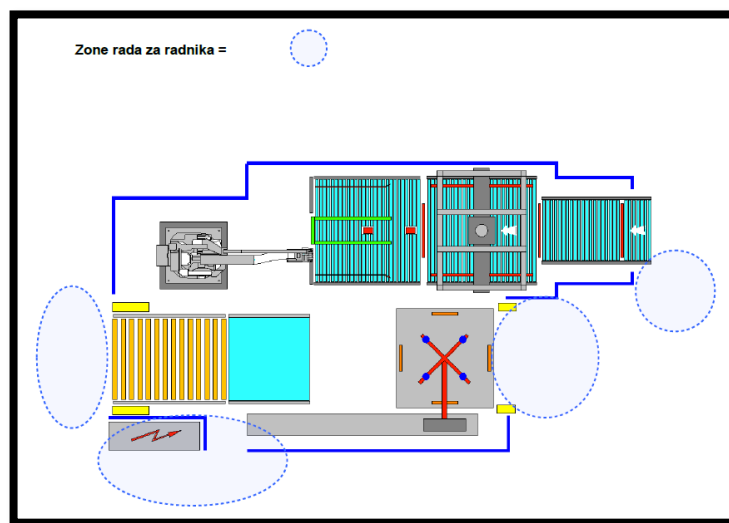


*Slika 13 Vrata koje kontrolira elektromehanički granični  
prekidač*

*Izvor: <http://www.duecker-robotics.com/en/robotic-palletiser-palFFGII.html>*

### 2.2.1.2. Kvalificiranost radnika

Osoblje osposobljeno za obavljanje postupaka pripreme robota i održavanja mora biti informirano i proći odgovarajuću obuku jer različite radnje moraju biti obavljene u ručnom načinu bez zaštitnih uređaja. Posebice mora dobiti informacije koje se tiču sigurnog obavljanja postupaka i nošenja predviđene opreme za osobnu zaštitu. Fazu pripreme robota mora obaviti isključivo ovlašteno osoblje koje posjeduje ključeve i eventualne pristupne kodove koji omogućuju postupke pripreme. [12]



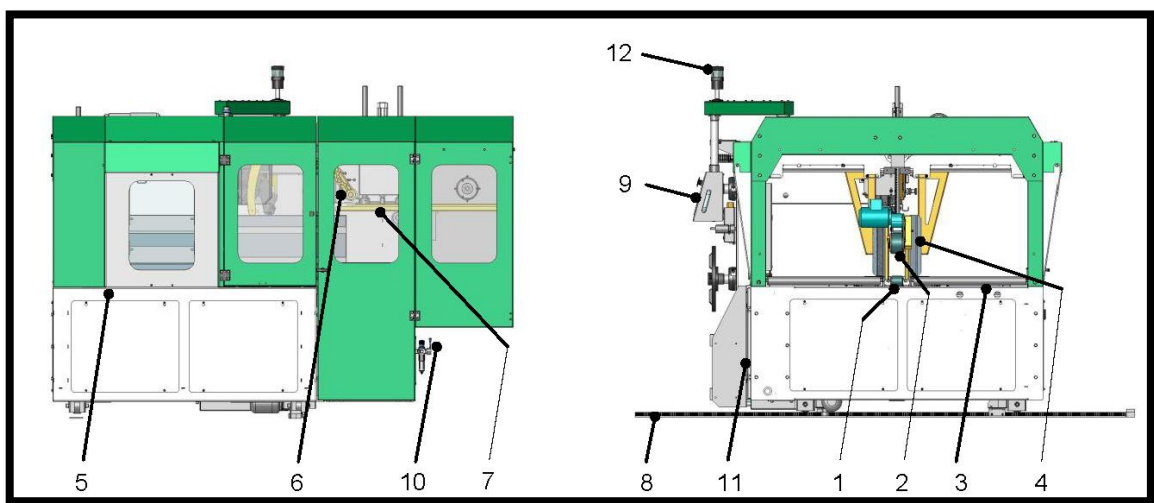
Slika 14 Prikaz zone rada za radnike [12]

Pod kvalificiranim osobljem se podrazumijeva osoblje upoznato s načinima instalacije, montaže, popravka i servisiranja robota i koje raspolaže posebnim tehničkim kvalifikacijama, kao na primjer:

1. Tehničko obrazovanje koje radniku daje ovlasti u skladu sa standardima sigurnosti koji se odnose na opasnosti povezane s prisutnošću električne energije, tlačnih krugova itd.
2. Tehničko obrazovanje ili bilo kakva posebna obuka koja se odnosi na postupke sigurnog korištenja i održavanja robota.
3. Obuka o osnovnim radnjama prve pomoći.

## 2.2.2. Pakerica SIGNODE

Pakerica je stroj koji se ugrađuje nakon stroja Martin Miniline FFG 618 kao što je prikazano na Slici 7. Stroj je namijenjen za vezanje ploča od valovitog papira, preklopljivih kutija i kartona. Pakerica SIGNODE ISB 13 MONO za vezanje ima jednostavan na uvijanje otporan okvir. Radi se o zavarenoj konstrukciji koja se sastoji od šupljih strukturnih elemenata i oblikovanih limenih dijelova. Stroj je lagan za uporabu, fleksibilan, pouzdan i zahtijeva samo minimalno održavanje. Sve operacije se pokreću i nadziru preko kontrolne ploče operatera.



Slika 15 Konstrukcija i funkcija opreme [13]

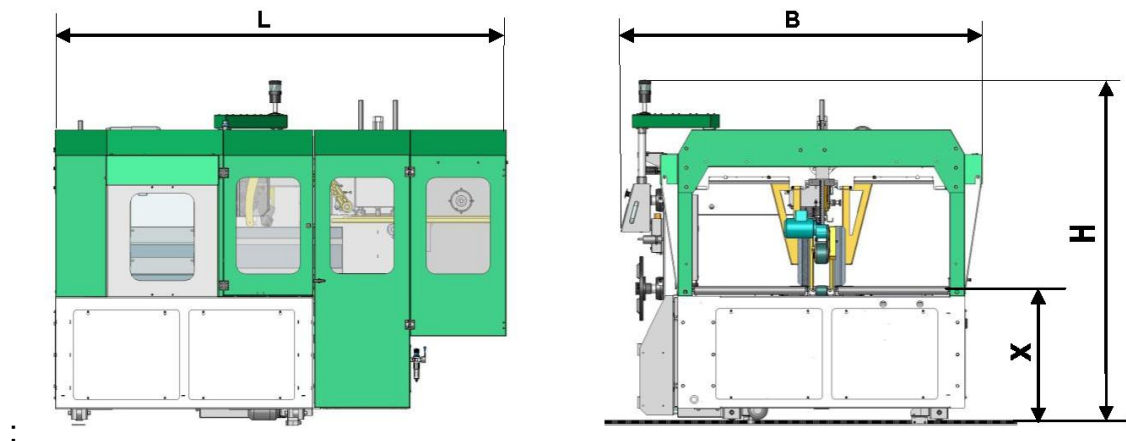
Na Slici 15 je prikazana konstrukcija i funkcija opreme stroja, te su objašnjeni dijelovi:

1. Donja pokretna traka
2. Gornja pokretna traka
3. Valjkasta pokretna traka
4. Bočni elementi za oblikovanje
6. Jedinica za spajanje

7. Kompresijske opruge
8. Podvozje
9. Kontrolna ploča operatera
10. Dovod stlačenog zraka
11. Električko napajanje
12. Svjetlo upozorenja

#### 2.2.2.1. Dimenzije stroja

Pakerica ima tri dimenzije za vezanje valovitog kartona a to su ISB 13 MONO, ISB 16 MONO, ISB 20 MONO. Dimenzije stroja koje koristi poduzeće Model Pakiranja d. d. su ISB 13 MONO. Na Slici 16 i Tablici 3 su prikazane i napisane dimenzije stroja. [13]



Slika 16 Dimenzije stroja [13]

Tablica 3 Dimenzije svih kalupa stroja [13]

Vrsta stroja	Duljina	Širina	Visina	X
	mm / inch	mm / inch	mm / inch	
ISB 13 MONO	2820 / 111	2253 / 88.7	2000 / 78,7	850 -1200 mm 33,5 – 47,2 inch
ISB 16 MONO	2820 / 111	2553 / 88.7		
ISB 20 MONO	3320 / 130,7	2953 / 116,3		

### 2.2.2.2. Specifikacije stroja

U nastavku je prikazana Tablica 4 s prikazom specifikacija stroja Signode ISB MONO; od kapaciteta, vezanja, napajanja, dovoda stlačenog zraka, radnih uvjeta, itd.

Tablica 4 Specifikacije stroja Signode ISB MONO [13]

Kapacitet	Paketi / minuta maks.
S jednim guračem	22
S dva gurača (opcija)	32
Brzina pokretne trake	0,4 – 1m/s
Vežanje	
Contrax	109W 5 mm x 0,42 mm polipropilen (opcija 8,15 x 0,35 mm)
Napajanje	
Izvor napajanja	400 V, trofazni, 50 Hz, 460 V, trofazni, 60 Hz,
Ulazna snaga	3 – 5 kVA
Preporučeni osigurač	16 A

RCCB (preklopnici lutajućih struja)	≥300 mA		
Dovod stlačenog zraka			
	5 – 7 bara, ½“ brzi priključak Potrošnja zraka: maks. 360 l/min.		
Radni uvjeti			
Okolna temperatura	+15°C to +35° C		
Vlažnost	90 % max. (bez rošenja)		
Razina buke			
Razina buke	LPA maks. 83 dB(A) DIN 45635 dio 1 i dio 27		
Masa	ISB 13 MONO	ISB 16 MONO	ISB 20 MONO
	1900 kg	1950 kg	2100 kg

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

U ovom dijelu rada biti će prikazani usporedni podaci proizvođača i tipa stroja te sukladno tome biti će izvedeni zaključci o upotrebi najoptimalnijeg. Također, biti će prikazan usporedan prikaz starog stroja Martin Midline 924 te usporedni prikaz novih strojeva EMBA 175 QS ULTIMA i MARTIN MINILINE FFG 618. Osim navedenog, biti će napravljena usporedba brzine naloga te prikaz mekih argumenata po određenom stroju. Svi podaci, rezultati, analize i zaključci dobiveni su iz dokumentacije poduzeća Model Pakiranja d. d.

#### **3.1. Troškovi investicije**

Poduzeće je 2014. godine odlučilo obnoviti proizvodni pogon i ući u poslovni rizik od nekoliko milijuna eura. Plan je bio zamijeniti postojeći stroj Martin Midline 924 novim. Početnim izborom su bili MINIDRIVE QS – 800 x 2000 proizvođača Sipack, Martin Miniline FFG 618, EMBA 175 QS Ultima i Curioni 618dd. Problem je predstavljala činjenica da stroj mora biti naručen sa svim dodatnim strojevima koji su također jako bitni za sami proces proizvodnje. Razmatralo se koji transporter, automatski ulagač, paletizacija i automatska vezačica će postati dio nove proizvodne cjeline. Kalkulaciju također uključuje troškovi građevinskih radova te ostali troškovi.

U Tablici 5 i Grafikonu 2 su prikazane cijene osnovnih tipova strojeva. Po dobivenim konačnim cijenama proizvođača vidljivo je da je Curioni 618dd najjeftiniji stroj sa 1.382.000.00 eura, dok je stroj Martin Miniline FFG 618 najskuplji sa 1.825.000.00 eura.

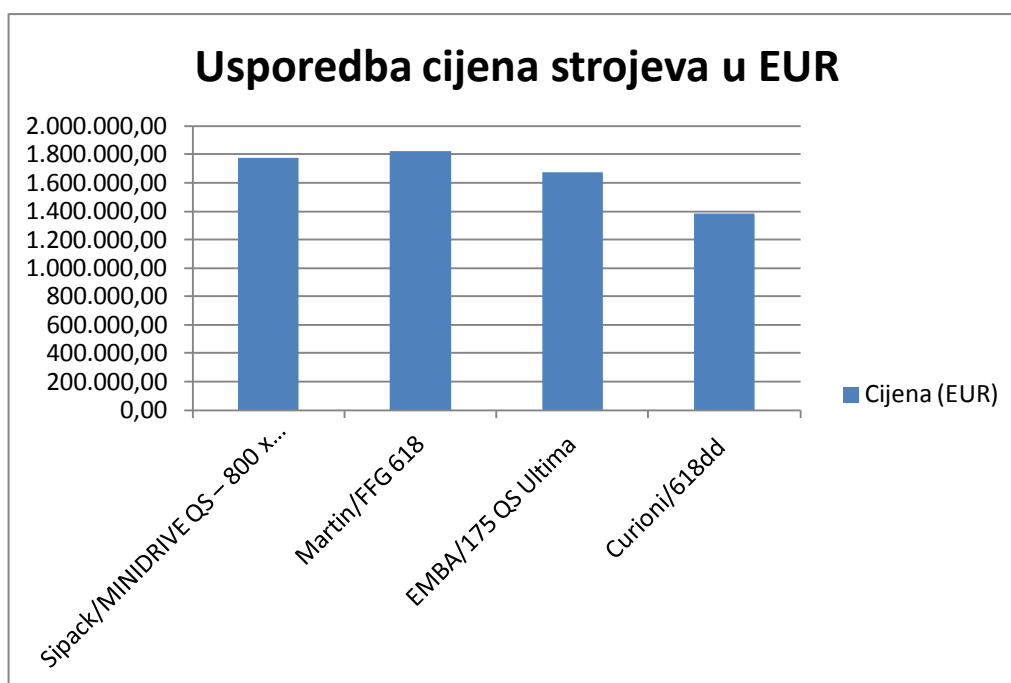


Tablica 5 Usporedba cijena različitih tipova osnovnog stroja u eurima

Proizvođač/tip stroja	Cijena (EUR)
Sipack/MINIDRIVE QS – 800 x 2000	1.777.000,00
Martin/FFG 618	1.825.000,00
EMBA/175 QS Ultima	1.672.000,00
Curioni/618dd	1.382.000,00

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 2 Usporedba cijena strojeva u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Usporedne cijene automatskih ulagača i paletizacije vidljivi su na Tablici 6 i Grafikonu 3 Cijene proizvođača Errebi i Ducker Robotics odnosi se samo na cijenu paletizacije koje iznose 237.500,00 eura i 370.000,00 eura. Poduzeće je imalo nekoliko opcija kojom tehnologijom opredijeliti. Kasnijom analizom će se pokazati za koju su se opciju odlučili.

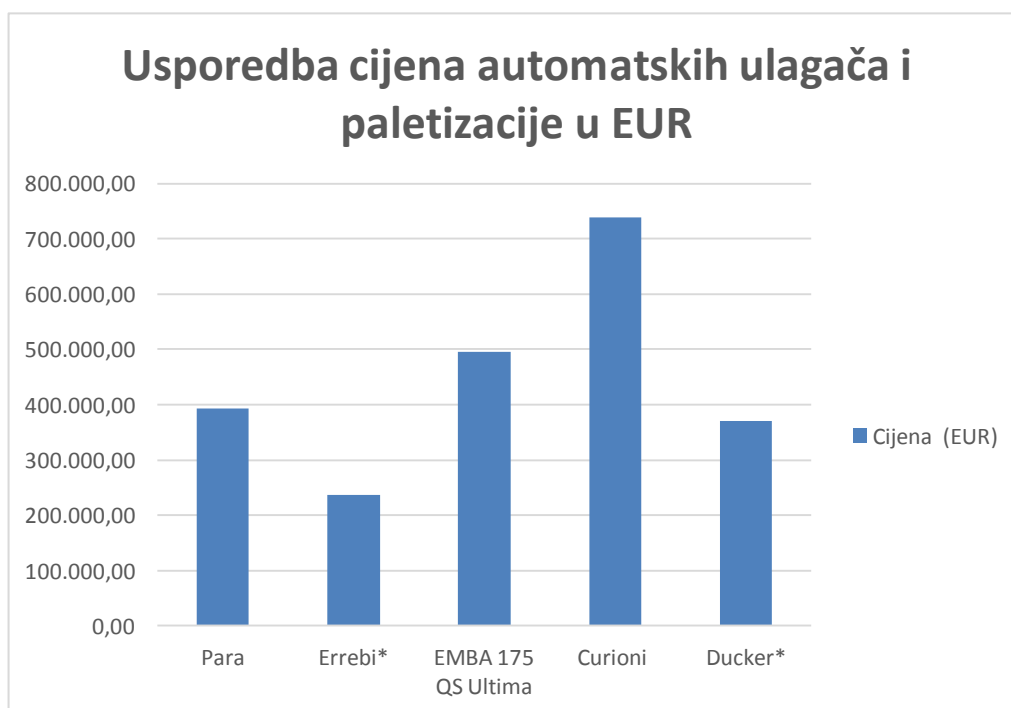
Tablica 6 Cijene automatskih ulagača i paletizacije

Proizvođač	Cijena (EUR)
Para	392.211,00
Errebi*	237.500,00
EMBA 175 QS Ultima	494.830,00
Curioni	738.600,00
Ducker*	370.000,00

\*cijena se odnosi samo na cijenu paletizacije

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 3 Usporedba cijena automatskog ulagača i paletizacije u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Analizom cijena automatskih vezačica (pakerica) u poduzeću Model Pakiranja d. d. došli su do zaključka da je automatska vezačica ISB 13 MONO proizvođača Signode najbolji izbor iako je među svim kandidatima drugi

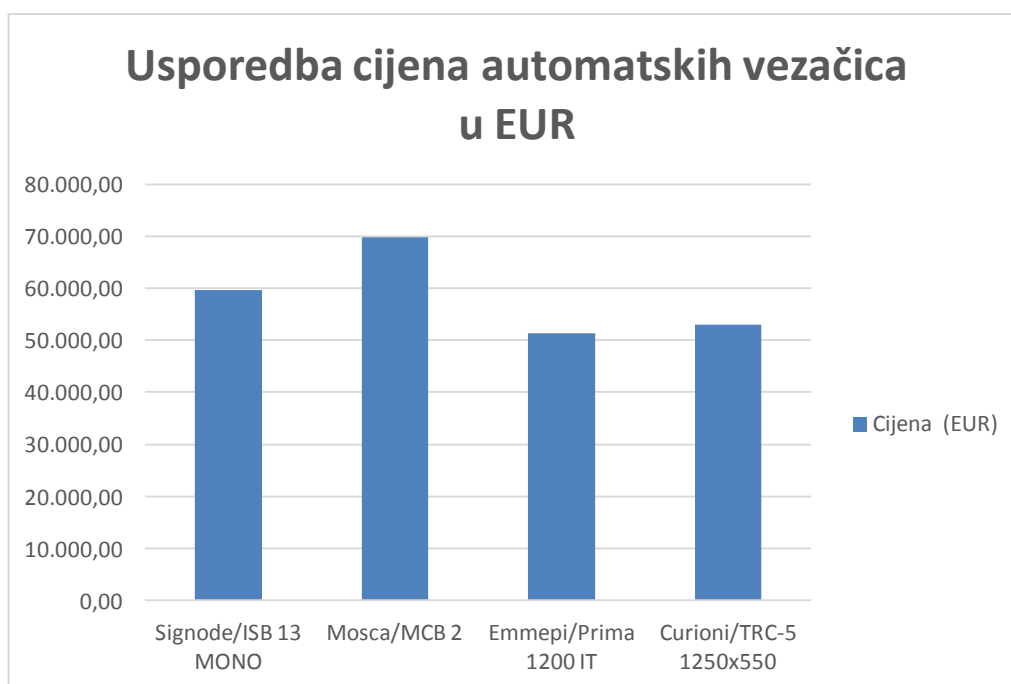
najskuplji stroj sa 59.580,00 eura. U Tablici 7 i Grafikonu 4 su prikazane cijene svih tipova strojeva.

Tablica 7 Cijene automatskih vezačica (pakerica)

Proizvođač/tip stroja	Cijena (EUR)
Signode/ISB 13 MONO	59.580,00
Mosca/MCB 2	69.700,00
Emmepi/Prima 1200 IT	51.420,00
Curioni/TRC-5 1250x550	53.000,00

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 4 Usporedba cijena automatskih vezačica (pakerice) u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Kupnjom novog strojnog pogona bili su potrebni građevinski radovi kao što su iskop kanala za transporter, iskop kanala za otpadnu vodu i izrada temeljne ploče stroja. U Tablici 8 su prikazani troškovi svih građevinskih radova i oni

ukupno iznose 12.500,00 eura. Grafikon 5 pokazuje raspored troškova građevinskih radova u postotcima, gdje se vidi da je više od polovice troškova otišlo na izradu temeljne ploče stroja (58%).

Tablica 8 Troškovi građevinskih radova

Radovi	Troškovi
Iskop kanala za transporter	25.000,00
Iskop kanala za otpadnu vodu	15.000,00
Izrada temeljne ploče stroja	55.000,00
<b>Ukupno KN</b>	<b>95.000,00</b>
<b>Ukupno EUR</b>	<b>12.500,00</b>

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 5 Raspored troškova građevinskih radova



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Uz glavne građevinske radove potrebni su radovi kao što su kupnja materijala za spajanje (zrak, struje, voda), kupnja jednog tračnog transportera, produžetak

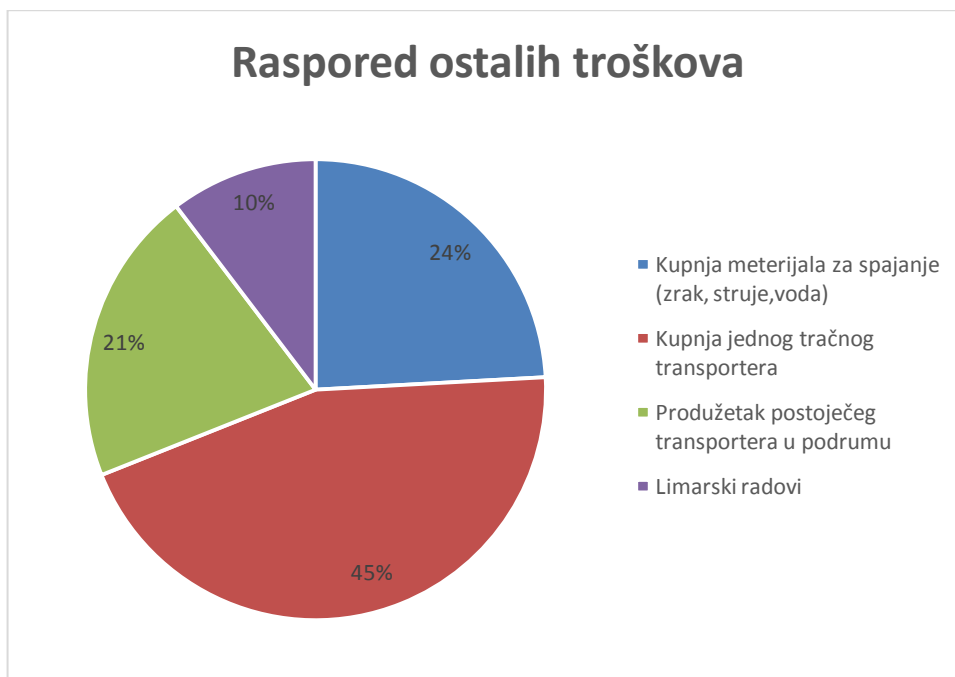
postojećeg transportera u podrumu i limarski radovi. U Tablici 9 su prikazani troškovi tih svih ostalih radova, dok je u Grafikonu 6 prikazan raspored svih ostalih troškova. Vidljivo je da je skoro polovica otišla na kupnju jednog tračnog transportera (45%).

Tablica 9 Troškovi ostalih radova

Radovi	Troškovi
Kupnja materijala za spajanje (zrak, struje, voda)	35.000,00
Kupnja jednog tračnog transportera	65.000,00
Produžetak postojećeg transportera u podrumu	30.000,00
Limarski radovi	15.000,00
Ukupno KN	145.000,00
<b>Ukupno EUR</b>	<b>19.078,95</b>

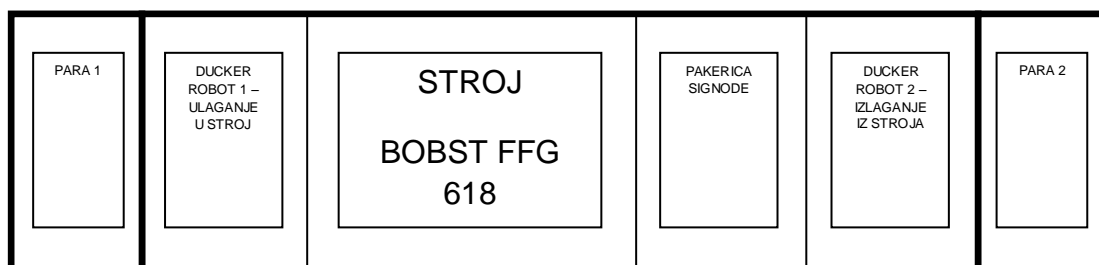
Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 6 Raspored ostalih troškova građevinskih radova



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Detaljnom analizom poduzeće Model Pakiranja d. d. suzilo je izbor za glavni stroj na dva kandidata. To su strojevi Martin Miniline FFG 618 i Emba FFG 175 QS ULTIMA. Također, uz ta dva stroja razmatrali su opcije s transporterom proizvođača Para i ulagačkim i izlagačim robotom proizvođača Ducker Robotics. Opcija s glavnim strojem Martin Miniline FFG 618, početnim dijelom transportera Para i ulagačkim robotom, pakericom Signode ISB 13 MONO, te izlagačim robotom proizvođača Ducker Robotics i završnim dijelom transportera Para se činila najskuplja ali i najisplativija. Na Slici 17 je prikazan tlocrt potencijalnog konačnog rješenja cijelog stroja.



Slika 17 Tlocrt potencijalnog rješenja stroja

Izvor: Autor

Tablica 10 prikazuje tri opcije ukupnih troškova investicije gdje se sumarno vidi da je druga opcija s robotom najskuplja sa 2.493.884,95 eura.

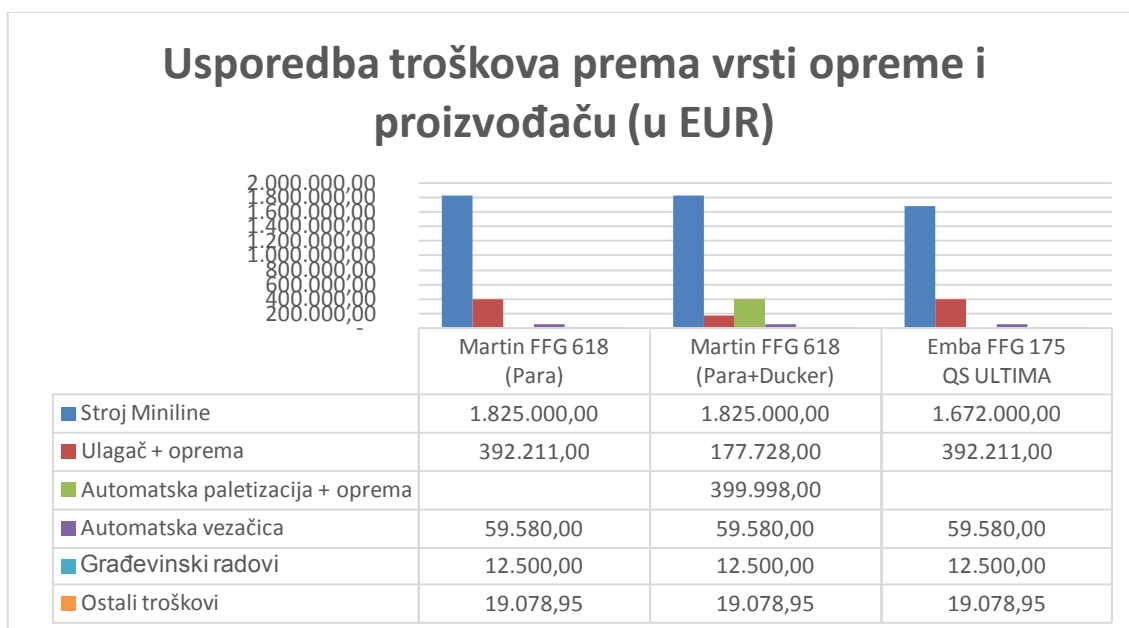
Tablica 10 Prikaz tri opcije ukupnih troškova investicije

Oprema	Martin FFG 618 (Para)		Martin FFG 618 (Para+Ducker)		Emba FFG 175 QS ULTIMA	
	Proizvođač	Cijena EUR	Proizvođač	Cijena EUR	Proizvođač/prod ucer	Cijena/Price EUR
<b>Stroj Miniline</b>	FFG 618	1.825.000,00	FFG 618	1.825.000,00	FFG 175 QS ULTIMA	1.672.000,00
<b>Ulagač + oprema</b>	Para	392.211,00	Para	177.728,00	Para	392.211,00
<b>Automatska paletizacija + oprema</b>			Ducker			
<b>Automatska vezačica</b>	Signode	59.580,00	Signode	59.580,00	Signode	59.580,00
<b>Građevinski radovi</b>	Procijenjeni troškovi	12.500,00	Procijenjeni troškovi	12.500,00	Procijenjeni troškovi	12.500,00
<b>Ostali troškovi</b>	Procijenjeni troškovi	19.078,95	Procijenjeni troškovi	19.078,95	Procijenjeni troškovi	19.078,95
<b>Ukupno EUR</b>		<b>2.308.369,95</b>		<b>2.493.884,95</b>		<b>2.155.369,95</b>

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

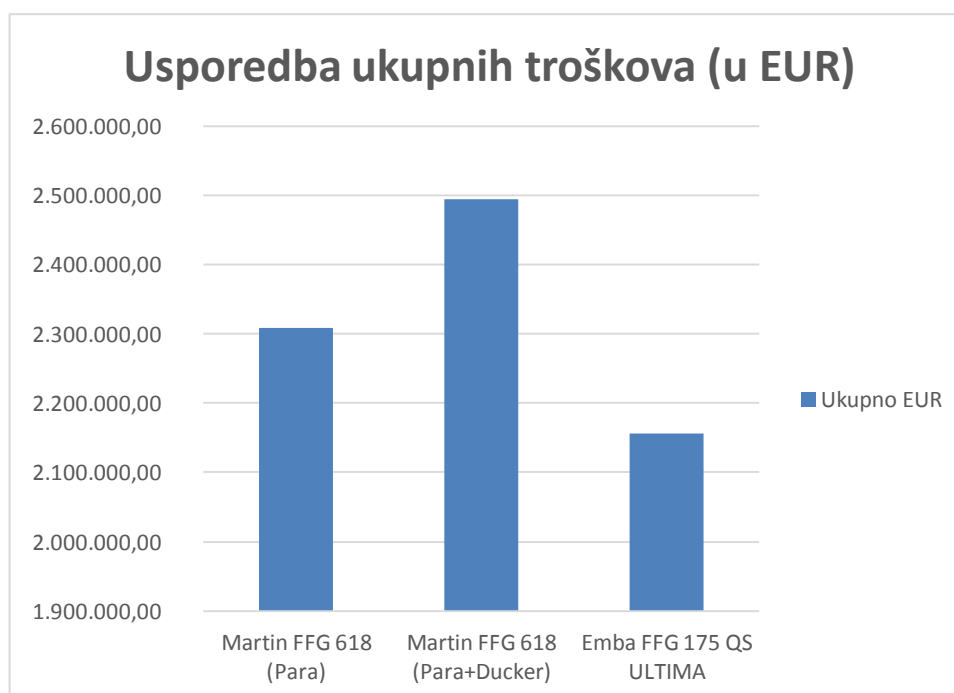
Po Tablici 10 opcija sa strojem Martin Miniline FFG. transporterom Para i robotima Ducker Robotics pokazuje se najskuplja. Grafikon 7 predstavlja usporedbu troškova prema vrsti opreme i proizvođaču u eurima. Grafikon 8 prikazuje usporedbu ukupnih troškova u eurima.

Grafikon 7 Usporedba troškova prema vrsti opreme i proizvođaču u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 8 Usporedba ukupnih troškova u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.



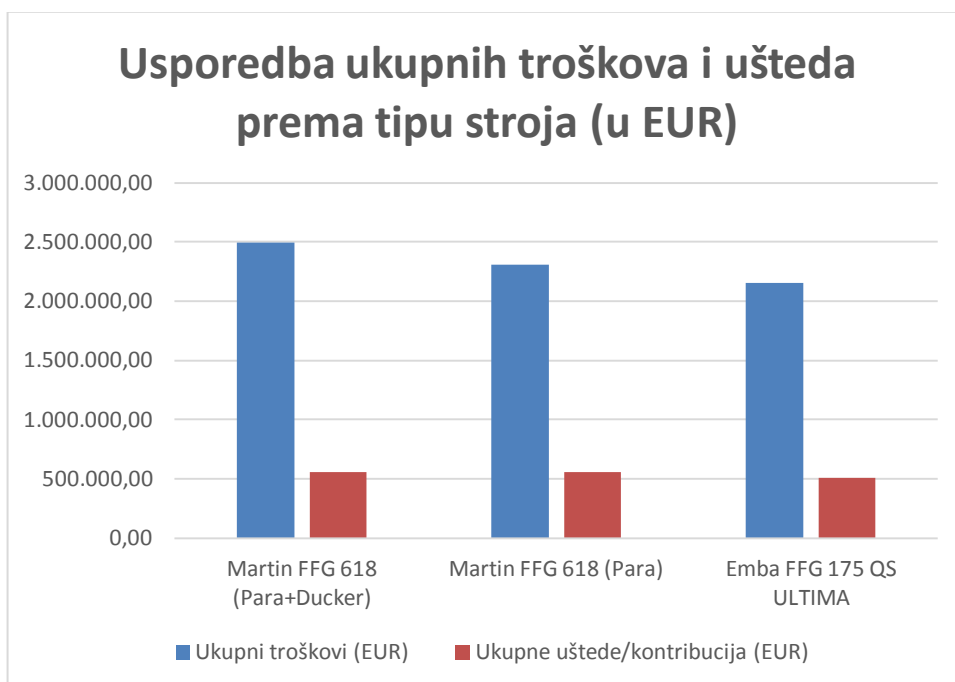
Iako Grafikon 7 i 8 pokazuju da je druga opcija (Martin FFG 618 + Para + Ducker) najskuplja, Tablica 11 otkriva da je ta poslovna opcija za stroj najisplativija i najbolja za poduzeće. Grafikon 9 jasno otkriva usporedbe ukupnih troškova i ušteta prema tipu stroja u eurima. Poduzeće Model Pakiranja d. d. nakon detaljne analize i usporedbe svih opcija se definitivno odlučilo za opciju s robotom, što vrlo konkretno, uvjerljivo i financijski najisplativije prikazuje Grafikon 10. On prikazuje godišnji povrat investicije za sve tri opcije u eurima.

*Tablica 11 Povrat investicije za sve tri opcije*

<b>Mjesto investicije</b>	<b>Martin FFG 618 (Para+Ducker)</b>	<b>Martin FFG 618 (Para)</b>	<b>Emba FFG 175 QS ULTIMA</b>
<b>Stroj Miniline</b>	1.825.000,00	1.825.000,00	1.672.000,00
<b>Automatska paletizacija + ulagač</b>	577.726,00	392.211,00	392.211,00
<b>Automatska vezačica</b>	59.580,00	59.580,00	59.580,00
<b>Građevinski radovi</b>	12.500,00	12.500,00	12.500,00
<b>Ostali troškovi</b>	19.078,95	19.078,95	19.078,95
<b>Ukupni troškovi (EUR)</b>	<b>2.493.884,95</b>	<b>2.308.369,95</b>	<b>2.155.369,95</b>
<b>Ukupne uštete/kontribucija (EUR)</b>	<b>557.777,02</b>	<b>557.777,02</b>	<b>504.783,05</b>
<b>Povrat investicija (godišnje)</b>	<b>4,471114538</b>	<b>4,138517473</b>	<b>4,269893634</b>

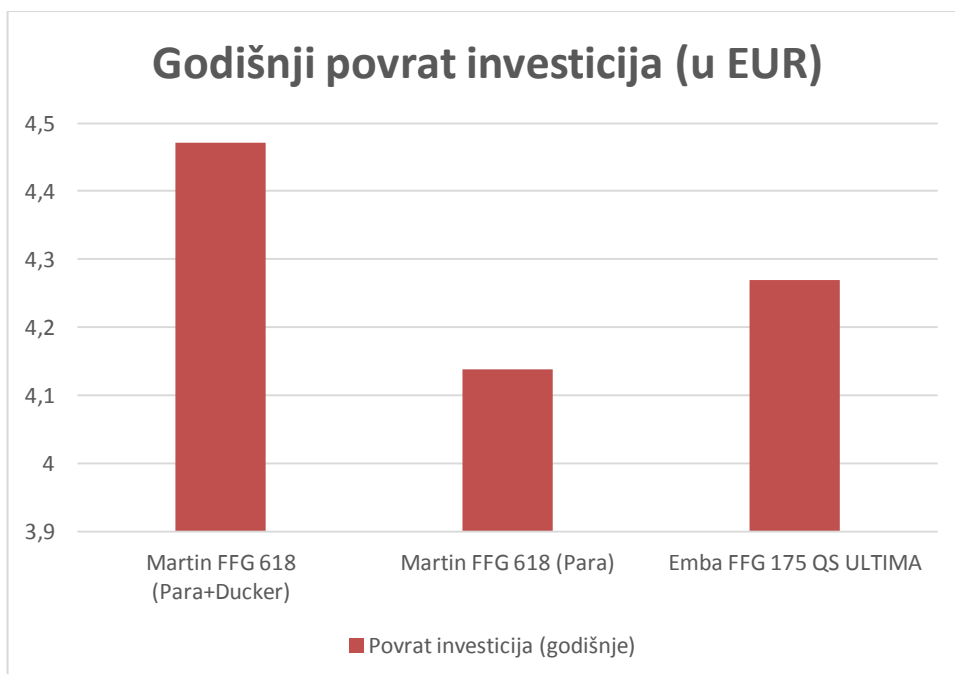
*Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.*

Grafikon 9 Usporedba ukupnih troškova i ušteda prema tipu stroja u eurima



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 10 Godišnji povrat investicija u eurima za sve tri opcije



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

### 3.2. Analiza ušteda

U ovom poglavlju se opisuje detaljna analiza uštede s dva potencijalno nova stroja EMBA 175 QS Ultima i Martin Miniline FFG 618, te se svaki od njih uspoređuje s tadašnjim strojem Martin Midline 924. Kao što je vidljivo u Tablici 12 koja predstavlja detaljnu analizu ušteda, uzeti su mnogi parametri da bi se donijela konačna odluka o kupnji novog stroja. U tablici su korištene neke varijabilne stavke kao što su veličina prosječnog naloga, prosječna kvadratura kutije, cijena po m<sup>2</sup> u euru, cijena sata rada stroja u euru i stvarna marža. Rezultati analize uštede su pokazali da bi kroz jednu godinu stroj Martin Miniline FFG 618 bio na dobitku u odnosu na tadašnji stroj Martin Midline 924. Dobit je iznosio 557.777,02 eura, što je više od 50.000,00 eura dobiti u odnosu na istu usporedbu i analizu koja je izvršena s drugim potencijalnim novim strojem EMBA 175 QS Ultima.

Grafikon 11 prikazuje usporedbu ušteda po tipu stroja u eurima. Na grafikonu se jasno vidi da bi oba nova stroja poslovala puno bolje nego tadašnji stroj. Također, je vidljivo da je Martin Miniline FFG 618 za nijansu bolji i ekonomičniji u odnosu na stroj EMBA 175 QS Ultima, te se poduzeće Model Pakiranja d. d. definitivno odlučilo za kupovinu stroja Martin Miniline FFG 618. U grafikonu su se koristili najvažniji parametri uzeti iz Tablice 12 a to su parametri: kutije po smjeni, m<sup>2</sup> po smjeni, m<sup>2</sup> po mjesecu za 2 smjene (20 dana), m<sup>2</sup> po godini, kutije na godinu i godišnji dobitci u eurima. Po svim parametrima stroj Martin Miniline FFG 618 se pokazao za nijansu bolju od konkurenta EMBA 175 QS Ultima.

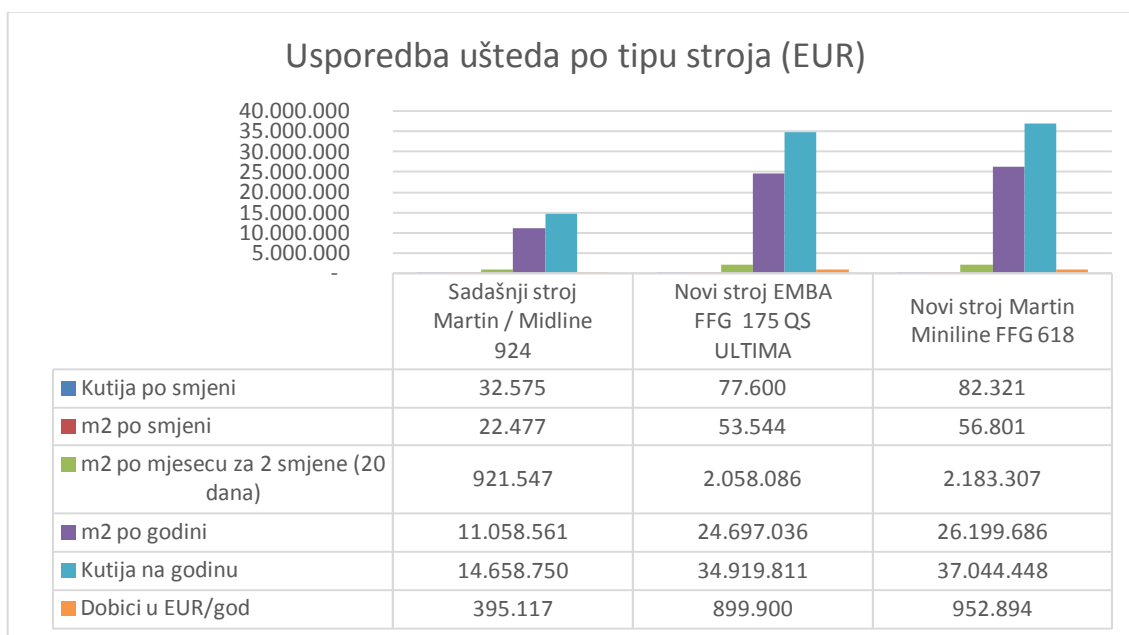
Tablica 12 Detaljna analiza ušteda

				Sadašnji stroj Martin / Midline 924	Novi stroj EMBA FFG 175 QS ULTIMA		Novi stroj Martin Miniline FFG 618	
				Vrijednosti	Vrijednosti	Dobici u odnosu na sadašnji stroj	Vrijednosti	Dobici u odnosu na sadašnji stroj
Vrijeme pripreme	minute			17	6		6	
Prosječna brzina	kutije po minuti			106	205		220	
Veličina prosječnog naloga*	kutije po narudžbi			6.515	6.515		6.515	
Prosječna kvadratura kutije*	m2 po kutiji			0,69	0,69		0,69	
Radno vrijeme u min	<b>7,5</b>	<b>60</b>	<b>450</b>					
Potrebno vrijeme za 1 prosječni nalog				79,00	37,78		35,61	
Broj naloga po smjeni				5,0	11,91		12,64	
Kutija po smjeni				<b>32.575</b>	<b>77.600</b>	<b>45.025</b>	<b>82.321</b>	<b>49.746</b>
m2 po smjeni				<b>22.477</b>	<b>53.544</b>	<b>31.067</b>	<b>56.801</b>	<b>34.325</b>
Kutija na sat	1 smjena=8 h			4.071,88	9.700		10.290	
Kutija na smjenu				32.575	72.750		77.176	
Kutija na 2 smjene	2			65.150	145.499		154.352	
m2 po 2 smjeni				44.954	100.394		106.503	
m2 po mjesecu za 2 smjene (20 dana)	20,5			<b>921.547</b>	<b>2.058.086</b>	<b>1.136.540</b>	<b>2.183.307</b>	<b>1.261.760</b>
m2 po godini	12			<b>11.058.561</b>	<b>24.697.036</b>	<b>13.638.475</b>	<b>26.199.686</b>	<b>15.141.125</b>

Cijena po m2 eur*	<b>0,28</b>							
Cijena sata rada stroja EUR*	<b>62,27</b>							
Cijena ploča po smjeni			6.293		14.992		15.904	
Cijena stroja po smjeni	498		498,00		498,00		498,00	
Cijena ploča i stroja po smjeni			6.791,49		15.490,24		16.402,42	
Cijena 1000 kutija			208,49		199,62		199,25	
Otpadne ploče po nalogu po štelanju			3,00		1,00		1,00	
Otpadne ploče po smjeni			15,00		11,91		12,64	
Cijena otpadnih ploča po smjeni			2,90		2,30		2,44	
Cijena 1000 kutija (ploče, stroj i otpad)			208,95		199,77		199,40	
Dana u godini	<b>240</b>							
Smjena na dan	<b>2</b>							
Sati u smjeni	<b>7,5</b>							
Kutija na godinu			<b>14.658.750</b>		<b>34.919.811</b>	<b>20.261.061</b>	<b>37.044.448</b>	<b>22.385.698</b>
Stvarna marža*	<b>12,90%</b>							
Dobici u EUR/god			<b>395.116,74</b>		<b>899.899,80</b>	<b>504.783,05</b>	<b>952.893,77</b>	<b>557.777,02</b>
*varijabilne stavke								

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Grafikon 11 Usporedba ušteta po tipu stroja u eurima

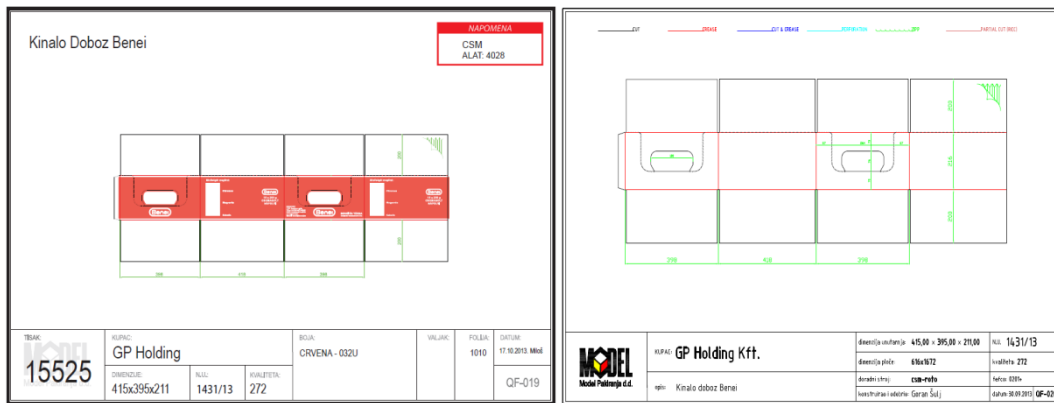


Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

### 3.3. Usporedba brzine radnih naloga po vrsti stroja

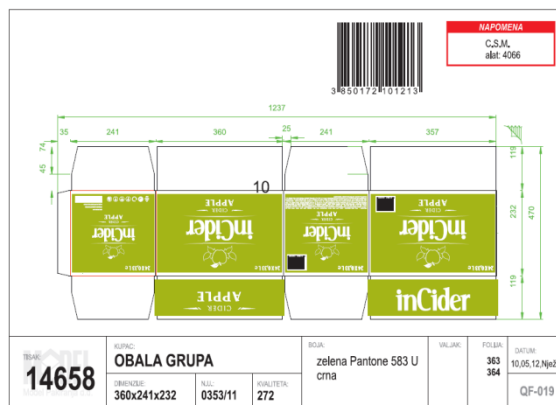
Vrlo korisna je bila analiza i usporedba brzine radnih naloga po vrsti stroja. Usporedila su se četiri različita radna naloga iz poduzeća Model Pakiranja d. d. koja su prema dimenzijama ploče potpuno različita. Slike 18, 19, 20 i 21 pokazuju stvarne dimenzije i veličine ploče. Izračun se radio tako da su se usporedili radni nalozi i izmjerila se brzina stroja po formuli - broj kartona napravljenih u jedan sat.

Prema Tablici 13 i Grafikonu 12 je vidljivo da stroj EMBA 175 QS Ultima brže radi na nalogima gdje su dimenzije ploča manje, dok stroj Martin Miniline FFG 618 radi puno brže na nalogima gdje su dimenzije ploče veće. Rezultati u ovoj analizi su također bili na strani stroja Martin Miniline FFG 618 jer je prosječna vrijednost naloga poduzeća Model Pakiranja d. d. dimenzija 600 x 1600mm i taj stroj je nudio puno veće brzine na većim dimenzijama ploča što je više odgovaralo poduzeću zbog većeg poslovanja s višim dimenzijama kartona.



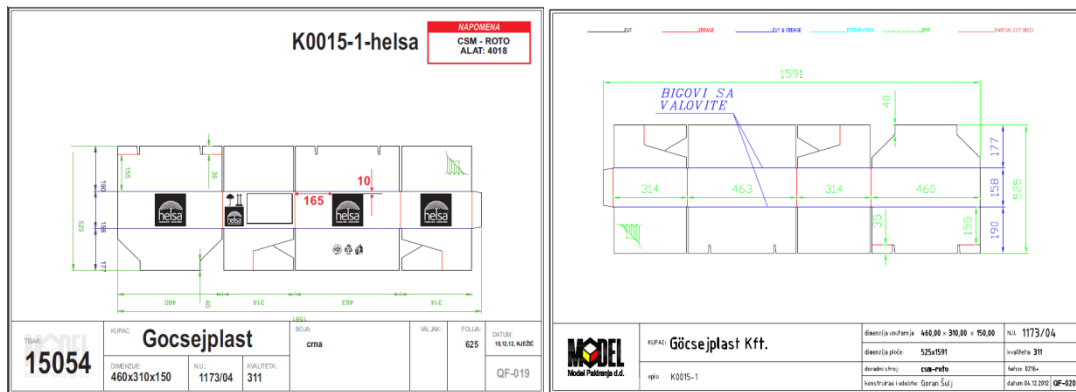
Slika 18 Radni nalog br. 15525 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Izvor: Dokumentacija dobivena iz poduzeća Model Pakiranja d. d.



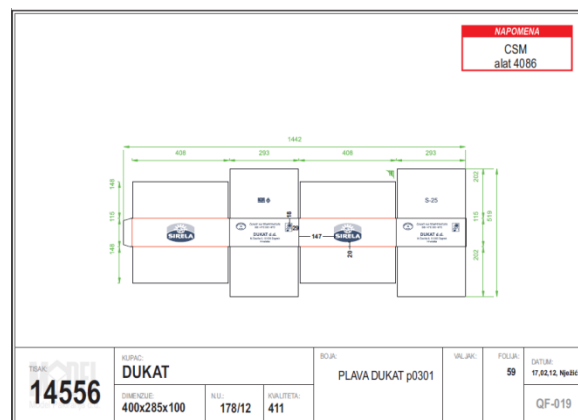
Slika 19 Radni nalog br. 15525 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Izvor: Dokumentacija dobivena iz poduzeća Model Pakiranja d. d.



Slika 20 Radni nalog br. 15054 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Izvor: Dokumentacija dobivena iz poduzeća Model Pakiranja d. d.



Slika 21 Radni nalog br. 14556 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Izvor: Dokumentacija dobivena iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

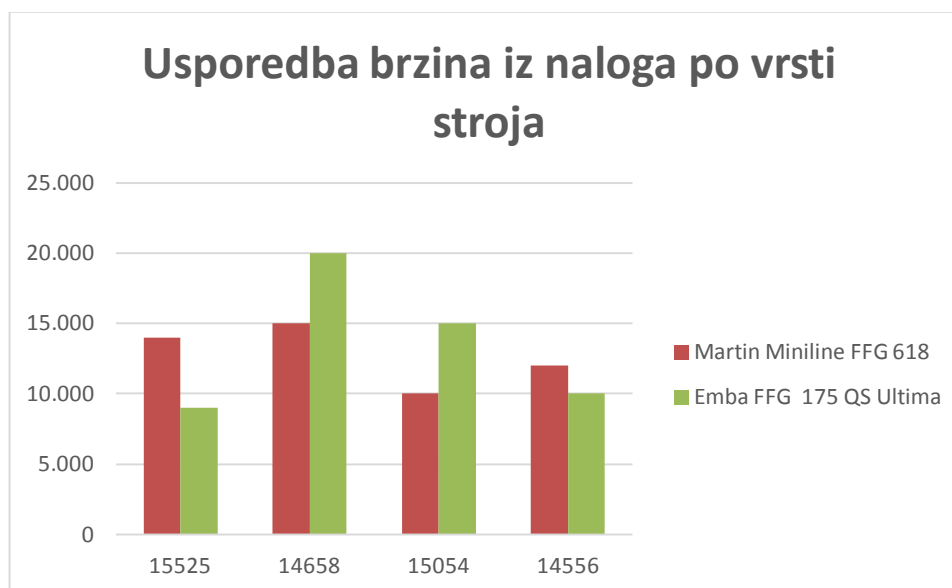
Tablica 13 Brzina stroja (broj kartona u jednom satu) pa radnom nalogu iz poduzeća

Br. Radnog naloga	Martin Miniline FFG 618	Emba FFG 175 QS Ultima
15525	14.000	9.000
14658	15.000	20.000
15054	10.000	15.000
14556	12.000	10.000

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.



Grafikon 12 Usporedba brzina iz naloga po vrsti stroja



Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

### 3.4. Meki argumenti

U ovom poglavlju se definitivno potvrdilo i odlučilo za stroj Martin Miniline FFG 618, te se mekim argumentima uspostavilo da je stroj idealan. Argumenti kao što su prisutnost proizvođača na tržištu Hrvatske, servis (brzina reakcije, komunikacija, softver), mogućnost isporuke cijelog sistema, dostupnost rezervnih dijelova, pouzdanost isporučioaca opreme, komunikacija i dokumentacija na Hrvatskom su uvjerljivo otišli na stranu stroja Martin Miniline FFG 618. Argumenti su bili raspoređeni u dvije grupe. Prva je ispitala tehničke mogućnosti svih strojeva, dok je druga grupa imala općenite argumente. Argumenti su se ocjenjivali od najbolje petice do najgore jedinice. Stroj Martin Miniline FFG 618 je sakupio najviše bodova, točnije 70; dok je drugi po redu bio EMBA 175 QS ULTIMA s 42 boda.

Tablica 14 Prikaz mekih argumenata

<b>R.B</b>	<b>Argument</b>	<b>Martin Miniline 618</b>	<b>Emba Ultima 175</b>	<b>Sipack FLEXO FOLDER GLUER</b>	<b>Curioni 618 d.d.</b>
<b>Stroj Miniline</b>					
1.	Prisutnost proizvođača na tržištu Hrvatske	5	1	1	1
2.	Servis - Prisutan u Hrvatskoj	1	1	1	1
3.	Servis - Brzina reakcije	4			
4.	Servis - Komunikacija	4	1	1	
5.	Servis - Softwer	4			
6.	Nadogradnja i održavanje softwera	4			
7.	Kvaliteta opreme	3	3	2	2
8.	Mogućnost isporuke cijelog sistema	4	3	2	2
9.	Dostupnost rezervnih dijelova	5	3	1	1
<b>Ukupno bodova</b>		34	12	8	7
<b>Prosječna ocjena</b>		3,8	2,0	1,3	1,4
<b>Opcenito</b>					
1.	Pouzdanost isporučioaca opreme	5	4	2	2
2.	Pouzdanost podizvođača instalacija na stroju	5	5	4	2
3.	Kooperativnost	4	4	3	3
4.	Fleksibilnost	4	4	3	3
5.	Komunikacija i dokumentacija na Hrvatskom	4	1	2	1
6.	Poznavanje HR normi	3	3	3	2
7.	Rok isporuke	3	3	3	3
8.	Garancija	3	3	3	3
9.	Reference	5	3	1	1
<b>Ukupno bodova</b>		36	30	24	20
<b>Prosječna ocjena</b>		4,0	3,3	2,7	2,2
<b>Ukupna ocjena</b>					
<b>Ukupno bodova</b>		70	42	32	27
<b>Prosječna ocjena</b>		3,9	2,7	2,0	1,8

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

Tablica 15 Način vrjednovanja mekih argumenata

<b>Odlično</b>	<b>5</b>
<b>Vrlodobro</b>	<b>4</b>
<b>Dobro</b>	<b>3</b>
<b>Dovoljno</b>	<b>2</b>
<b>Loše</b>	<b>1</b>

Izvor: Autor, prema podacima dobivenim iz poduzeća Model Pakiranja d. d.

## 4. REZULTATI I RASPRAVA

Rezultati dobiveni detaljnom analizom svih dijelova stroja pokazali su da je najisplativije i najekonomičnije odabrati najskuplju varijantu sa glavnim strojem Martin Miniline FFG 618 i ulagačkim i izlagačim robotima iz poduzeća Ducker Robotics (PAL FFG II). Grafikon 10 prikazuje da bi poduzeće Model Pakiranja d. d. vratilo uloženo tek kroz četiri i pol godine. Opcije sa istim strojem i bez ulagačkih i izlagačkih robota, te opcija s drugim strojem EMBA FFG 175 QS ULTIMA bez robota bi vratili uloženo već nakon nešto više od četiri godine. Ali, taj grafikon ne otkriva produktivnost i efikasnost samih robota do najdetaljnijih brojki. Naime, ulagači robot bi zamijenio jednog čovjeka kod ulaganja u stroj, dok bi izlagači stroj zamijenio čak dva čovjeka na izlazu iz stroja i daljnjem skladištenju. Uzimajući u obzir i novi još brži stroj, opremljen s najsuvremenijom tehnologijom dolazi se do zaključka da će sama proizvodnja biti nekoliko puta brža u usporedbi sa drugim opcijama i starim strojem. Prednost poduzeća je i daljnje korištenje starog stroja Martin Midline 924 koji je prikazan na Slici 22.



*Slika 22 Prikaz starog stroja Martin Midline 924 kroz nekoliko sličica*

*Izvor: Autor, slikano u tvornici Model Pakiranja*

Nije prošla ni jedna godina od uvođenja novog stroja u proces proizvodnje a već se sa sigurnošću može reći da se višestruko isplatio. Naravno, odabir robota PAL FFG II je bio pun pogodak jer je ubrzao proces prije i poslije proizvodnje.

Rasprava može početi logičnim zaključcima da modernim izumima i razvojem tehnologije grafička struka je unazad pedeset godina najviše patila jer se drastično smanjivala radna snaga, a proizvodni potencijal je rastao. Uvođenjem robota u proces proizvodnje postavlja se pitanje da li se smanjila radna snaga unutar poduzeća Model Pakiranja d. d. Iako nema službenih podataka, autor rada je u razgovoru sa djelatnicima poduzeća došao do saznanja da su povećanjem proizvodnje, ulaganjem u nove strojeve, tehnologije (robot) i konkurentnosti na tržištu u poduzeću došli do povećanja radne snage. Nove tehnologije i strojevi u poduzeću zahtijevaju kvalitetno i obrazovano radno osoblje kao što su strojni tehničari, grafički tehnolozi i dizajneri. Proširenjem proizvodnje širi se i obujam osoblja u drugim sektorima poduzeća kao što organizacija, marketing, prodaja, računovodstvo, financije i kontroling.

## 5. ZAKLJUČAK

Analizom i usporedbom cijena strojeva, cijena automatskog ulagača i paletizacije, automatskih vezačica, svih troškova građevinskih radova, troškova prema vrsti opreme i proizvođaču, te detaljnom analizom ukupnih troškova i uštede za sve tipove strojeva i godišnjih povrata za sve investicije uvjerljivo je odlučeno u korist stroja Martin Miniline FFG 618 sa ulagačkim i izlagačim robotima PAL FFG II iz Ducker Roboticsa. Najveći konkurent je bio stroj EMBA FFG 175 QS ULTIMA koji je u rangu kvalitetom sa strojem koji je kupljen. Uz sve spomenute analize i usporedbe koje su otišle na stranu stroja FFG 618, usporedba brzine naloga po vrsti stroja je bila ključna. Veće dimenzije ploča kojim radi FFG 618 je bio idealan nasljednik Martin Midline 924, što je prikazano u Grafikonu 12.

Uvođenje robota u proces proizvodnje je opravdan proizvodno i financijski već nakon samo godinu dana korištenja. Analiza rada samog robota je bila teška jer se u modernizaciju ulazilo od početka. To znači da je u "paketu" kupljen cijeli proizvodni proces koji je potreban za stroj, počevši od transportnih traka, preko ulagačkog robota ulaz u stroj gdje su prvo flexo agregati (bojanici), zatim "sloteri" te roto opcija koja se može ručno staviti i izvaditi, zavisno o vrsti proizvoda. Nakon roto opcije ide se na lijepljenje, potom u pakericu, te onda slijedi završni dio sa izlagačim robotom se prenosi do izlagačkih transportnih traka i proizvod je spreman za skladištenje. Iako je Model Pakiranja d. d. tek jedan mali dio velike grupacije Model, sa sigurnošću se može reći da je trenutno najkonkurentnija tvornica valovitog kartona u ovoj regiji sa poslovnim afinitetima proširiti se na nova tržišta (Austrija). U prošlom poglavlju se već naglasio čimbenik zamijene ljudske radne snage robotom, te time i veću i bržu proizvodnu moć.

Zaključno, za poduzeće Model Pakiranja d. d. može se reći da je u konstantnom porastu radne snage, proizvodnje i prodaje uvjetovanih proširenjem i unapređenjem strojnih kapaciteta.

## 6. POPIS LITERATURE

1. \*\*\*<http://www.modelgroup.com/hr/about/locations/model-pakiranja-dd> , 20.08.2015.
2. \*\*\*<http://www.ambalaza.hr/hr/casopis/2013/12/f.-skok-j.-brkic-v.-ivanov-z.-baller-ove-godine-ostvarit-cemo-rekordnu-proizvodnju,347,12156.html>, 21.08.2015.
3. Wicha R. (2015). *Model Box – časopis za kupce Model Grupe*, 16. godina, (Ožujak, 2015) 4-7
4. \*\*\*<http://www.svijet-kvalitete.com/index.php/ne-propustite/2395-certifikat-iso-9001>, 21.08.2015.
5. \*\*\*<http://www.kaizen.com/about-us/definition-of-kaizen.html>, 23.08.2015.
6. \*\*\*[http://www.dunapack.hr/servlet/SLitedp?search\\_f=index\\_hr.html](http://www.dunapack.hr/servlet/SLitedp?search_f=index_hr.html), 26.08.2015.
7. Šenjug D., (2012). *Analiza proizvodnog procesa u tvornici valovite ljepenke*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje
8. \*\*\*<http://www.bilokalnik.hr/Onama.aspx>, 30.08.2015.
9. \*\*\*<http://duropackbelisce.cache.gugler.at/duropack-beliscadoo/history.html>, 02.09.2015.
10. Ivanov V., Lauš L. (2007). *Priručnik o proizvodnji i preradi valovitog kartona*, (Siječanj, 2007) 3-23
11. \*\*\*<http://www.bobst.com/hren/#.Vf1cwt-qqko>, 03.09.2015.
12. Ducker Robotics (2014). *Priručnik za uporabu robota PAL FFG II*, dostupno na: <http://www.duecker-robotics.com>, 06.09.2015.
13. Signode (2005). *Upute za uporabu stroja za oblikovanje i vezanje ISB 13 MONO*, dostupno na: <http://www.signode-europe.com>, 09.09.2015.

## 7. POPIS SLIKA

Slika 1 Model Pakiranja d.d. na Žitnjaku.....	3
Slika 2 Proizvodno rješenje za kartonski stalak (display) s poznatim švicarskim tenisačem Stanom Wawrinkom.....	4
Slika 3 Tvornica valovitog kartona Dunapack d.o.o.....	7
Slika 4 Papir za izradu valovitog kartona .....	10
Slika 5 Amerikan kutije .....	12
Slika 6 Stroj Martin Miniline Bobst FFG 618 bez ulagačkih i izlagačkih robota ...	14
Slika 7 Tlocrt stroja Martin – Miniline FFG 618.....	14
Slika 8 Tlocrt tvornice poduzeća Model Pakiranja d. d.....	15
Slika 9 Ulagači robot PAL FFG II .....	16
Slika 10 Robot Kawasaki ZD 250 S .....	17
Slika 11 Hvataljka za pakete, uređaj za centriranje paketa i uređaj za udvostručavanje paketa (slike s lijeva na desno, gornji red); uređaj za osnovne listove i isponu i područje odlaganja (slike s lijeva na desno, donji red).....	18
Slika 12 Zaštitna ograda oko radnog prostora robota .....	20
Slika 13 Vrata koje kontrolira elektromehanički granični .....	20
prekidač.....	20
Slika 14 Prikaz zone rada za radnike [12].....	21
Slika 15 Konstrukcija i funkcija opreme [13] .....	22
Slika 16 Dimenzije stroja [13] .....	23
Slika 17 Tlocrt potencijalnog rješenja stroja .....	32
Slika 18 Radni nalog br. 15525 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.....	41
Slika 19 Radni nalog br. 15525 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.....	41
Slika 20 Radni nalog br. 15054 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.....	42
Slika 21 Radni nalog br. 14556 iz poduzeća Model Pakiranja d. d.....	42
Slika 22 Prikaz starog stroja Martin Midline 924 kroz nekoliko sličica .....	45

## 8. POPIS TABLICA

Tablica 1 Porast grupacije Model kroz godine .....	5
Tablica 2 Prosječni podaci papira s role .....	11
Tablica 3 Dimenzije svih kalupa stroja .....	24
Tablica 4 Specifikacije stroja Signode ISB MONO .....	24
Tablica 5 Usporedba cijena različitih tipova osnovnog stroja u eurima .....	27
Tablica 6 Cijene automatskih ulagača i paletizacije .....	28
Tablica 7 Cijene automatskih vezačica (pakerica) .....	29
Tablica 8 Troškovi građevinskih radova .....	30
Tablica 9 Troškovi ostalih radova .....	31
Tablica 10 Prikaz tri opcije ukupnih troškova investicije.....	33
Tablica 11 Povrat investicije za sve tri opcije .....	35
Tablica 12 Detaljna analiza ušteda .....	38
Tablica 13 Brzina stroja (broj kartona u jednom satu) pa radnom nalogu iz poduzeća .....	42
Tablica 14 Prikaz mekih argumenata .....	44
Tablica 15 Način vrjednovanja mekih argumenata.....	44



## 9. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1 Udio pojedinih tržišta u prometu (%) .....	5
Grafikon 2 Usporedba cijena strojeva u eurima.....	27
Grafikon 3 Usporedba cijena automatskog ulagača i paletizacije u eurima .....	28
Grafikon 4 Usporedba cijena automatskih vezačica (pakerice) u eurima.....	29
Grafikon 5 Raspored troškova građevinskih radova.....	30
Grafikon 6 Raspored ostalih troškova građevinskih radova .....	31
Grafikon 7 Usporedba troškova prema vrsti opreme i proizvođaču u eurima ...	34
Grafikon 8 Usporedba ukupnih troškova u eurima .....	34
Grafikon 9 Usporedba ukupnih troškova i ušteda prema tipu stroja u eurima ...	36
Grafikon 10 Godišnji povrat investicija u eurima za sve 3 opcije .....	36
Grafikon 11 Usporedba ušteda po tipu stroja u eurima .....	40
Grafikon 12 Usporedba brzina iz naloga po vrsti stroja.....	43