

Analiza sustava unutrašnjeg transporta tvrtke

Jakopec, Alan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:601912>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-19**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Alan Jakopec

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Goran Đukić, dipl. ing.

Student:

Alan Jakopc

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svim profesorima koji su bili dio mog školovanja a posebno mentoru prof. dr. sc. Goranu Đukiću na pruženoj pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada.

Iskreno bih se zahvalio i svim zaposlenicima tvrtke Plastform koji su odvojili svoje vrijeme kako bi mi pružili podršku i pomoć tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Naposljetku, zahvalio bi se obitelji na podršci tijekom svih ovih godina i svim prijateljima na divnim trenucima tijekom studiranja.

Alan Jakopec



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
 Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:
 Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,
 mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 23 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 23 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Alan Jakopec** JMBAG: 0054041387

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza sustava unutrašnjeg transporta tvrtke**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Analysis of the internal transport system of the company**

Opis zadatka:

U proizvodnim tvrtkama radioničke proizvodnje tipično je za očekivati brojne prijevoze jediničnih tereta s ulaznim sirovinama, poluproizvodima i gotovim proizvodima između proizvodnih skladišta i pojedinih pogona te između strojeva unutar proizvodnih pogona (hala). U tu svrhu koriste se različita transportna sredstva unutrašnjeg transporta, od kojih su najčešće različite izvedbe podnih transportnih sredstava prekidnog toka materijala. Iste karakterizira rad u ciklusima prijevoza, s ponekad značajnim praznim vožnjama između lokacija te nemogućnošću primjene egzaktnih matematičkim modela izračuna potrebnog vremena vožnje i potrebnog broja vozila. Cilj rada je provesti detaljnu analizu unutrašnjih tokova materijala i sustava transporta, koristeći rezultate snimanja postojećeg procesa, mjerenjima pojedinih mjerljivih komponenti vremena prijevoza te primjenom dostupnih aproksimacijskih analitičkih modela. Nakon provedene analize, eventualno ovisno o rezultatima, predložiti i razraditi promjene u sustavu.

U radu je potrebno:

- Dati osnovne informacije o odabranoj tvrtki.
- Napraviti detaljni prikaz sustava unutrašnjeg transporta proizvodnje.
- Provesti proračun potrebnog vremena transporta i iskoristivosti transportnih sredstava temeljem mjerenja procesa i primjenom odgovarajućih modela.
- Eventualno razraditi prijedlog unapređenja na osnovi rezultata provedene analize.

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

Zadatak zadan: Datum predaje rada: Predviđeni datumi obrane:
 28. rujna 2023. 30. studenoga 2023. 4. – 8. prosinca 2023.

Zadatak zadao: Predsjednik Povjerenstva:
 Prof. dr.sc. Goran Đukić Prof. dr.sc. Ivica Garašić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	3
POPIS TABLICA.....	4
POPIS KRATICA I OZNAKA	5
SAŽETAK.....	6
SUMMARY	7
1. UVOD	8
2. PLASTFORM d.o.o	9
2.1 Osnovne informacije o poduzeću	9
2.2 Proizvodni program	15
2.2.1 EPS za izolaciju.....	15
2.2.2 Kašete	16
2.2.3 Ambalažni proizvodi	17
2.2.4 3D reklamni proizvodi	18
2.2.5 XPS termoizolacijske ploče	19
2.3 Proizvodni proces	20
3. PRIKAZ SUSTAVA UNUTRAŠNJEG TRANSPORTA.....	29
3.1 Prikaz prostornog rasporeda proizvodne hale 1	30
3.2 Transportni sustav.....	34
3.3 Opis intralogističkog procesa proizvodne hale 1	37
3.4 Prikaz prostornog rasporeda proizvodne hale 2	42
3.5 Opis intralogističkog procesa proizvodne hale 2.....	45
4. ANALIZA VREMENA I ISKORISTIVOSTI SUSTAVA TRANSPORTA.....	48
4.1 Proračuni transportnih sustava proizvodne hale 1	49
4.1.1 Proračun protoka i iskoristivosti viličara u predhali	52
4.1.2 Proračun protoka i iskoristivosti viličara blok uređaja.....	55
4.1.3 Proračun protoka i iskoristivosti viličara linijskog stroja za rezanje i pakiranje	56
4.2 Proračuni transportnih sustava proizvodne hale 2	59
4.2.1 Proračun protoka i iskoristivosti transportnog sredstva za kašete.....	59
4.2.2 Proračun protoka i iskoristivosti viličara za presadnice.....	60
5. PRIJEDLOG UNAPREĐENJA.....	62
6. ZAKLJUČAK	65
LITERATURA.....	66

POPIS SLIKA

Slika 1. Organizacijska struktura tvrtke.....	9
Slika 2. Logo tvrtke Plastform d.o.o [2]	11
Slika 3. Prikaz makrolokacije tvrtke.....	13
Slika 4. Prikaz mikrolokacije tvrtke	14
Slika 5. Zapakirane EPS ploče za toplinsku izolaciju [2].....	16
Slika 6. Kašeta za ribe od EPS-a [2].....	17
Slika 7. Ambalaža od EPS-a [2]	18
Slika 8. Reklamni proizvodi od EPS-a [2].....	18
Slika 9. Izolacijske ploče od XPS-a [2]	19
Slika 10. Kutija sa zapakiranom sirovinom	20
Slika 11. Paletni regal sa kutijama sirovine.....	21
Slika 12. Sito za filtriranje granula	21
Slika 13. Predekspander.....	22
Slika 14. Silosi	22
Slika 15. Blok uređaj	23
Slika 16. Blok forma u skladištu.....	24
Slika 17. Automatizirani linijski stroj za rezanje i pakiranje.....	25
Slika 18. Robot pokraj linijskog stroja	25
Slika 19. Transport gotovih proizvoda pomoću viličara sa stezaljkom.....	26
Slika 20. Ambalažni strojevi druge proizvodne hale	27
Slika 21. Ambalažni stroj.....	27
Slika 22. Zapakirane kašete spremne za transport.....	28
Slika 23. Pogled na tvrtku sa označenim objektima	29
Slika 24. Raspodjela prostora proizvodne hale 1	31
Slika 25. Prikaz objekata prostora prvog odjela	32
Slika 26. Prikaz objekata prostora drugog odjela	33
Slika 27. Viličar sa stezaljkom	34
Slika 28. Čeoni viličar	35
Slika 29. Ručni paletni viličar.....	36
Slika 30. Transportna kolica	36
Slika 31. Prikaz transportnih ruta u predhali	37
Slika 32. Prikaz transportnih ruta vezanih za blok uređaj	39
Slika 33. Prikaz transportnih ruta vezanih za linijski stroj	40
Slika 34. Prikaz transportnih ruta vezanih za konturnu rezalicu	41
Slika 35. Raspodjela prostora proizvodne hale 2.....	42
Slika 36. Prikaz objekata proizvodne hale 2.....	44
Slika 37. Prikaz transportnih ruta vezanih za sirovinu u proizvodnoj hali 2	45
Slika 38. Prikaz transportnih ruta vezanih za gotove proizvode u proizvodnoj hali 2	46
Slika 39. Usporedba emisija plinskog i električnog viličara [12].....	63
Slika 40. Primjer sigurnosnih podnih oznaka [15]	64

POPIS TABLICA

Tablica 1. Vremensko trajanje transportnih zadaća u predhali	38
Tablica 2. Osnovni podaci o transportnim rutama vezanih za blok uređaj	39
Tablica 3. Osnovni podaci o transportnim rutama vezanih za linijski stroj	41
Tablica 4. Osnovni podaci o transportnim rutama u drugoj proizvodnoj hali	47
Tablica 5. Evidencija zaliha sirovine	52
Tablica 6. Evidencija rada blok uređaja	55
Tablica 7. Evidencija rada linijskog stroja	56
Tablica 8. Evidencija proizvodnje ribljih kašeta	59
Tablica 9. Evidencija proizvodnje presadnica	60

POPIS KRATICA I OZNAKA

Kratika	Opis
EPS	Ekspandirani polistiren (engl. Expanded polystyrene)
XPS	Ekstrudirani polistiren (engl. Extruded polystyrene)

Oznaka	Opis
m	metar
m/s	metar po sekundi
m²	metar kvadratni
s	sekunda
min	minuta
h	sat
kg	kilogram
kg/min	kilogram po minuti
t	tona

SAŽETAK

Ovaj diplomski rad se bavi detaljnom analizom sustava unutrašnjeg transporta tvrtke Plastform d.o.o. U prvom dijelu rada dani se osnovni podaci o odabranoj tvrtki, uključujući njegovu kratku povijest, organizacijsku strukturu, opis lokacije, proizvodi katalog i detaljan opis proizvodnog procesa. Drugi dio rada fokusirao se na detaljan prikaz sustava unutrašnjeg transporta proizvodnje. Objasnjeno je postrojenje tvrtke i opisani su intralogistički pravci koji se odvijaju u njemu. Na osnovi mjerenja postojećeg procesa napravljeni su proračuni potrebnog vremena transporta i iskoristivosti transportnih sredstava. Na poslijetku, dan je prijedlog unapređenja s obzirom na rezultat analize.

Ključne riječi: logistika, intralogistika, transport, transportno sredstvo, iskoristivost

SUMMARY

This master's thesis deals with a detailed analysis of the internal transport system of Plastform d.o.o. The first part of the paper provides basic information about the selected company, including its brief history, organizational structure, location description, product catalog and detailed description of the production process. The second part of the paper focused on a detailed presentation of the internal production transport system. The company's facility is explained and the intralogistics routes that take place in it are described. Based on measurements of the existing process, calculations were made of the required transport time and the utilization of means of transport. At the end, a proposal for improvement is given considering the result of the analysis.

Keywords: logistics, intralogistics, transport, means of transport, usability

1. UVOD

Logistika je proces strateškog upravljanja nabavom, kretanjem i skladištenjem materijala i gotove robe kroz organizaciju i njezine marketinške kanale, a na troškovno najefikasniji, najprimjereniji i najprofitabilniji način za organizaciju i kupca. Ona je ključna komponenta uspješnog poslovanja u današnjem globaliziranom svijetu. U okviru industrijskih poduzeća, tok materijala unutar proizvodnih pogona (hala) igra izuzetno važnu ulogu u optimizaciji procesa, smanjenju troškova i povećanju ukupne efikasnosti proizvodnje. Granu logistike koja se bavi kretanjem materijala u halama, odnosno fokusira se na optimizaciju internih logističkih procesa zovemo intralogistika. [1]

Proizvodne hale su vitalna jezgra mnogih industrijskih poduzeća. Unutar tih prostora, sirovine se pretvaraju u gotove proizvode, a efikasnost ovih procesa izravno utječe na konkurentske prednosti tvrtke. Intralogistički pravci unutar proizvodnih hala obuhvaćaju sve aktivnosti vezane uz transport, rukovanje materijalima, skladištenje i organizaciju resursa unutar proizvodnih prostora. Pravilno planiranje i upravljanje ovim aspektima ključni su za postizanje ciljeva poduzeća, kao što su smanjenje troškova proizvodnje, povećanje brzine isporuke proizvoda te minimiziranje gubitaka i zastoja u proizvodnji. Značajni dio učinkovitosti unutrašnjeg logističkog sustava ovisi i o optimizaciji transportnih sredstava i rutama kojima se kreću. Neadekvatno učinkoviti pravci kretanja mogu rezultirati pojavom zastoja ili lošom vremenskom iskoristivošću transportnih sredstava što se na kraju odražava na konkurentskoj prednosti tvrtke. [1]

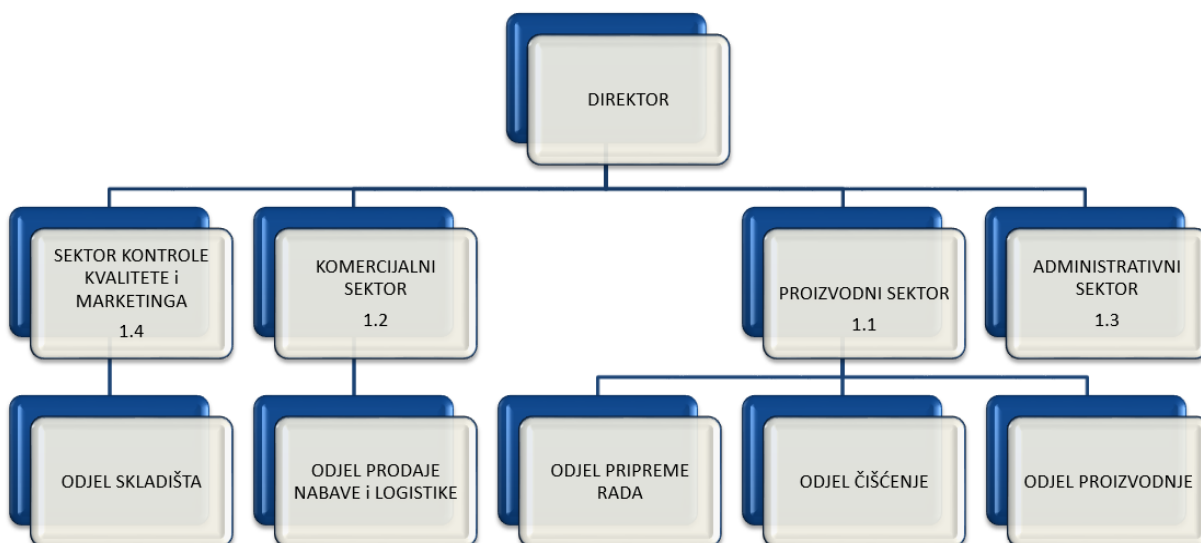
Cilj ovog rada stoga je dobiti detaljan uvid u funkcioniranje unutrašnjih tokova materijala i sustava transporta tvrtke Plastform, kako bi se otkrili eventualni nedostaci i ponudilo odgovarajuće rješenje. Prvi dio rada obuhvatit će osnovne podatke o tvrtki i njenom funkcioniranju a potom će se napraviti detaljan prikaz i opis obje proizvodne hale i toka materijala u njima. Kako bi se identificirali eventualni logistički problemi u radu tvrtke, provesti će se analiza mjerljivih komponenti transportnih pravaca sa naglaskom na vrijeme transporta i protok materijala. Pošto transportna sredstva u tvrtki karakterizira radu u ciklusima prijevoza, dobiti će se njihova vremenska iskoristivost, odnosno udio vremena u kojem ta sredstva obavljaju koristan rad. Na osnovi dobivenih podataka izvest će se zaključak o trenutnom stanju te će se na osnovi cijele analize dati prijedlog unapređenja koji bi trebao tvrtki pružiti korisne smjernice i informacije za nastavak poslovanja.

2. PLASTFORM d.o.o

Tvrtka Plastform osnovana je 1992. godine, a osnovna djelatnost tvrtke je proizvodnja stiropora za toplinsku izolaciju u graditeljstvu te proizvodnja ambalaže od stiropora za primjenu u industriji, ribarstvu i poljodjelstvu. Uz navedene proizvode, Plastform također izrađuje i razne dekorativne elemente po željama kupaca te granule, krupno i sitno mljeveni stiropor za proizvodnju termo žbuka i lakih betona. [2]

2.1 Osnovne informacije o poduzeću

Tvrtke trenutno broji 100 zaposlenika. Od toga 89 ih je zaposleno na lokaciji Šašincev (Zagreb) a 11 na lokaciji Kompolje. Ovaj rad fokusirati će se na postrojenje u Šašincevu. Od 89 zaposlenika, 46 ih radi u proizvodnji a 17 u skladištu. 2 osobe su zaposlene u računovodstvu, 8 u komercijalnom sektoru, 8 u tehničkom sektoru a 3 u logističkom sektoru. 5 zaposlenika je sa višom stručnom spremom i to: 2 ekonomista, 2 strojara i 1 prvostupnik građevine.



Slika 1. Organizacijska struktura tvrtke

Slika 1. prikazuje osnovnu hijerarhijsku strukturu tvrtke. Ona je podijeljena na 4. osnovna sektora: sektor kontrole kvalitete i marketinga, komercijalni sektor, proizvodni sektor i administrativni sektor. Svaki od ovih sektora odgovaraju glavnom direktoru Ivici Konječiću. Ovaj tip organizacijske strukture je vrlo blizak funkcionalnoj organizacijskog strukturi. Funkcionalna organizacijska struktura je oblik organizacijske strukture gdje se oblikovanje

organizacijskih jedinica, podjela rada i klasifikacija poslova izvršava prema određenim zadacima u poduzeću. Povezivanje odnosno grupiranje se provodi na način da se najprije formiraju uže organizacijske jedinice tj. grupe radnih mjesta, zatim šire i tako dalje, no uvijek na funkcijskoj osnovi kako bi se na kraju formirala šira funkcijska organizacijska jedinica. Ova vrsta organizacijske strukture je najzastupljenija i ujedno i najstariji oblik organizacijske strukture. Funkcionalne jedinice su u ovome slučaju sektori, koji su zaduženi za upravljanje zadaća (proizvodnje, komercijale, administrativnih, marketinga i kontrole kvalitete). [3]

Iako se ova organizacijska struktura uobičajeno koristi kod manjih i srednjih poduzeća koje se bave proizvodnjom jednog proizvoda i usluge, većina proizvodnje u Plastformu su derivati jedne vrste sirovine što olakšava organizaciju proizvodnje i omogućava izbor ovakve strukture. Osnovna prednost ove forme leži u tome što rukovodstvo odmah ima pristup informacijama o razvoju događaja. To rezultira pravilnim informacijama i sposobnošću brze reakcije u upravljačkom sustavu. Zbog toga, za situacije u kojima je asortiman proizvoda usko usmjeren, postoji visoka specijalizacija, visoka integracija tehnoloških procesa proizvodnje, niska razina podjele rada i manja složenost operacija, što omogućuje ovom modelu da ostaje najučinkovitijim oblikom industrijske organizacije. [3]

Tvrtka je inicijalno obavljala djelatnosti u privatnoj kući u Sesvetama kao improvizirana manufaktura sa troje zaposlenika. 1995. godine tvrtka kupuje zemljište na sadašnjoj lokaciji (Šašinovec) a potom, 3 godine kasnije, izgrađuje prvu limenu halu veličine 500 m². 2000. godine izgrađuje se prva glavna hala veličine 1000 m² te se naručuje i prva oprema. Inicijalizacija procesa završava 2002. godine kada je oprema kompletno instalirana i započinje proizvodnja blokova i izolacijskih ploča od EPS-a. Tada je tvrtka brojila 12 zaposlenika. Tijekom sljedećih godina, tvrtka bilježi konstantni rast i širi raspon svojih proizvoda. 2008. godine tvrtka donosi odluku o nabavi strojeva za proizvodnju u kalupima odnosno ulazak u tržište kašeta za ribarstvo, ambalaže za industriju i sličnih proizvoda. Tijekom financijske krize i samim time krize građevinarstva, tvrtka disperzira veći dio proizvodnje prema djelatnostima poljoprivrede i samim time ju uspijeva prebroditi i nastavlja rasti. 2019. godine tvrtka kreće u veliku nadogradnju. Počinje izgradnja nove osnovne hale veličine 5500 m² i naručena je oprema za novi proizvodni pogon izolacijskih ploča za građevinarstvo. Dio stare proizvodnje je preseljen u novo-napravljene hale a također je izgrađena i prva solarna elektrana na krovu stare postojeće hale. Iduće godine, tvrtka odlučuje preuzeti tvornicu EPS-sa u Komopolju i nakon temeljitog remonta pokreće proizvodnju. Od 2023. godine, lokacija u Komopolju prostire se na

30 000 m² zemljišta od čega je 2.600 m² stare hale a 2.200 m² nove hale koja je u završnoj fazi izgradnje. [2]



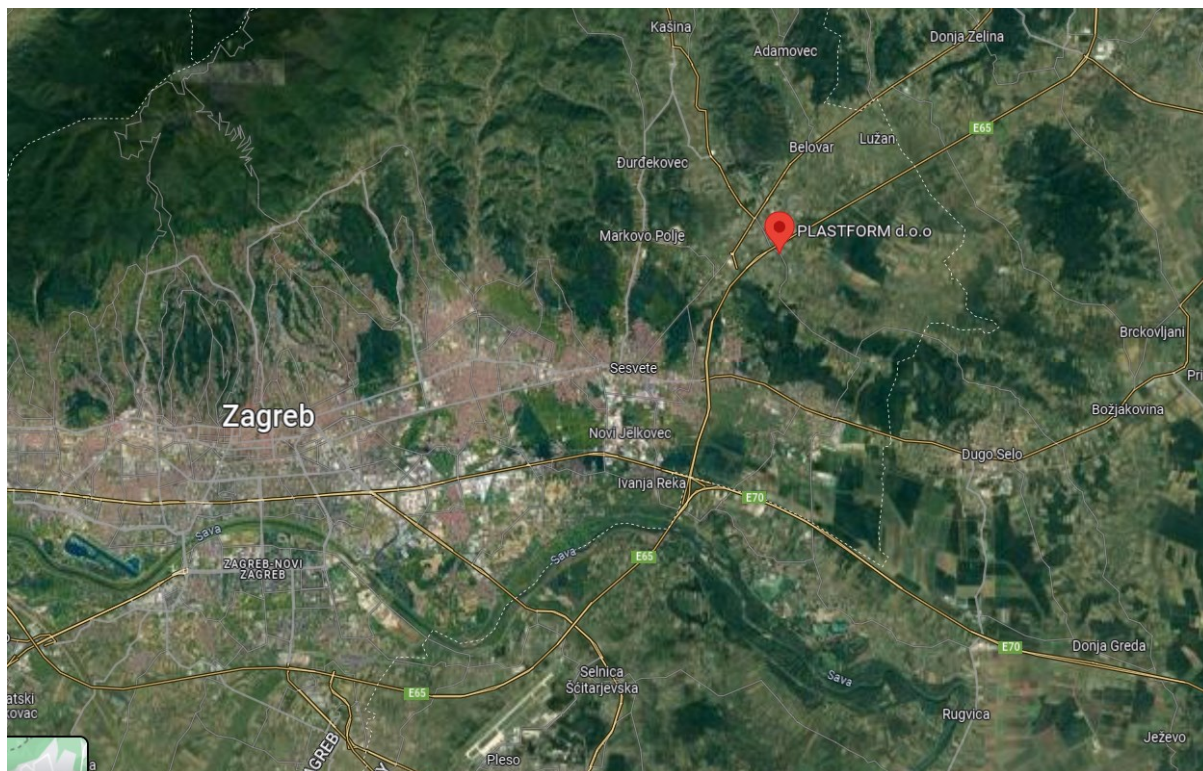
Slika 2. Logo tvrtke Plastform d.o.o [2]

Poduzeća imaju različite ciljeve, no osnovna svrha im je vlastiti opstanak, postignut putem stvaranja koristi za svoje zaposlenike. Zato je ključno optimizirati sve aspekte tvrtke kako bi se postigle maksimalne koristi i performanse. Faktor lokacije ključan je jer pomaže odrediti najprikladnije mjesto za implementaciju naše industrije, drugim riječima, idealno mjesto gdje će tvrtka ostvariti najveći mogući profit. Upravo ovdje leži važnost lokalizacije. Radi se o složenom procesu koji uključuje temeljito proučavanje svih potrebnih elemenata za poslovanje (sirovine, radna snaga, energija) te analizu svih mogućih faktora lokacije (politika regije, reputacija, komunikacije, pristup energiji) kako bi se pronašlo optimalno mjesto za implementaciju našeg poslovanja. Lokalizaciju možemo podijeliti na makrolokaciju i mikrolokaciju. [4]

Makrolokacija se odnosi na općenitu geografsku regiju ili područje unutar države u kojoj se poduzeće odlučuje smjestiti. Ova šira geografska razina obuhvaća razne čimbenike koji mogu utjecati na uspješnost poslovanja poduzeća, posebno onih koji se bave proizvodnjom. Odabir odgovarajuće makrolokacije za proizvodno poduzeće ima snažan utjecaj na sve aspekte operacija, logistike, troškova i konkurentske prednosti. Mikrolokacija poduzeća se odnosi na preciznu geografsku lokaciju na kojoj se poduzeće fizički nalazi ili obavlja svoje operacije. To je vrlo specifično područje unutar određenog gradskog dijela, industrijske zone ili ruralnog područja. Mikrolokacija se odnosi na konkretan prostor i okruženje u kojem poduzeće obavlja svoje aktivnosti, bilo da se radi o proizvodnji, trgovini, pružanju usluga ili drugim poslovnim aktivnostima. [4]

Najvažniji čimbenici koji se gledaju prilikom izbora lokacije su:

- Transportna infrastruktura i povezanost → Makrolokacija treba biti povezana s dobro razvijenom infrastrukturom, uključujući ceste, željeznice, zračne luke i luke. Ovo je ključno za olakšavanje transporta sirovina i gotovih proizvoda te za osiguravanje efikasnog lanca opskrbe. Ukoliko tvrtka trguje sa vanjskim partnerima, dobra povezanost osigurava pravovremen uvoz i izvoz na međunarodnoj razini.
- Dostupnost radne snage → Dostupnost kvalificirane radne snage u regiji je presudna jer omogućava povećavanje produktivnosti, održavanje kvalitete usluga ili proizvoda i omogućava rast odnosno ekspanziju tvrtke. Bitno je imati uvid u poziciju tvrtke u odnosu na obrazovne institucije, tehničke škole i sveučilišta koji mogu osigurati kontinuiran dotok kvalificirane radne snage potrebne za proizvodnju.
- Pristup energiji → Energija je osnovni resurs koji pokreće proizvodnju tako da je imperativ osigurati stabilan dovod osnovnih energenata kao što su struja i voda kako bi se proizvodni proces odvijao sa što manje fluktuacija. Efikasnost iskorištenja energije i njezina nabavna cijena također imaju veliki utjecaj na troškove i održivost poduzeća tako da je bitno povećati efikasnost a smanjiti cijenu.
- Regulatorni i društveni faktori → Važno je biti upoznat sa zakonodavnim okvirom regije koja se odnosi na poslovanje i proizvodnju. To znači sa zakonima, dozvolama, sigurnosnim standardima i drugim relevantnim propisima. Loša regulatorna okolina može dovesti do nesigurnosti i nepredvidljivosti poslovanja kao i povećanim troškovima.
- Ekološki faktori → Kod odabira lokacije moramo obratiti pažnju i na rizik od prirodnih katastrofa kao što su poplave i potresi, kao i ekološke uvjete i održivost regije. Valjalo bi proučiti ekološke standarde i propise kako bi osigurali da proizvodnja bude u skladu s okolišnim zahtjevima.



Slika 3. Prikaz makrolokacije tvrtke

Tvrtka Plastform d.o.o smještena je sjeverno-istočno od centra grada Zagreba u naselju Šašincevci koje je udaljeno od Sesveta za otprilike 7 kilometara a od centra Zagreba za oko 20 kilometara. Proizvodne tvrtke ove veličine se često smještaju na periferiju grada radi niza faktora. Cijene zemljišta su manje a dostupnost prostora je veća što je iznimno bitno za tvrtku kao što je Plastform koja zahtjeva mnogo prostora za svoja skladišta i pogon. U središtima gradova često postoje stroži propisi i regulacije koji mogu ograničiti poslovne aktivnosti. Ukoliko tvrtka planira rast i proširenje u budućnosti, periferne lokacije pružaju veći prostor i manji regulacijski pritisak što povećava mogućnost za širenje poslovanja. Nadalje, pristup prometnicama i logističkim čvorištima je često bolji a gužva manja. Lokalna cesta koja spaja Šašincevci neposredno je udaljena od ulaska na autocestu A4 (europski pravac E71) i omogućuje kretanje sjeverno u smjeru Mađarske ili pak južno prema čvoru Ivanja Reka. Neposredna blizina autoceste iznimno je od koristi poduzeću jer omogućava brži transport i logistiku unutar same države ali i lakšu međunarodnu trgovinu. Povezanost sa gradom i dalje omogućuje dovoz kvalificirane radne snage iz samog grada iako ne ide toliko na ruku zaposlenicima radi većeg vremena i troška putovanja u usporedbi sa tvrtkom koja je locirana u centru grada. Periferne lokacije, međutim, mogu biti posebno privlačne za radnike iz okolnih gradova ili naselja. Slika 3. iznad prikazuje makrolokaciju tvrtke u odnosu na grad Zagreb.

Zemljište tvrtke Plastform d.o.o smješteno je na rubu naselja Šašincev, i njegova površina iznosi otprilike 3.8 hektara ili 38.000 m². Oko 15.000 m² sačinjavaju dvije proizvodne hale, više natkrivenih skladišnih hala, objekata za održavanje i odležavanje poluproizvoda, administrativni prostori i laboratorij. Ostatak prostora, odnosno otprilike 20.000 m² otpada na uređeni i asfaltirani vanjski skladišni prostor. Slika 4. prikazuje satelitsku snimku zemljišta tvrtke unutar naselja Šašincev.



Slika 4. Prikaz mikrolokacije tvrtke

2.2 Proizvodni program

Proizvodi tvrtke Plastform u velikoj većini se svode na derivate ekspaniranog polistirena koji se proizvode u različitim oblicima. Većina proizvoda se naručuje u određenim količinama od strane kupca. Neki kupci traže praktički kontinuiranu opskrbu proizvodima (kao npr. kašete za ribe) čija dnevna količina varira ovisno o potrebama. U ovakvim slučajevima kupac je u stalnom kontaktu sa tvrtkom i korigira proizvodnju na dnevnoj bazi. Za najprodavanije proizvode čija potražnja zna varirati ali je uvijek relativno visoka, kao npr. izolacijske ploče, stvaraju se zalihe kako bi se omogućila pravovremena isporuka u volatilnim situacijama, dok se proizvodi poput reklama primjerice izrađuju striktno po narudžbama.

Ekspanirani polistiren (EPS ili Stiropor) je kruti termoplastični pjenasti materijal sa zatvorenim ćelijama proizveden od krutih zrnaca polistirena, koji je polimeriziran iz monomera stirena i sadrži ekspanzijski plin (pentan) otopljen u polistirenskim zrnacima. Svaka čvrsta polistirenska kuglica sadrži male količine plina koji se širi kada se primijeni toplina (u obliku pare), tvoreći tako zatvorene ćelije EPS-a. Ove ekspanirane ćelije zauzimaju približno 40 puta veći volumen od izvorne polistirenske kuglice, pa se s drugom toplinskom obradom pomoću kalupa veliki EPS blokovi mogu oblikovati u specifične prilagođene oblike. [6]

2.2.1 EPS za izolaciju

Stiropor se između ostalog koristi i za termoizolaciju, a dobar je izbor za tu namjenu jer je jeftiniji u odnosu na ostale termoizolacijske materijale uz bolja termoizolacijska svojstva. Stiropor nije toksičan jer ne sadrži ugljikovodike supstituirane halogenim elementima (poput fluora i klora). Njegovom upotrebom mnogostruko više se energije uštedi nego što je potrebno za njegovu proizvodnju. Stiropor je također moguće u potpunosti reciklirati što ga čini važnim čimbenikom u zaštiti okoliša. Plastopor stiropor se u tvrtki proizvodi sa modernom vakuum tehnologijom koja omogućava da dobivena kvaliteta proizvoda zadovolji hrvatskim (HRN EN 13163) i europskim normama (EN 13163). (vidi slika 5.) [5] [7]



Slika 5. Zapakirane EPS ploče za toplinsku izolaciju [2]

2.2.2 Kašete

Kašete su posebno izrađeni sanduci u koje se smješta ulovljena riba (vidi Slika 6.). EPS je izuzetno otporan na udarce i njegova čvrstoća na tlak omogućavaju da se koristi u obliku zaštitnog pakiranja za proizvode i stvari velike vrijednosti. Pošto je EPS lagan, izdržljiv i raznovrstan, može se ukalupiti u bilo koji oblik i izraditi u bilo kojoj dimenziji pa je radi toga pogodan za izradu kašeta. [2]

Korištenje EPS-a u proizvodnji ambalažnih kašeta za transport ima brojne prednosti. Jedan od faktora je taj što EPS ne doprinosi razvoju bakterija i ima dobra svojstva te ne upija vodu. Isto tako od svih materijala koja se pojavljuju na tržištu, a koriste se za proizvodnju kašeta za ribu, EPS/stiropor ima najbolja izolacijska svojstva. Dobra izolacijska svojstva EPS omogućavaju efikasno održavanje niske temperature što je kod transporta ribe izuzetno bitno jer je riba podložna brzom kvarenju pa je niske temperature održavaju svježom. Ribu je potrebno odmah po ulovu ohladiti i takvu je u kašetama od EPS materijala distribuirati do krajnjih potrošača čime se osigurava njezina svježina. Radi prethodno navedenih razloga preporučuje se korištenje kašeta za ribe od EPS-a kod distribucije ribe u kanalima gdje nije u potpunosti osigurano hlađenje i to sve u svrhu što dužeg održavanja niske temperature ribe. Također, jedna od prednosti korištenja kašeta za ribu od EPS-a jest što zbog svoje male težine ne povećavaju troškove transporta. Konstrukcija kašeta je takva da omogućava skladištenje jedne kašete na drugu i time se tijekom prijevoza ribe zauzima manji dio prostora u transportnom vozilu. [2]



Slika 6. Kašeta za ribe od EPS-a [2]

2.2.3 Ambalažni proizvodi

Ambalaža je ime za zaštitni omotač kojim se obavlja neki proizvod, kako bi se smanjila mogućnost oštećenja tog proizvoda tijekom transporta od mjesta proizvodnje ili isporuke do primatelja. Plastform proizvodi ambalaže od EPS-a u različitim konfiguracijama u širokom spektru djelatnosti, kao što je sektor oprema za grijanje, klimatizaciju, ventilaciju, cjeviva, farmakološke proizvode, svježu ribu, hortikulture, zamrznutu hranu i hranu za kućnu dostavu (vidi Slika 7.). Pošto se ambalaža skoro pa uvijek odbacuje nakon primitka proizvoda (ukoliko se ne koristi za kasnije spremanje), mogućnost EPS da se 100% reciklira je od iznimne važnosti za okoliš. [2]



Slika 7. Ambalaža od EPS-a [2]

2.2.4 3D reklamni proizvodi

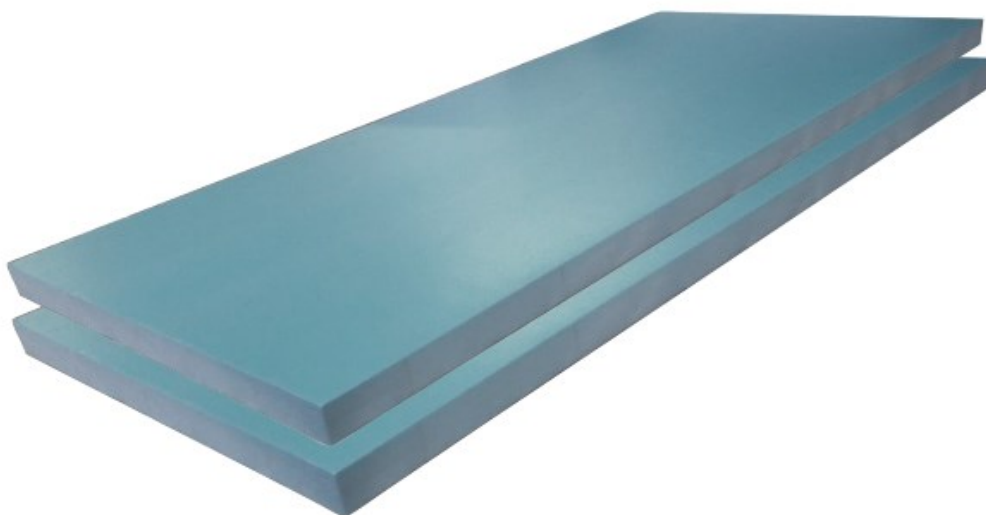
Uporaba EPS nalazi se i u reklamiranju i promoviranju tvrtki i proizvoda. Neke od mogućnosti koje je moguće zatražiti po narudžbi su: rezanje reklamnih natpisa, dekorativnih elemenata, slova, brojeva, raznih oblika i crteža za interijere i eksterijere (mega reklame), logotipovi tvrtke, reklamni natpisi i elementi, izrada scenografije, kulisa i scenskih rekvizita za film, obilježavanje priredbi i događaja itd. (vidi Slika 8.). [2]



Slika 8. Reklamni proizvodi od EPS-a [2]

2.2.5 XPS termoizolacijske ploče

XPS ploče su također jedan od proizvoda tvrtke (vidi Slika 9.) Kao i one od EPS-a, koriste se kao toplinsko izolacijski materijal. Za razliku od EPS-a, izolacija od ekstrudiranog polistirena (XPS) proizvodi se postupkom ekstruzije. Ovaj kontinuirani proces rezultira zatvorenom ćelijskom strukturom s glatkom površinom na vrhu i dnu ploče. Zatvorena ćelijska struktura ekstrudiranog polistirena (XPS) sprječava prodiranje vode u strukturu izolacijske ploče i pruža dugoročnu čvrstoću i trajnost. Zbog ovih svojstava ploče XPS-a su namijenjene za termoizolaciju mjesta s većim mehaničkim opterećenjem i fasada za izolaciju podzemnih prostora sa zahtjevom male vodoupojnosti. [3] [4]



Slika 9. Izolacijske ploče od XPS-a [2]

2.3 Proizvodni proces

Proizvodni proces započinje dolaskom zapakiranih sirovina u kamionima. Sirovine se većinom uvoze iz pouzdanih dobavljača, najčešće iz država zapadne Europe (Njemačka, Češka, Nizozemska). Ulaskom kamiona u dvorište, istovar se obavlja viličarom tako što se paketi sirovina transportiraju u regale ili na pod u predhali, te se sortiraju ovisno o tipu sirovine (vidi Slika 11.). Sirovine dolaze kao zapakirane granule polistirena u kartonskim kontejnerima od tvrdo prešane kartonske ambalaže koji su obloženi polietilenskom folijom (vidi Slika 10.).



Slika 10. Kutija sa zapakiranom sirovinom

Predhala je također zona rizika od zapaljenja jer je stiropor gorljiv materijal, stoga se moraju održavati sigurnosne mjere na radu kako ne bi došlo do ozljeđivanja radnika i oštećenja materijala i samog prostora. Proces se nastavlja tako što se ovisno o nalogu predekspanzije koji izdaje vođa proizvodnje, odabire određeni tip sirovine koja se potom puni u sito (vidi Slika 12.). Iz sita se putem sistema cjevovoda koji prolazi kroz zid, sirovina šalje u predekspander koji se nalazi u drugoj prostoriji.



Slika 11. Paletni regal sa kutijama sirovine



Slika 12. Sito za filtriranje granula

Granule polistirena izlažu se vodenoj pari u predekspanderu (vidi Slika 13.). Uslijed djelovanja pregrijane pare granule povećavaju svoj volumen do zadane veličine (oko 20-40 puta), a njihova se gustoća smanjuje (sa oko 600 kg/m³ na 15-30 kg/m³). Dobivene granule se nakon sušenja u flisbetu transportiraju cjevovodima u silose za odležavanje (vidi Slika 14.). Sa predekspanderom se upravlja preko modula za upravljanje na prednjoj strani stroja.



Slika 13. Predekspander

Sljedeća Faza sačinjava postupak dozrijevanja granula u paropropusnim silosima četiri do pet dana. Materijal mora odstajati da bi se u silosima izvršila izmjena zraka i pentana koja traje od 8 do 24 sata, ovisno o tipu granula, prije početka sljedećeg proizvodnog procesa.



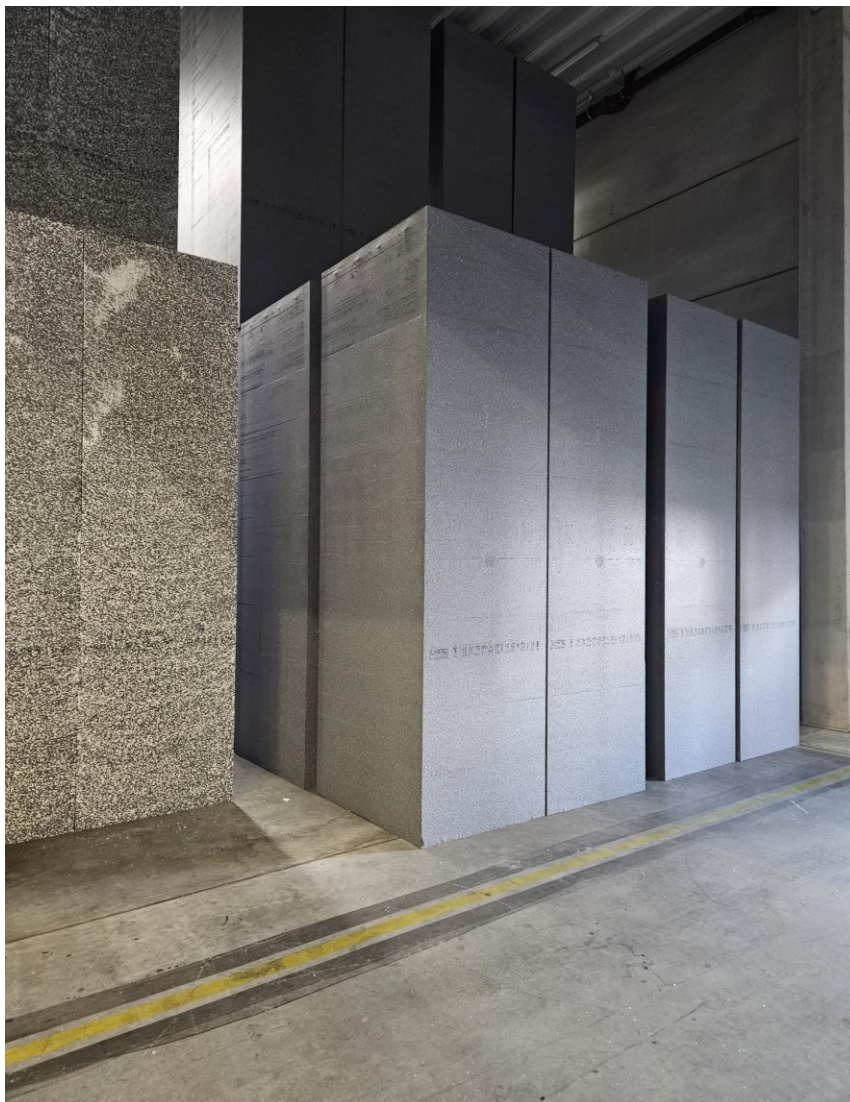
Slika 14. Silosi

Nakon stabilizacije, granule se pneumatskim cjevovodima transportiraju ovisno o proizvodu koji se proizvodi. Za rezane proizvode, odležane granule šaljemo u metalni kalup odnosno blok uređaj (vidi Slika 15.). U njemu djelovanjem suhozasićene vodene pare dolazi do konačne ekspanzije granula stiropora. Zbog ograničenog prostora za širenje dolazi do njihovog sljepljivanja u monolitnu formu koja se sastoji od zatvorenih ćelija.



Slika 15. Blok uređaj

Gotovi blokovi (poluproizvod) se potom viličarima odvoze na skladište blokova gdje se odležavaju radi stabilizacije i smanjenja napetosti u bloku, što će omogućiti izrezivanje različitih formata koji neće naknadno mijenjati dimenziju (vidi Slika 16.). Prije završne obrade blokovi trebaju odstajati minimalno 3 dana da ne bi došlo do zapaljenja pri rezanju užarenom žicom. Blokovi katkad znaju odstajati i do 2 mjeseca prije nego se nastave dalje obrađivati.



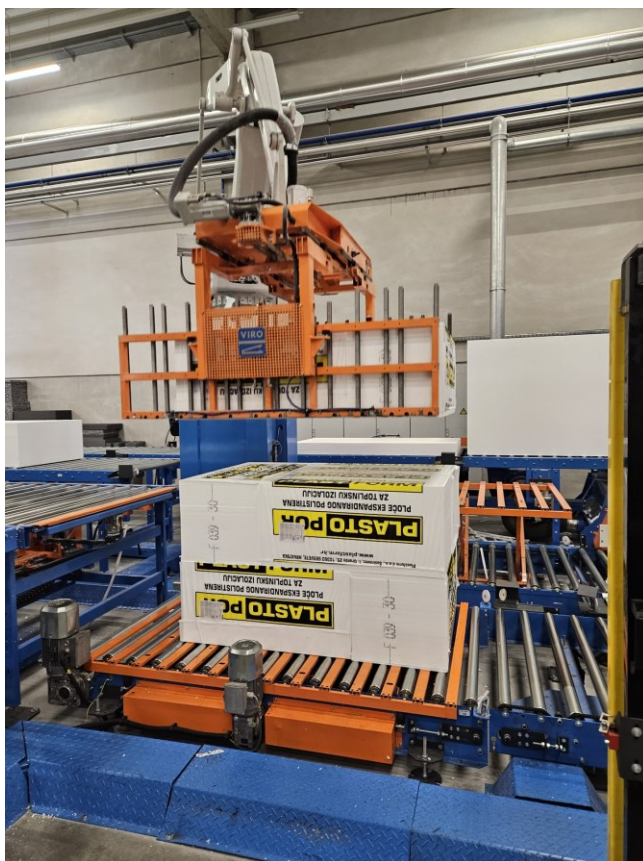
Slika 16. Blok forma u skladištu

Kad je stiropor spreman za daljnju obradu, viličarom se transportira iz skladišta u prostor gdje se vrši obrada. Za rezanje stiropora se koristi više strojeva za obradu. Sa strojem s ugrijanim bakrenim nitima, stiropor se postavlja na traku koja putuje kroz bakrene niti koje ga potom režu na željene dimenzije u građevinske ploče (vidi Slika 17.). U tvrtki se koristi i konturna rezalica (CNC rezalica) kako bi se izrezivali razni oblici.

Sav otpad koji nastaje nakon rezanja odlazi na mlin gdje se usitnjuje te se pneumatskim cjevovodima vraća u silos. Pomoću dozatora miješa se s granulama te se ponovno koristi u izradi blokova. Ukoliko postoji nalog građevinske ploče, odvozi se na obradu utora na stroju glodalica. Nakon što se stiropor izreže u ploče određenih dimenzija, vrši se pakiranje u prozirnu PE foliju s logom i adresom proizvođača (vidi Slika 18.). Slika 19. prikazuje utovar zapakiranih proizvoda viličarom sa stezaljkom.



Slika 17. Automatizirani linijski stroj za rezanje i pakiranje



Slika 18. Robot pokraj linijskog stroja



Slika 19. Transport gotovih proizvoda pomoću viličara sa stezaljkom

Prije skladištenja gotovog proizvoda vrše se detaljna ispitivanja mehaničkih i fizikalnih svojstava stiropora u svrsi kontrole kvalitete. Neke provjere kvalitete se obavljaju u ranijim fazama kao što je kontrola tlaka, temperature itd. u fazi predekspanzije.

U procesu proizvodnje ambalaža izabiru se drugačije sirovine od onih za izradu blokova. Stabilizirane granule se pneumatskim cjevovodima transportiraju u stroj za izradu oblikovanih elemenata, gdje se, ovisno o alatu montiranom na tom stroju, proizvodi zahtijevana ambalaža (vidi Slika 20. i 21.). Najčešći proizvod su kašete, koje se nakon proizvodnje pakiraju u foliju sa logom i transportiraju u skladište gotovih proizvoda kao i ostali proizvodi (vidi Slika 22.). U slučaju škartnih proizvoda, oni se melju i transportiraju pneumatskim cjevovodima natrag u silose te se koriste u proizvodnji blokova.



Slika 20. Ambalažni strojevi druge proizvodne hale



Slika 21. Ambalažni stroj

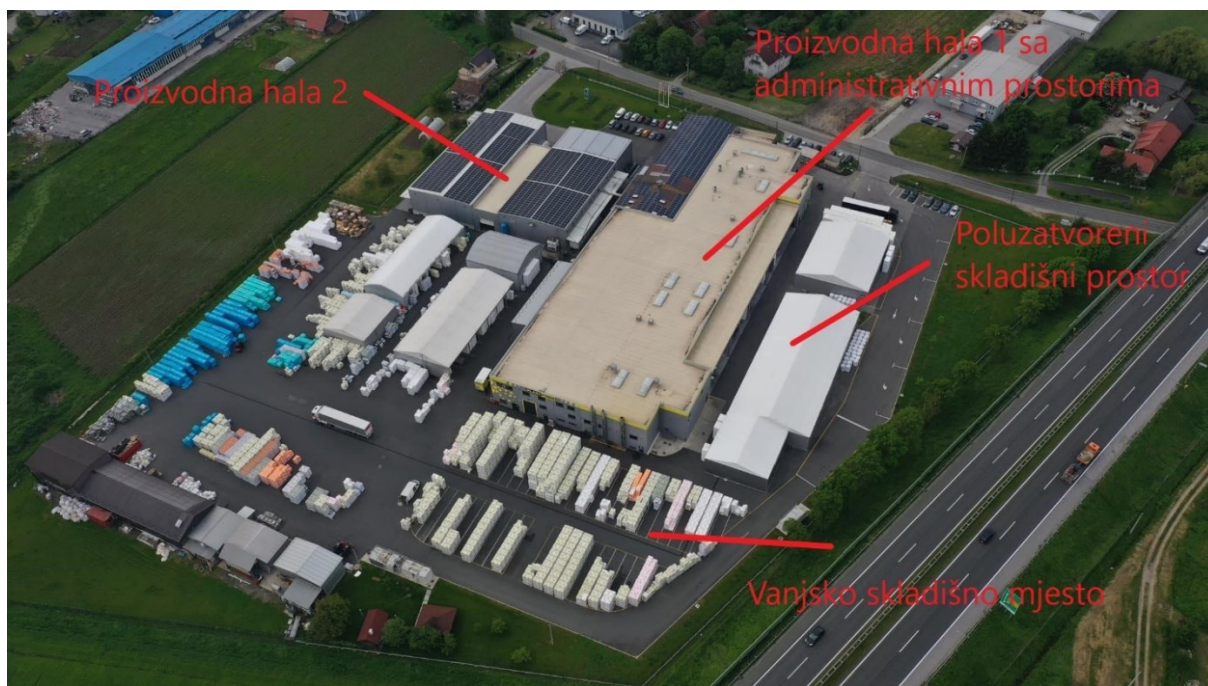


Slika 22. Zapakirane kašete spremne za transport

3. PRIKAZ SUSTAVA UNUTRAŠNJEG TRANSPORTA

Proizvodni procesi u tvrtki Plastform d.o.o odvijaju se u dvama proizvodnim halama. Oba dvije hale podijeljene su na prostorne jedinice različite namjene te su specijalizirane za proizvodnju određene vrste proizvoda. Proizvodne hale strukturirane su oko glavnog proizvodnog prostora u kojemu su smješteni predekspanderi, strojevi za proizvodnju, rezalice i pakirnice.

Uz glavni prostor gdje se vrši proizvodnja, za pregled logističkih ruta proizvodnog procesa bitni su još i prostori u kojima se drži i potom prenosi sirovina kao i poluzatvoreni skladišni prostori koji su integrirani sa proizvodnom halom. U svrhu pojednostavljenja vizualnog prikaza, izostaviti će se detalji pomoćnih soba i prostora koje imaju važnu ulogu u proizvodnom procesu ali nisu relevantne za pregled sustava unutrašnjeg transporta kao što je npr. kotlovnica. Na slici 23. označeni su glavni dijelovi postrojenja.



Slika 23. Pogled na tvrtku sa označenim objektima

3.1 Prikaz prostornog rasporeda proizvodne hale 1

Prva proizvodna hala namijenjena je primarno proizvodnji ploča od stiropora, koje se koriste za toplinsku izolaciju, i ručno rađenih stiropora unikatnih oblika koji služe kao ambalaža ili dekoracija. Ploče za izolaciju proizvode se u različitim oblicima i veličinama. Podne ploče se recimo proizvode na odvojenom stroju u usporedbi s proizvodnjom zidnih ploča.

Prostor prve hale dijelimo na četiri osnovna prostora (vidi Slika 24.):

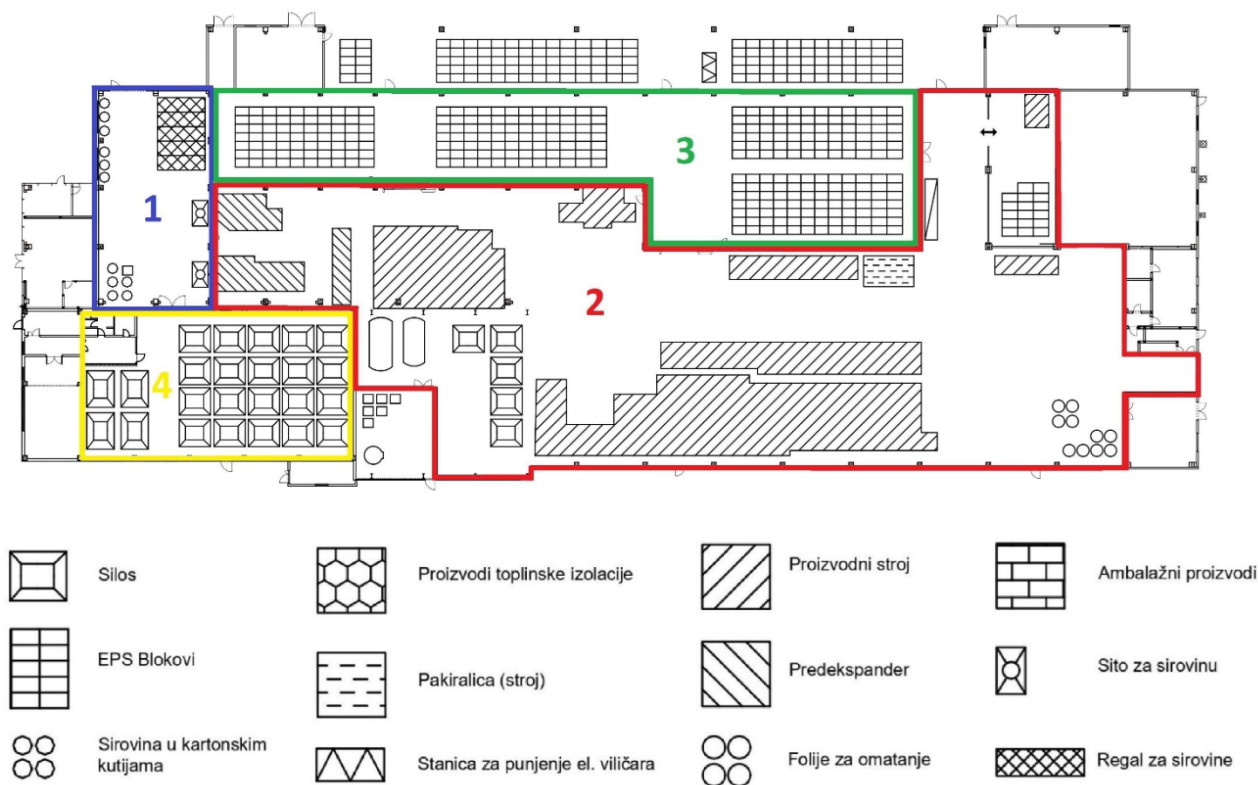
1. Predhala
2. Glavni proizvodni prostor
3. Zatvoreno skladište za blokove
4. Prostorija za silose

U glavnom dijelu hale smješteni su sljedeći proizvodni strojevi: blok uređaj, automatizirana robotska linijska rezalica i pakiralica, stroj za rezanje i pakiranje podnih izolacijskih ploča, zamjenska rezalica, blok preša, dvije konturne rezalice, ručna pakiralica i stroj za reciklažu. Škart se zbrinjava tako što se stavlja u posebni stroj za recikliranje koji je smješten u prolazu hale. U ovom prostoru se također drže i folije koje se koriste prilikom pakiranja proizvoda te su one odložene na pod u kutu prostorije.

Predhala služi kao prostor u kojem se skladišti sirovina koja se istovarila viličarom iz kamiona. Istovar se odvija neposredno ispred ulaza u prostor. Sirovina se čuva u posebnim kartonskim kutijama koje su položene na paletu koja je zatim stavljena u regal ili na pod prostorije na mjestu na kojem ne smeta (obično uz rub zida). U prostoriji se također nalaze 2 sita pozicionirana uz rub zida i povezana pomoću cjevovoda sa predekspanderom iz susjedne prostorije. Svrha sita je da se olakša unášanje sirovine u predekspander i da filtrira eventualne nečistoće u granulama.

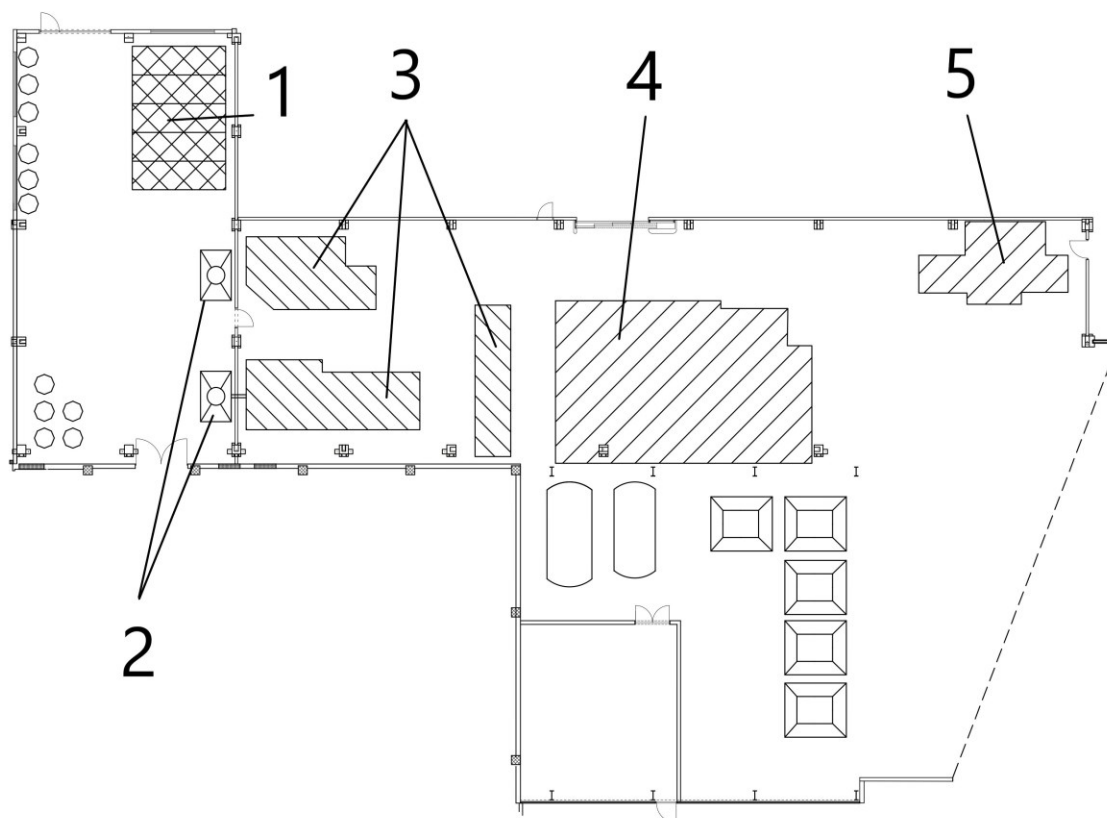
Soba sa silosima isključivo je namijenjena odstajavanju ekspanziranih granula i praćenju njihovog stanja. Te granule će potom biti iskorištene za daljnji dio proizvodnog procesa. Silosi su povezani sustavom cjevovoda koji omogućuje punjenje silosa nakon rada predekspandera i njegovo pražnjenje kada se poluproizvod crpi za izradu blok forme. Prijevoz sirovine se u dakle ovom dijelu procesa odvija internim, strojnim putem, bez direktnog ljudskog rada.

Skladište blokova koje je integrirano unutar proizvodne hale omogućuje očuvanje blokova od vanjskih nepovoljnih utjecaja i pošto je locirano neposredno pokraj proizvodnog dijela hale izuzetno skraćuje vrijeme transporta blokova. Na slici 24. prikazana je raspodjela osnovnih prostora unutar prve hale:



Slika 24. Raspodjela prostora proizvodne hale 1

Radnici u proizvodnoj hali 1 dijele se na 2 “odjela” ili tima. Prvi odjel zadužen je za aktivnosti vezane za inicijalni dio proizvodnog procesa odnosno dobivanje blokova EPS-a. Zadaće za koje su oni odgovorni uključuju: upravljanje i manipulaciju sirovine iz predhale, rukovanje i nadzor nad predekspanderima i blok uređajem, rukovanje sa blok prešom kada je potrebno i transport gotovih blokova na skladište. Odjel se sastoji od 3 radnika, od kojih je jedan voditelj. On je zadužen za izvršenje naloga, nadzora postavki strojeva i vođenje evidencije, a katkada pomaže i u samom transportu jer je osposobljen upravljati viličarom. Praksa je da po potrebi, radnici koji su slobodni na drugim dijelovima postrojenja budu pozvani pomoći određenom odjelu, pa tako i ovome, kako bi se izbjegli zastoji. Kompanija u prosjeku ima višak radnika na nekim pozicijama kako bi mogla u zahtjevnim situacijama osigurati kapacitet za brzo djelovanje.



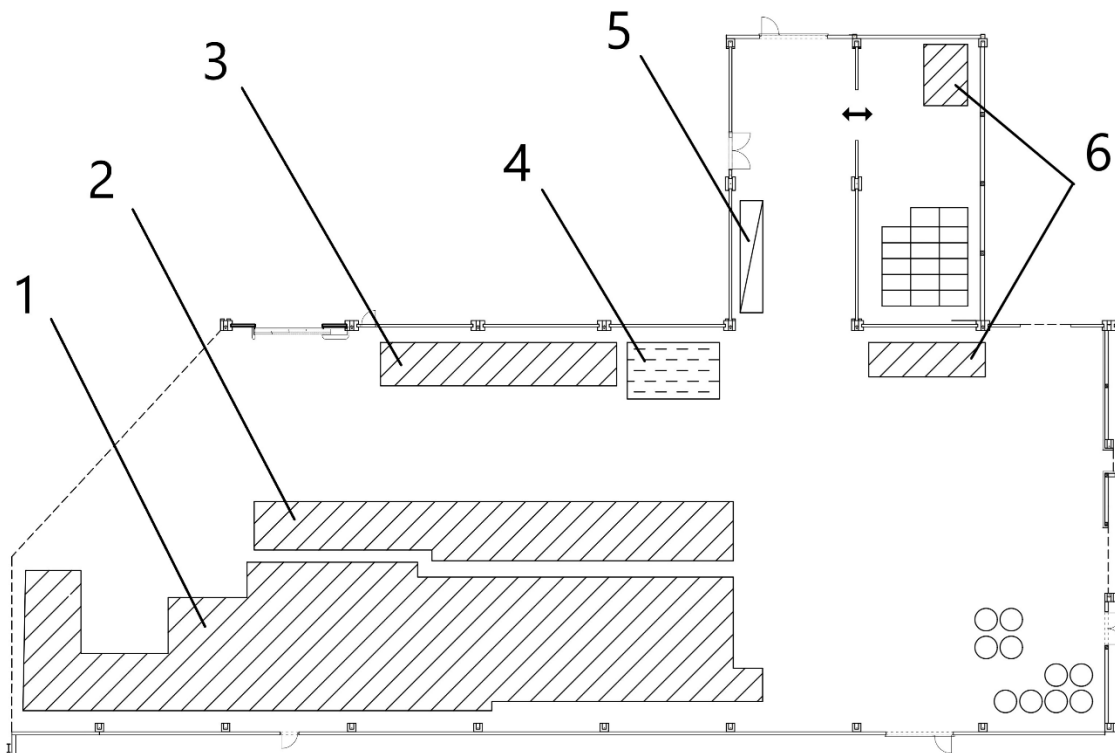
Slika 25. Prikaz objekata prostora prvog odjela

Slika 25. prikazuje prostor za koji je zadužen prvi odjel sa označenim pripadajućim relevantnim objektima a oni su:

1. Paletni regal za sirovinu
2. Sito
3. Predekspander
4. Blok uređaj
5. Blok preša

Drugi odjel je zadužen za drugi dio proizvodnog procesa u kojima se gotovi i odstajali blokovi transportiraju do strojeva, prvobitno različitih vrsta rezalica, koje ih potom obrađuju te se tako izrezan stiropor u finalnoj fazi procesa slaže i omata folijom pomoću posebnih strojeva za pakiranje. Jedan dio tima unutar odjela zadužen je za upravljanje i nadzor linijskih strojeva: automatiziranom robotskom linijom za rezanje i pakiranje koja proizvodi ploče za toplinsku izolaciju, i linijskim strojem za rezanje i pakiranje podnih ploča. Drugi dio tima bavi se ručnom izradom koja se vrši uporabom konturnih rezalica i na posljjetku pakiranjem gotovih proizvoda

pomoću ručnih pakirnica. Ručna vrsta obrade ostavlja više škarta tako da je ovaj dio radnika primarno zadužen za uporabu reciklažnog stroja.



Slika 26. Prikaz objekata prostora drugog odjela

Slika 26. prikazuje prostor i označene pripadajuće relevantne objekte za koje je zadužen drugi odjel a oni su redom:

1. Automatizirana robotska linijska rezalica i pakiralice
2. Linijska rezalica i pakiralice za podno grijanje
3. Zamjenska rezalica
4. Ručna pakirница
5. Reciklažni stroj
6. Konturna rezalica

3.2 Transportni sustav

Za transport materijala, većinom se koriste različite vrste viličara ovisno o tipu zadatka za koji su zaduženi. Radnici proizvodne hale 1 raspolažu sa dva čeona viličara i dva viličara sa stezaljkama. Uz to, imaju na raspolaganju i električni paletni viličar i više ručnih viličara i transportna kolica. Viličar sa stezaljkama (vidi Slika 27) najsvestraniji je viličar radi svoje sposobnosti da obavlja različite vrste zadaća. Njegove stezaljke omogućavaju mu da transportira blok forme i zapakirane proizvode bez uporabe dodatnih paleta, a tako da ih ne ošteti, stoga je on primarno korišten za njihov transport. Stezaljke se mogu raširiti u toj mjeri da je moguće transportirati dva bloka ili veća paketa gotovih proizvoda u isto vrijeme. On također može obavljati zadaće transporta kartonskih kutija sirovine koje se stavljaju na paletu kao i njihovo smještanje na regale. Maksimalna brzina mu je 18 km/h, dok prosječno na ravninama ostvaruje oko 15 km/h tijekom vožnje.



Slika 27. Viličar sa stezaljkom

Čeoni viličar svoju primarnu upotrebu pronalazi u istovaru sirovine i njezinom transportu do sita, kao i za transport gotovih proizvoda koji koriste palete. Ručni viličari i transportna kolica se koriste u situacijama kada upotreba samopogonskih viličara nije opravdana ili dovoljno

efikasna radi specifičnosti tog dijela procesa zbog faktora kao što su udaljenost ili učestalost transporta, brzina utovara i istovara, manjak prostora ili oblik gotovog proizvoda. Sljedeće slike prikazuju ostala navedena sredstva transporta u poduzeću:



Slika 28. Čeoni viličar



Slika 29. Ručni paletni viličar



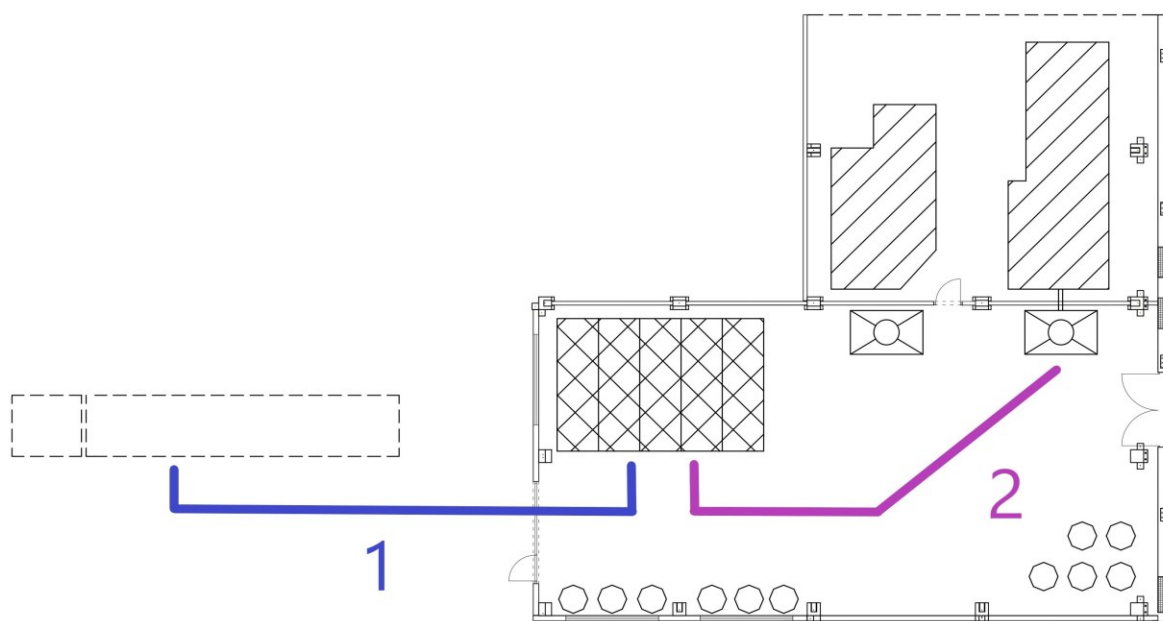
Slika 30. Transportna kolica

3.3 Opis intralogističkog procesa proizvodne hale 1

Logistički lanac u proizvodnoj hali 1 je sljedeći:

Istovar sirovine → Transport sirovine u sito → Transport blok forme sa blok uređaja na skladište → Transport blok forme sa skladišta na odgovarajući stroj → Transport gotovog proizvoda na skladište → Utovar gotovog proizvoda u kamion

Prva dva procesa odvijaju se u predhali (vidi Slika 31.). Tok materijala započinje istovarom kutija sirovine iz kamiona, koja najčešće dolaze u vremenskim razmacima kako se ne bi dogodio zastoj. Kamioni dolaze u jutarnjoj smjeni kako bi se tijekom korištenja zaliha unutar radnoga dana, one mogle obnoviti u toj mjeri da uvijek postoji dostatna količina rezervnih zaliha. Udaljenost putanje istovara od kamiona do paletnog regala je mala jer kamion staje neposredno ispred ulaza u predhalu a iznosi oko 12 do 15 metara. Kutije sirovine se istovaruju čeonim viličarom i prije samog unošenja u regal stavljaju se na dodatnu paletu širih dimenzija, koja se poklapa sa dimenzijama regala, kako bi se osigurala stabilnost kutije. Transport sirovine za predekspander odvija se tako da se kutija sirovine sa čeonim viličarom prenese sa regala na vrh sita gdje se potom ručno izreže kako bi sirovina „iscurila“. Prvi odjel u proizvodnoj hali 1 ima na raspolaganju sveukupno jedan viličar sa stezaljkom i jedan čeon viličar. Uz to, koristi se i ručni paletni viličar po potrebi.



Slika 31. Prikaz transportnih ruta u predhali

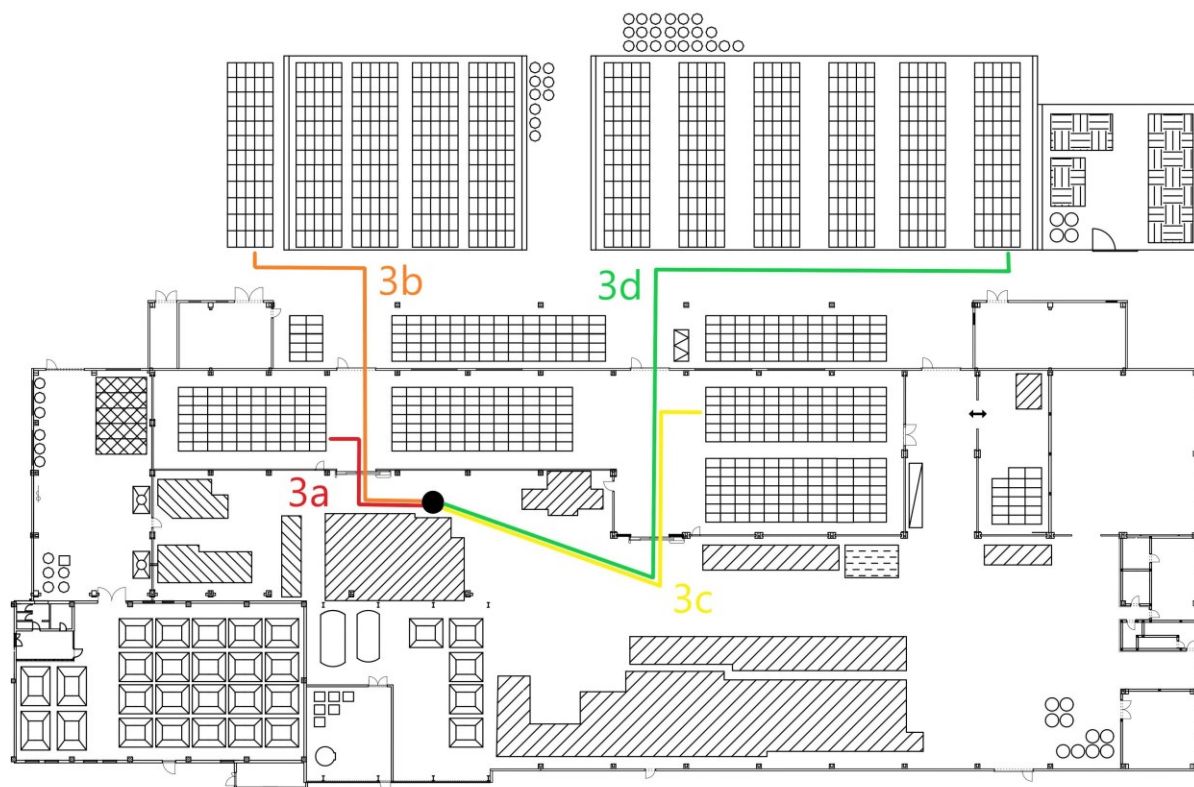
	Ukupno vrijeme istovara kamiona sirovine	Vrijeme transporta jedne vreće za pripremu ekspandera
Radnik 1	47 min	39 s
Radnik 2	32 min	32 s
Radnik 3	58 min	48 s

Tablica 1. Vremensko trajanje transportnih zadaća u predhali

Tablica 1. daje uvid u prosječno trajanje zadaća koje se odvijaju u prostoru predhale. S obzirom da su za vrijeme mjerenja kamioni imali sličnu količinu sirovine, brzina istovara ovisna je o spretnosti i vještini radnika a kreće se između 30 i 60 minuta. Vrijeme pripreme jedne vreće sirovine za predespander traje otprilike oko 10 minuta. Samo mali dio tog vremena se odnosi na sam transport vreće sa regala na sito, i on iznosi između 20-40 sekundi zavisno o vještini radnika. Većina vremena se odnosi na ručnu obradu vreće odnosno njeno rezanje i baratanje kako bi ispustila svoje granule u sito određenim tempom.

Sljedeća ruta u transportnom lancu je ona kada se proizvedena blok forma transportira sa blok uređaja na skladišna mjesta određena posebno za blokove. Blokovi se uobičajeno drže na poluzatvorenom prostoru u vanjskim natkrivenim objektima ili u integriranom skladištu koje je dio glavnog objekta. Ukoliko su poluzatvorena i zatvorena skladišna mjesta popunjena, blokovi se također mogu držati na otvorenom ukoliko to vremenski uvjeti dopuštaju. U takvim slučajevima prioritizira se potrošnja tih blokova kako ne bi došlo do situacije da navedeni blokovi bivaju oštećeni radi nepovoljnih vremenskih uvjeta.

Za izračun trajanja transporta ovog ciklusa uzeli smo 4 proizvoljne rute koje viličar prolazi, uključujući po udaljenosti najkraću i najdalju. Ukupna udaljenost koju viličar prolazi za jedno mjerenje jest put od kada podigne blokove (uzima 2 bloka istovremeno) do trenutka kada se vratio na početnu poziciju ispred blok uređaja. Slika 32. na sljedećoj stranici prikazuje četiriju odabranih ruta na shemi postrojenja i obližnjih skladišnih mjesta. Viličari se u ovome slučaju vraćaju istim pravcem kojim su prvobitno prošli.



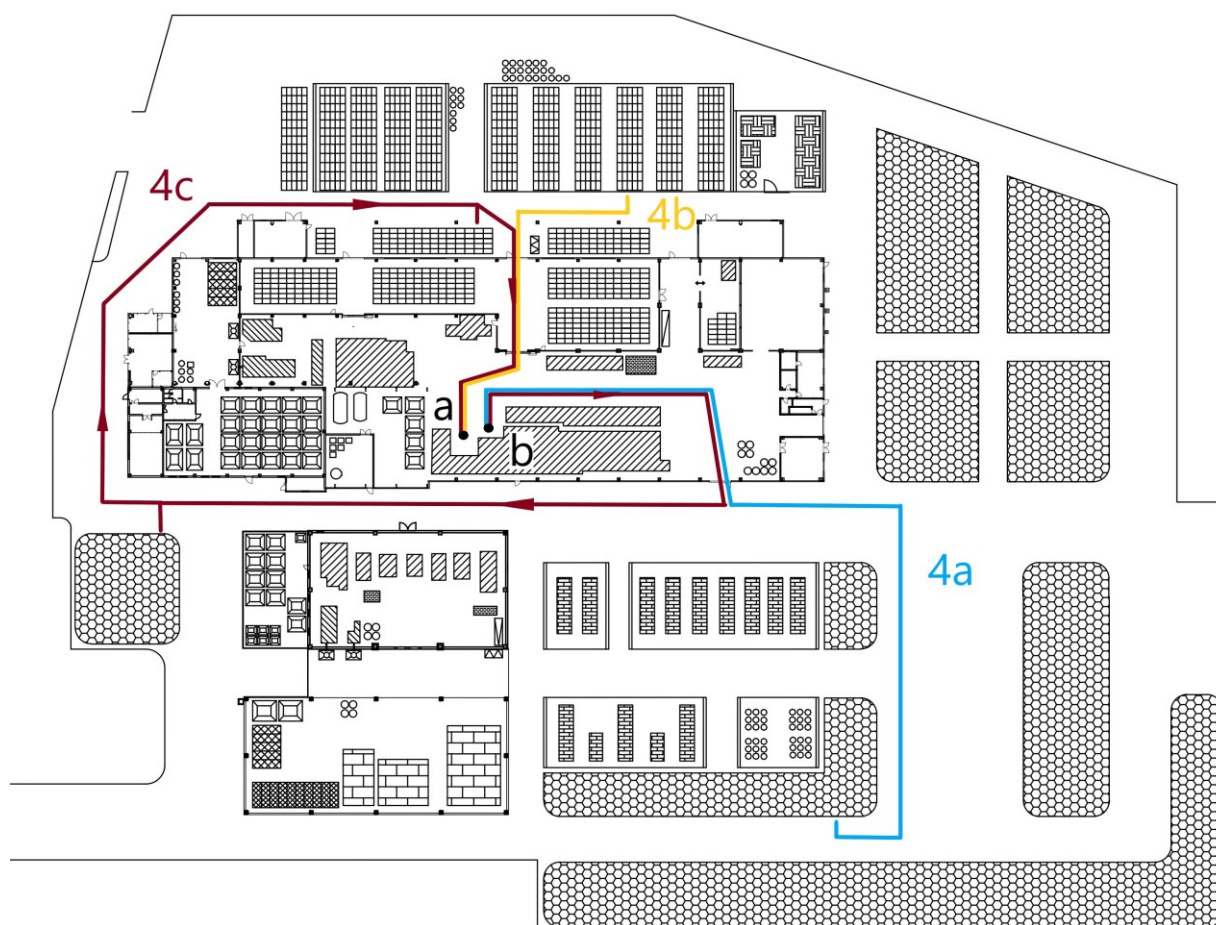
Slika 32. Prikaz transportnih ruta vezanih za blok uređaj

	Udaljenost (~)	Srednje vrijeme transporta	Srednja brzina viličara
Ruta a	35 m	36 s	1 m/s
Ruta b	84 m	1 min 6 s	1.27 m/s
Ruta c	80 m	1 min 2 s	1.29 m/s
Ruta d	187 m	1 min 34 s	1.98 m/s

Tablica 2. Osnovni podaci o transportnim rutama vezanih za blok uređaj

Tablica 2. prikazuje vrijeme transporta na osnovi višestrukog mjerenja za svaku rutu i njezinu pripadajuću ukupnu udaljenost. Iz tablice ja također vidljiv podatak srednje brzine viličara koja je u prosjeku veća što je ruta dulja. To je očekivano jer je znatna količina vremena tijekom kraćih ruta potrošena na pozicioniranje viličara i manipuliranje bloka na odredištu kada se on mora precizno postaviti, katkada u vrlo uskom prostoru između redova blokova. Stoga, iako viličar vozi otprilike brzinom od 15 km/h odnosno 4 m/s, srednja brzina znatno opadne kada gledamo vrijeme ukupnog transporta. U ovom slučaju brzina transporta u manjoj mjeri ovisi o vještini vozača jer je ipak manipulacija blokom jednostavnija nego transport sirovine na regale ali je potrebno imati uvježbane radnike jer neopreznim rukovanjem stezaljke se može oštetiti blok ili proizvod. Ovaj posao može odraditi bilo koji od 3 radnika unutar tima prvog odjela jer

svaki od njih posjeduje vještinu upravljanja viličarom iako vođa tima kao što je ranije navedeno prioritizira upravljanje i nadgledanje rada strojeva. Posljednje intralogističke rute tijekom proizvodnog procesa uključuju dopremu blok forme na određeni proizvodni stroj i zatim transport gotovih zapakiranih proizvoda na određeno mjesto na vanjskom skladištu. Drugi odjel u proizvodnoj hali 1 logistički možemo podijeliti na dvije skupine. Tim koji se bavi sa automatiziranim linijskim strojevima ima na raspolaganju i većinom koristi jedan viličar sa stezaljkom i jedan čeonu viličar za potrebe transporta. Automatizirana linijska rezalica i pakiralica sa robotom proizvodi daleko najveći broj proizvoda unutar proizvodne hale 1. Na prednjem dijelu ovog stroja nalazi se prostor gdje se više blokova može ostaviti na pokretnoj traci, koji onda čekaju svoj red za daljnju obradu, što olakšava logističku situaciju jer smanjuje potrebu za konstantnim tajmiranjem dostave novih blokova.



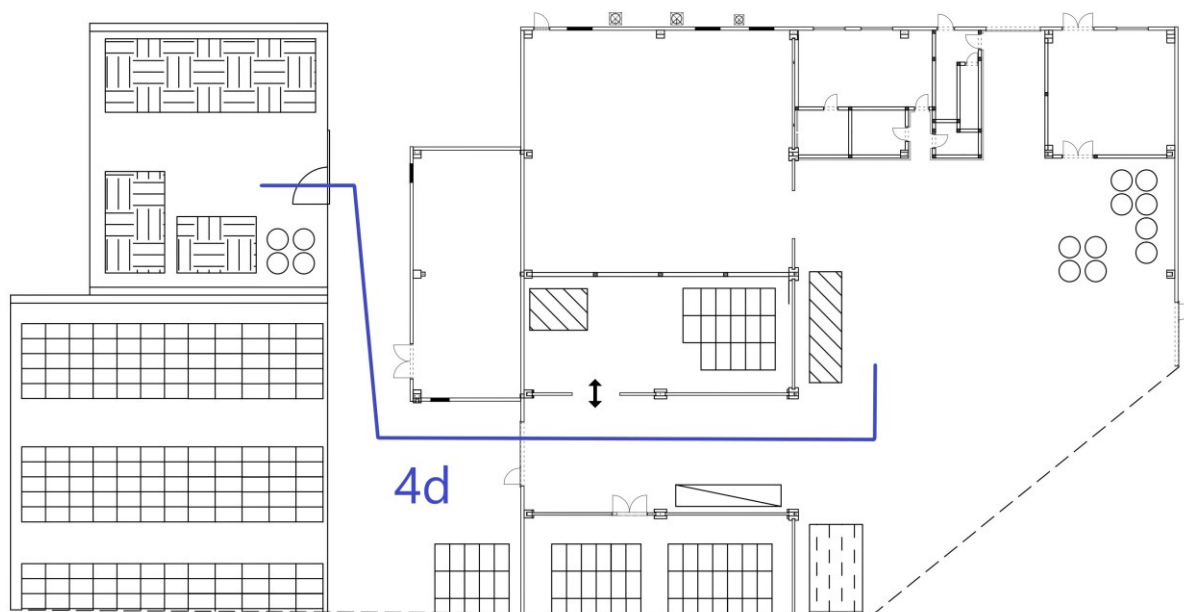
Slika 33. Prikaz transportnih ruta vezanih za linijski stroj

Ovisno o trenutnoj situaciji i potrebama u proizvodnji, vođa viličara može proći rutom u kojoj prvo transportira gotove proizvode određenog stroja na skladište a potom uzima blok za drugi stroj bez prethodnog vraćanja u halu. Tablica 3. prikazuje mjerenja odabranih vožnji.

	Udaljenost (~)	Srednje vrijeme transporta	Srednja brzina viličara
Ruta a	352 m	3 min 21 s	1.75 m/s
Ruta b	342 m	2 min 42 s	2.11 m/s
Ruta c	141 m	1 min 16 s	1.85 m/s

Tablica 3. Osnovni podaci o transportnim rutama vezanih za linijski stroj

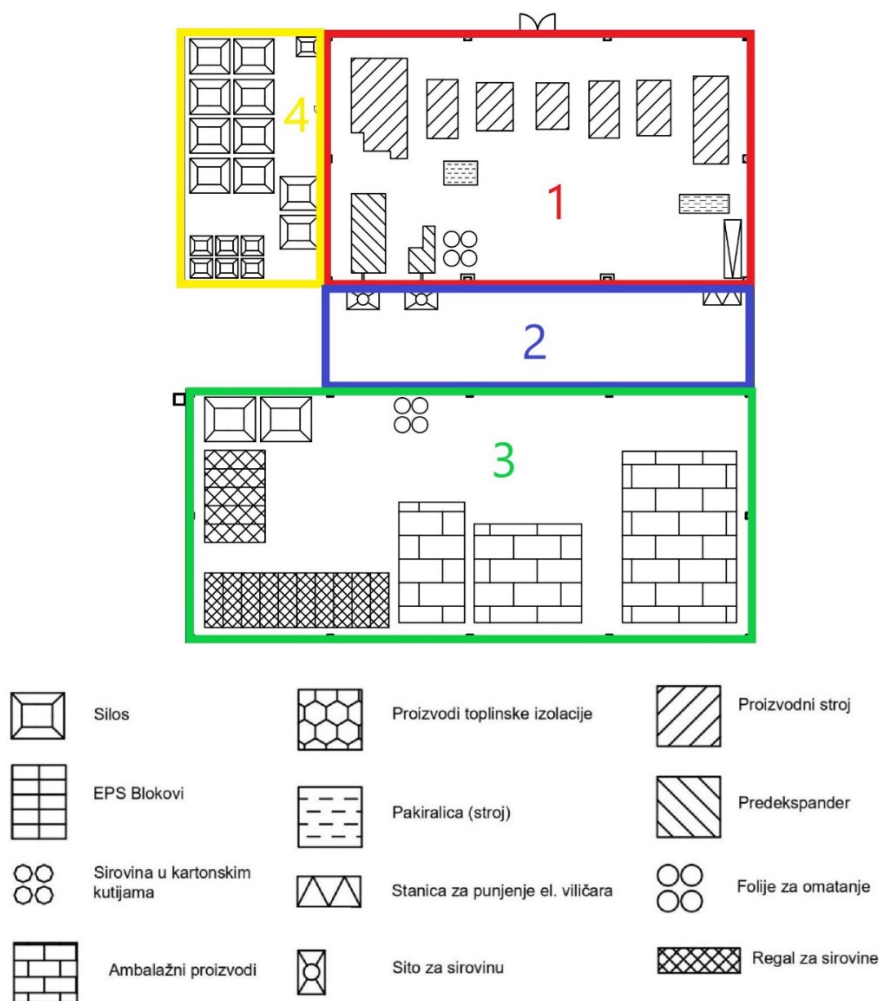
Drugi tim zadužen je za ručno rađene proizvode koji se proizvode u kutu hale na konturnim rezalicama (vidi Slika 34.). Viličar sa stezaljkama zadužen je za transportiranje bloka do rezalice di se blok potom reže na manje dijelove i oblikuje po želji kupca. Gotovi proizvodi se ručno prenose na obližnju pakiralicu i nakon pakiranja slažu se na ručno vožena kolica. Nakon što se kolica napune, ona se guraju do obližnjeg zatvorenog skladišnog mjesta koje je posebno namijenjeno za ručno rađene proizvode. Vrijeme transporta do skladišta iznosi otprilike oko 2 min a sam istovar punih kolica oko 10 min. Ručna kolica se koriste radi relativno rijetke učestalosti prolaska i kratke udaljenosti same rute. Također, neki proizvodi kompliciranijih oblika ne dozvoljavaju viličaru sa stezaljkama da ih sigurno zgrabi i u tom slučaju bi se trebale koristiti palete koji bi dodatno produžile proces utovara i istovara. Za svo to vrijeme viličar sa stezaljkama je potreban u ostatku hale te bi njegova uporaba bila jednostavno ne efikasna.



Slika 34. Prikaz transportnih ruta vezanih za konturnu rezalicu

3.4 Prikaz prostornog rasporeda proizvodne hale 2

Druga proizvodna hala namijenjena je raznim ambalažnim proizvodima u rasponu od masovno proizvedenih kašeta za ribe do posebno oblikovanih ambalažnih proizvoda. Ona je manje površine i sastavljena je od dvije manje hale povezane sa krovnom i zidnom konstrukcijom. Na slici ispod prikazana je raspodjela osnovnih prostora unutar druge hale:



Slika 35. Raspodjela prostora proizvodne hale 2

Drugu proizvodnu halu dijelimo na četiri osnovna prostora (vidi Slika 35.):

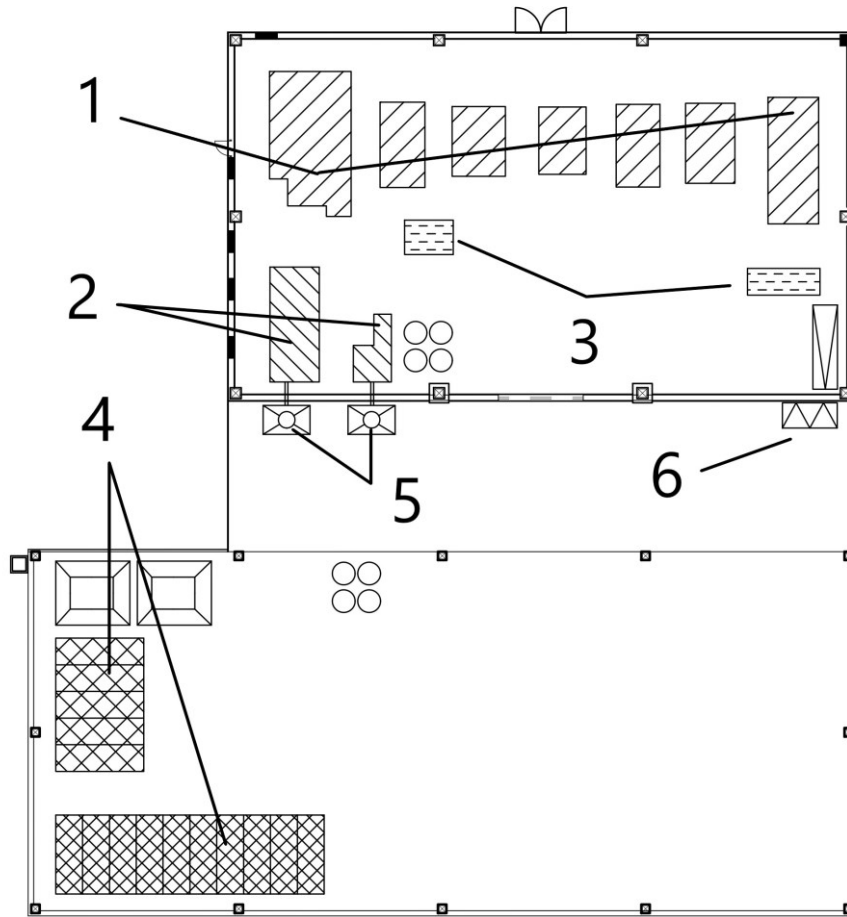
1. Glavna proizvodna prostorija
2. Prostor za utovar/istovar
3. Skladišni prostor
4. Prostorija sa silosima

U glavnom proizvodnom prostoru nalazi se sedam ambalažnih strojeva i nasuprot njih dva predekspandera. Svi strojevi su povezani sustavom cjevovoda sa susjednom prostorijom u kojoj su smješteni silosi. Pokraj ambalažnih strojeva nalaze se i dvije pakirnice, a u prostoriji se također i nalaze folije koje se koriste za pakiranje proizvoda.

Preko puta tog dijela hale nalazi se prostor koji se koristi u dvije svrhe; kao skladište sirovine sa svojim pripadajućim regalima i kao skladište gotovih proizvoda ribljih kašeta. Uz regale nalaze se i dva dodatna silosa. Rezervne folije za pakiranje znaju biti ostavljene u ovom dijelu skladišta te se uzimaju kada se one u glavnoj prostoriji potroše. Prostor između dvije manje hale omogućuje prolazak kamiona i koristi se za utovar i istovar robe. Ovdje su također smještena 2 sita za predekspandere u susjednoj prostoriji čije se punjenje odvija pomoću viličara koji transportira sirovinu iz obližnjeg regala.

Slika 36. na sljedećoj stranici prikazuje raspored relevantnih objekata unutar hale za koje je zadužen odjel druge proizvodne hale a oni su redom:

1. Ambalažni stroj (7x)
2. Predekspander
3. Ručna pakirница
4. Paletni regal za sirovinu
5. Sito
6. Stanica za punjenje električnih viličara



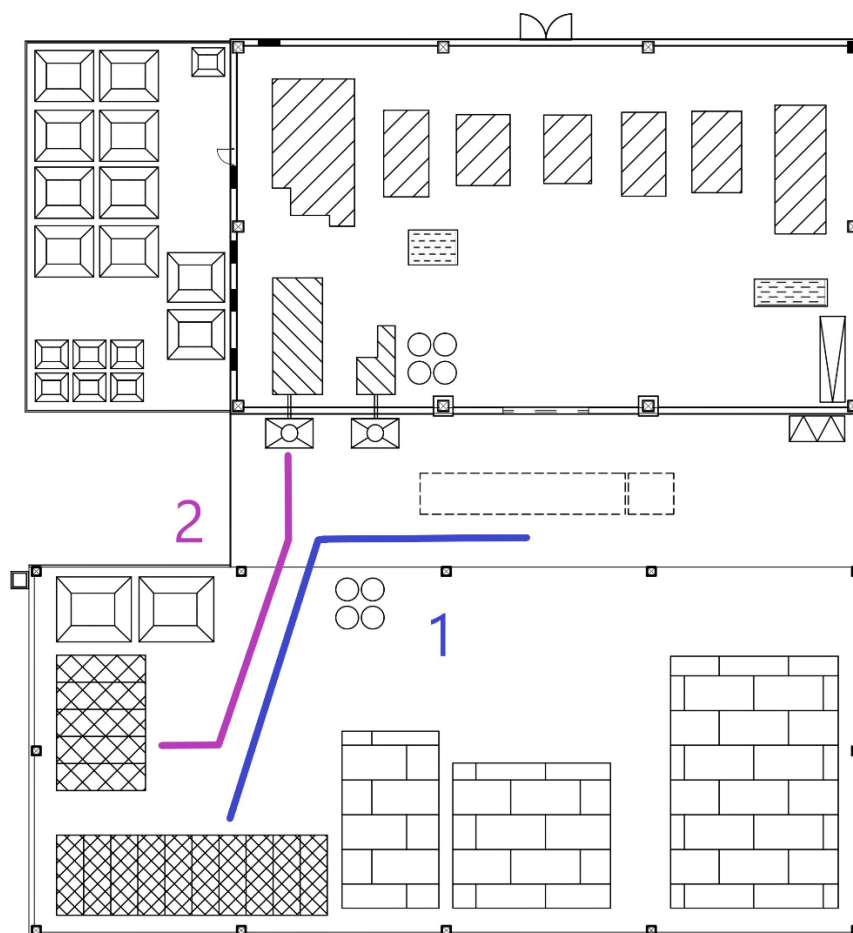
Slika 36. Prikaz objekata proizvodne hale 2

3.5 Opis intralogističkog procesa proizvodne hale 2

Logistički lanac u proizvodnoj hali 2 je sljedeći:

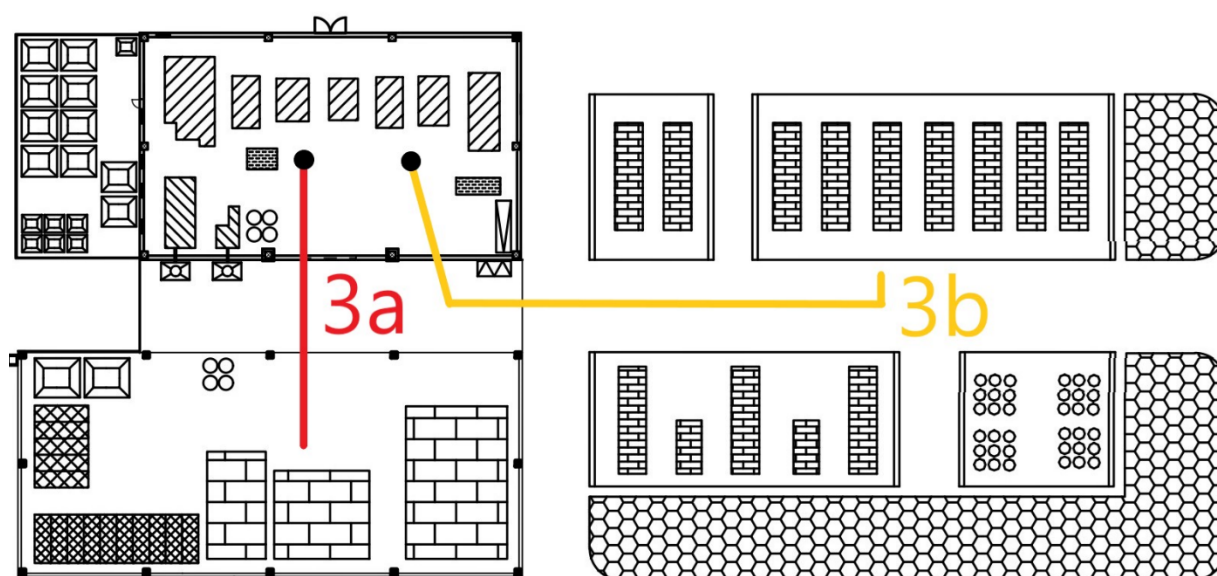
Istovar sirovine → Transport sirovine u sito → Transport gotovih ambalažnih proizvoda na jedno od određenih skladišnih prostora → Utovar gotovog proizvoda u kamion

Proizvodni proces u drugoj hali jednostavniji je u smislu logističkih pravaca jer ne zahtjeva proces proizvodnje poluproizvoda, odnosno blok forme. Transport materijala započinje istovarom sirovine iz dostavnog kamiona koji prolazi kroz halu te se zaustavlja u njenom središnjem prostoru (vidi Slika 37.). Kao i u prethodnom slučaju istovara sirovine, ona se primarno obavlja čeonim viličarom pomoću paleta. U ovom prostoru koriste se dva paletna regala različitih kapaciteta, ali istih dimenzija paleta. Proces transporta sirovine u sito identičan je kao i u prvoj hali. Obje rute su slične udaljenosti od oko 18 do 30 metara u jednom pravcu ovisno o regalu te uvelike ovise o vještini operatera mnogo više nego bilo kojim drugim faktorima.



Slika 37. Prikaz transportnih ruta vezanih za sirovinu u proizvodnoj hali 2

Pošto se prijenos sirovine iz sita u ambalažne strojeve provodi sustavom cjevovoda, jedine preostale logističke rute uključuju transport gotovih proizvoda do skladišta. Nakon njihovog izrađivanja, ambalažni proizvodi se ručnim pakiralicama pakiraju na licu mjesta. Kašete za ribe proizvode se na svakodnevnoj bazi te su najčešće proizvedeni proizvod u drugoj proizvodnoj hali. Shodno tome, za njih je namijenjen skladišni prostor najbliži proizvodnim strojevima, onaj pored regala sa sirovinama, u neposrednoj blizini gdje staje kamion za utovar. Za prijenos kašeta koriste se ručna kolica i ručni paletni viličar jer je udaljenost rute kratka a utovar/istovar puno brži ručnom metodom nego upotrebom viličara. Utovar i istovar oduzima najveći postotak vremena u ovoj ruti i upotreba samovoznih viličara ispada sporija, skuplja i manje efikasna.



Slika 38. Prikaz transportnih ruta vezanih za gotove proizvode u proizvodnoj hali 2

Za ostale ambalažne proizvode, radnici druge proizvodne hale imaju na raspolaganju četiri poluzatvorena skladišna prostora. Transport u te prostorije vrši se svim raspoloživim transportnim sredstvima ali većinom viličarom sa stezaljkom radi veće udaljenosti ove rute u usporedbi sa prethodnom. Viličar sa stezaljkom može prenositi proizvode bez upotrebe paleta (ukoliko njihov oblik to dopušta) i zato je pogodan za ovu zadaću. Osim gotovih proizvoda ovi skladišni prostori se također koriste i za čuvanje rezervne sirovine za potrebe druge hale. Slika 38. prikazuje shemu obje opisane transportne rute. Kao i u prethodnom slučaju, većina vremena procesa pripreme sirovine za predeskpander troši se na ručno baratanje sa vrećom kada je ona postavljena na sito. Samo mali udio vremena zauzima sami transport vreće. Sličan je i slučaj transporta gotovih proizvoda prema skladišnim mjestima. Na tablici 4. na sljedećoj stranici vidimo da je za relativno kratke rute 3a (transport gotovih kašeta na skladišno mjesto) i 3b

(transport gotovih presadnica na skladišno mjesto) potrebno otprilike 3, odnosno 5 minuta. Međutim, sama vožnja sa transportnim sredstvima traje oko 20-30 sekundi u prvom, i oko 1 minute u drugom slučaju. Razlog tomu je što istovar proizvoda zahtjeva posebnu pažnju i zbog toga rezultira potrošnjom većine vremena. Koristeći se viličarom, radnik mora pozicionirati proizvod sa velikom preciznošću kako bi maksimalno iskoristio skladišni prostor. Mali otvori između svakog paketa mogu rezultirati značajnim neiskorištenim prostorom kada se sve zbroji. Ovaj proces se obavlja i po noći što još više utječe na brzinu izvođenja ali i brzinu same vožnje. Uzevši u obzir da se tijekom istovara viličarom često mora manevrirati u tijesnom i skučenom prostoru, brzina izvođenja transporta znatno ovisi o vještinama radnika koji upravlja njime.

	Udaljenost (~)	Srednje vrijeme transporta	Srednja brzina viličara
Transport sirovine za predeskpander	42 m	~ 40s (30-50s)	1.05 m/s
Ruta 3a (kašete)	56 m	~ 3 min (2-4 min)	0.31 m/s
Ruta 3b (presadnice)	137 m	~ 5 min	0.45 m/s

Tablica 4. Osnovni podaci o transportnim rutama u drugoj proizvodnoj hali

4. ANALIZA VREMENA I ISKORISTIVOSTI SUSTAVA TRANSPORTA

Analitički uvid u rad transportnih sustava neophodan je za dublje razumijevanje logističkih procesa unutar tvrtke. On se odnosi na proces prikupljanja mjerljivih podataka, obrade tih podataka pomoću dostupnih aproksimacijskih analitičkih modela te donošenje zaključka na osnovi novih dobivenih podataka. Ovaj proces obavlja se sa ciljem otkrivanja stanja, uzoraka, trendova ili pak skrivenih informacija koje bi mogle biti korisne u donošenju daljnjih odluka.

Proračun učinkovitosti transportnih sustava ključan je u ovoj analizi iz dva važna razloga: optimizaciji troškova i učinkovitosti rada.

- Optimizacija Troškova → Analiza učinkovitosti pomaže identificirati najefikasnije transportne rute i sustave, što može značajno smanjiti troškove transporta. Analizom učinkovitosti mogu se utvrditi koje rute i transportni sustavi pridonose najmanjim troškovima po prijevoznoj jedinici.
- Učinkovitost Rada → Analiza učinkovitosti omogućuje kvalitativno praćenje rada transportnih sustava. Analizom se ostvaruje uvid u karakteristike sustava transporta kao što su brzina rada i vrijeme mirovanja. Odabirom najpovoljnije konfiguracije logističkog sustava ostvarujemo veću učinkovitost, što rezultira većom produktivnošću.

Optimizacija procesa koja proizlazi iz analize ključna je za povećanje konkurentske prednosti tvrtke jer obuhvaća sve bitne elemente funkcioniranja. Efikasniji raspored logističkih pravaca omogućuje brži tok materijala i povećava produktivnost tvrtke jer se veći broj proizvoda dovodi do kupaca a vremena čekanja su manja. Smanjenje udaljenosti transportnih ruta također rezultiraju i manjom potrošnjom energije, dok se smanjenjem broja samih transportnih sustava smanjuju troškovi održavanja istih. Povoljan raspored logističkih pravaca pomaže i u povećanju sigurnosti u radu i izbjegavanju zastoja u samom transportu. [9]

4.1 Proračuni transportnih sustava proizvodne hale 1

Osnovni podaci bitni za analitički uvid u transportne sustave su količina proizvoda koja se transportira i vrijeme koje je potrebno da se taj proces obavi. Omjerom ovih dviju veličina dobiva se mjera za protok. Protok se u ovom slučaju dijeli na maseni i komadni, ovisno o načinu na koji izražavamo količinu proizvoda koja se transportira. Kod masenog protoka količina proizvoda se izražava kao masa transportiranog tereta dok se kod komadnog izražava kao jedinični broj tereta (komada). [10]

Maseni protok – transportirana masa u jedinici vremena, kg/min, t/h:

$$q_m = \frac{m}{t_c} \quad (1)$$

Komadni protok – transportirani broj jediničnih tereta (komada) u jedinici vremena, kom/s

$$q_k = \frac{l}{t_c} \quad (2)$$

Gdje je:

- m - masa transportiranog tereta (u jednom prijevozu)
- l – broj jediničnih komada
- t_c – vrijeme radnog ciklusa

Vrijeme radnog ciklusa predstavlja sumu vremena svih aktivnosti jednog prijevoza:

$$t_c = t_u + t_v + t_i + t_p + t_d \quad (3)$$

Gdje je:

- t_u - vrijeme utovara
- t_v - vrijeme vožnje (pun)
- t_i - vrijeme istovara
- t_p - vrijeme vožnje (prazan)
- t_d - dodatno vrijeme po ciklusu

Pojam vrijeme radnog ciklusa odnosi se na jednostavni radni ciklus koji uključuje jedan prijevoz (odnosno jedan utovar i jedan istovar) po ciklusu. Pređeni put tijekom utovara i

istovara je relativno malen te ćemo ga zanemariti radi pojednostavljenja izračuna. Kako je razlika u brzini između vožnje sa teretom i povratne vožnje bez tereta zanemariva, dodatnog vremena po ciklusu nema, a vrijeme vožnje možemo izraziti kao omjer prijeđenog puta i prosječne brzine transportnog sredstva, formula za vrijeme radnog ciklusa je sljedeća:

$$t_c = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

Gdje je:

- t_u - vrijeme utovara
- s - prijeđeni put
- v - srednja brzina transportnog sredstva
- t_i - vrijeme istovara

Uz protok, važan podatak za analitički prikaz stanja transportnih sustava je i koeficijent iskoristivosti. To je mjera koja pokazuje koliko se efikasno transportni sustav koristi u odnosu na svoj maksimalni kapacitet ili potencijal. Može se mjeriti u odnosu na više kvantitativnih ili kvalitativnih čimbenika. U ovom slučaju on označuje koliki postotak vremena se transportni sustav aktivno koristi u odnosu na ukupno raspoloživo radno vrijeme. Koeficijent iskoristivosti označujemo sljedećim izrazom:

$$\eta = \frac{\sum t_c}{n_{uk}} \quad (5)$$

Gdje je:

- $\sum t_c$ – suma svih vremena radnog ciklusa
- n_{uk} – ukupan broj raspoloživih radnih sati u promatranom periodu (tjedan dana)

Tvrtka Plastform obavlja svoj rad u tri smjene: jutarnjoj, popodnevnoj i noćnoj. Kako bi se aproksimirao što točniji broj srednje količine proizvedene robe za odabrani period, gledati će se rad svih triju smjena za odabrani tjedan. Ukoliko neki stroj nije radio u određenoj smjeni, ukupno vrijeme rada će se smanjiti za trajanje te smjene. Za istovar sirovine gledati će se samo jutarnja smjena pošto se ona samo tada odvija. Trajanje jedne smjene na papiru je 8 sati, ali je ona u stvarnosti kraća radi pauze za odmor, vremena koje je potrebno za pokretanje stroja i stanke za održavanje strojeva. Realno vrijeme raspoloživo za rad iznosi otprilike 6 sati i 30 min.

Dakle, ukupan broj sati u tjednu računa se umnoškom raspoloživih radnih sati u smjeni, brojem smjena i brojem dana u promatranom periodu:

$$n_{uk} = t_r \cdot n_s \cdot n_d \quad (6)$$

$$n_{uk} = 6,5 h \cdot 3 \cdot 5$$

$$n_{uk} = 97,5 h$$

Gdje je:

- t_r - radno vrijeme jedne smjene
- n_s - broj smjena u danu
- n_d - broj radnih dana u tjednu

Formula za koeficijent iskoristivosti rada u svim smjenama je:

$$\eta = \frac{\Sigma t_c}{97,5 h} \quad (5)$$

Odnosno za jednu smjenu u slučaju istovara sirovine:

$$n_{uk} = t_r \cdot n_s \cdot n_d \quad (6)$$

$$n_{uk} = 6,5 h \cdot 1 \cdot 5$$

$$n_{uk} = 32,5 h$$

$$\eta = \frac{\Sigma t_c}{32,5 h} \quad (5)$$

Za proračune u proizvodnoj hali 1, promatrati će se razdoblje u trajanju od jednog tjedna (5 radnih dana) od 18.09.2023. do 22.09.2023. Za proizvodnu halu 2 promatrati će se period od 25.09.2023. do 29.09.2023. za proizvodnju kašeta i od 18.07.2023. do 22.07.2023. za proizvodnju presadnica. Periodi su odabrani nasumično kako bi se probala dobiti prosječna slika stanja, ali su izbjegnuti tjedni sa neradnim danima radi pojednostavljenja računa.

4.1.1 Proračun protoka i iskoristivosti viličara u predhali

Kao što je prethodno navedeno, u predhali se odvijaju 2 logistička procesa. Istovar sirovine i njen transport do sita za predekspander. Za ovu prostoriju uobičajeno je da zaposlenici imaju 1 čeonu viličar koji obavlja obje zadaće. Istovar sirovine iz transportnih kamiona u prosjeku se odvija jednom do tri puta dnevno u jutarnjim satima. Kamion uobičajeno ima kapacitet do 20 vreća, a svaka vreća teži od 1 do 1.2 tone.

Datum	Ulaz	Izlaz	Broj vreća
18.09.2023	24,2 t	25,8 t	22
19.09.2023	45,9 t	27,58 t	42
20.09.2023	22,8 t	26,89 t	21
21.09.2023	0 t	29,25 t	0
22.09.2023	45,8 t	25,17 t	42

Tablica 5. Evidencija zaliha sirovine

Tablica 5. prikazuje količinu dopremljene (Ulaz) i potrošene (Izlaz) sirovine u tvrtki za odabrani vremenski period. Treći stupac “Broj vreća” prikazuje broj vreća sirovine koje je viličar trebao istovariti toga dana. Za izračun masenog protoka potrebno je vrijeme radnog ciklusa i ono se dobiva uvrštavanjem praktično izmjerenih vrijednosti (uzete su prosječne vrijednosti nakon više mjerenja). Prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 20$ s, prosječno vrijeme istovara $t_i = 40$ s, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 15$ m a prosječna brzina kretanja viličara $v = 3$ m/s:

$$t_{c1} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c1} = 20 \text{ s} + 2 \left(\frac{15 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} \right) + 40 \text{ s}$$

$$t_{c1} = 70 \text{ s}$$

Za masu transportiranog tereta (m) uzimamo prosječnu masu jedne vreće sirovine koja iznosi 1,1 t. Maseni protok dakle slijedi;

$$q_{m1} = \frac{m}{t_{c1}} \quad (1)$$

$$q_{m1} = \frac{1,1 \text{ t}}{70 \text{ s}}$$

$$q_{m1} = \frac{1,1 \text{ t}}{1,16 \text{ min}}$$

$$q_{m1} = 0,948 \text{ t/min}$$

Za izračun koeficijenta iskoristivosti potrebno je izračunati sumu vremena svih radnih ciklusa koja se dobije tako da se pomnoži vrijeme pojedinačnog radnog ciklusa sa ukupnim brojem vreća istovarenim tijekom tjedna.

$$\Sigma t_{c1} = t_{c1} \cdot \Sigma n_v \quad (7)$$

$$\Sigma t_{c1} = 1,16 \text{ min} \cdot (22 + 42 + 21 + 0 + 42)$$

$$\Sigma t_{c1} = 147,32 \text{ min}$$

$$\Sigma t_{c1} = 2,45 \text{ h}$$

Naposljetku, koeficijent iskoristivosti čeonog viličara za istovar sirovine u predhali za jednu smjenu iznosi:

$$\eta_1 = \frac{\Sigma t_{c1}}{32,5 \text{ h}} \quad (5)$$

$$\eta_1 = \frac{2,45 \text{ h}}{32,5 \text{ h}}$$

$$\eta_1 = 0,075 = 7,5 \%$$

Uz istovar sirovine, zadaća viličara u predhali je i transporta sirovine do sita koja se obavlja u 3 smjene. Za izračun vremena radnog ciklusa, mjerenja pokazuju da prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 20 \text{ s}$, prosječno vrijeme istovara $t_i = 10 \text{ s}$, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 10 \text{ m}$ a prosječna brzina kretanja viličara $v = 2 \text{ m/s}$:

$$t_{c2} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c2} = 25 \text{ s} + 2 \left(\frac{10 \text{ m}}{3 \text{ m/s}} \right) + 10 \text{ s}$$

$$t_{c2} = 40 \text{ s}$$

Iako je vrijeme radnog ciklusa svega 40 sekundi, priroda procesa ne dozvoljava konstantno punjenje sita novim vrećama iz razloga što je zbog limitiranog kapacitet sita potrebno otprilike 10 do 15 minuta da se vreća potpuno isprazni, nakon čega je puniti sito novom vrećom. Za masu transportiranog tereta (m) i ovdje također uzimamo prosječnu masu jedne vreće sirovine koja iznosi 1,1 t. Slijedom toga, maseni protok iznosi:

$$q_{m2} = \frac{m}{t_{c2}} \quad (1)$$

$$q_{m2} = \frac{1,1 t}{40 s}$$

$$q_{m2} = \frac{1,1 t}{0,667 min}$$

$$q_{m2} = 1,649 t/min$$

Za izračun koeficijenta iskoristivosti, sumu vremena svih radnih ciklusa dobivamo pomoću tablice ulaznih i izlaznih količina, odnosno stupca "Izlaz". Količina sirovina koja je upotrijebljena dijeli se (za svaki zasebni dan) sa prosječnom masom jedne vreće te se dobiveni broj zaokružuje na cijeli veći broj (pošto se ne iskorištava samo dio vreće):

$$\Sigma t_{c2} = t_{c2} \cdot \Sigma n_v \quad (7)$$

$$\Sigma t_{c2} = 40 s \cdot (24 + 26 + 25 + 27 + 23)$$

$$\Sigma t_{c2} = 83,375 min$$

$$\Sigma t_{c2} = 1,39 h$$

Koeficijent iskoristivosti je:

$$\eta_2 = \frac{\Sigma t_{c2}}{97,5 h} \quad (5)$$

$$\eta_2 = \frac{1,39 h}{97,5 h}$$

$$\eta_2 = 0,014 = 1,4 \%$$

Ukoliko bi se uzelo u obzir da se viličar neće posuđivati i slati na druga radna mjesta dok se cijeli proces pripreme sirovine ne završi, onda bi ukupna iskoristivost bila veća. Vrijeme u kojem se ostatak procesa odvija dok viličar miruje označavamo sa dodatnim vremenom radnog ciklusa (t_d) i iznosi u prosjeku oko 15 min kao što je navedeno. U tom slučaju bi radni ciklus bio:

$$t_{c2} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i + t_d \quad (3)$$

$$t_{c2} = 25 s + 2 \left(\frac{10 m}{3 m/s} \right) + 10 s + 15 min$$

$$t_{c2} = 15.66 min$$

Suma svih radnih ciklusa:

$$\Sigma t_{c2} = t_{c2} \cdot \Sigma n_v \quad (7)$$

$$\Sigma t_{c2} = 15.66 min \cdot (24 + 26 + 25 + 27 + 23)$$

$$\Sigma t_{c2} = 1957 \text{ min}$$

$$\Sigma t_{c2} = 32,6 \text{ h}$$

I naposljetku koeficijent iskoristivosti:

$$\eta_2 = \frac{\Sigma t_{c2}}{97,5 \text{ h}} \quad (5)$$

$$\eta_2 = \frac{32,6 \text{ h}}{97,5 \text{ h}}$$

$$\eta_2 = 0,334 = 33,4 \%$$

4.1.2 Proračun protoka i iskoristivosti viličara blok uređaja

Za transport blokova sa blok uređaja, odjel raspolaže sa jednim viličarom sa stezaljkom. Tablica 6. prikazuje evidenciju rada blok uređaja i predeskpandera u proizvodnoj hali 1 za promatrani vremenski period.

Datum	Sirovine utrošeno	Blokova proizvedeno
18.09.2023	23.15 t	294
19.09.2023	26.07 t	274
20.09.2023	25.65 t	322
21.09.2023	26.75 t	323
22.09.2023	23.12 t	292

Tablica 6. Evidencija rada blok uređaja

Za izračun vremena radnog ciklusa, mjerenja pokazuju da prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 18 \text{ s}$, prosječno vrijeme istovara $t_i = 35 \text{ s}$, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 45 \text{ m}$ a prosječna brzina kretanja viličara $v = 4 \text{ m/s}$:

$$t_{c3} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c3} = 18 \text{ s} + 2 \left(\frac{45 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} \right) + 35 \text{ s}$$

$$t_{c3} = 75,5 \text{ s}$$

Za transportirani broj jediničnih tereta uzima se $l = 2$, iz razloga jer viličar sa stezaljkom može transportirati 2 bloka odjedanput. Komadni protok stoga je:

$$q_{l3} = \frac{l}{t_{c3}} \quad (2)$$

$$q_{l3} = \frac{2}{75,5 \text{ s}}$$

$$q_{l3} = \frac{2}{1,25 \text{ min}}$$

$$q_{l3} = 1,6 \text{ kom/min}$$

Za izračun sume vremena svih radnih ciklusa množi se vrijeme jednog radnog ciklusa sa ukupnim brojem vožnji. Ukupni broj vožnji dobiva se tako da se zbroji broj svih proizvedenih blokova u tjednu a potom se taj broj dijeli sa 2 jer viličar nosi 2 bloka odjedanput:

$$\Sigma t_{c3} = t_{c3} \cdot \Sigma n_b \quad (7)$$

$$\Sigma t_{e3} = 75,5 \text{ s} \cdot \left(\frac{294 + 274 + 322 + 323 + 292}{2} \right)$$

$$\Sigma t_{c3} = 75,5 \text{ s} \cdot 753$$

$$\Sigma t_{c3} = 15,6 \text{ h}$$

Iz toga proizlazi koeficijent iskoristivosti za viličar zadužen za transport blokova:

$$\eta_3 = \frac{\Sigma t_{c3}}{97,5 \text{ h}} \quad (5)$$

$$\eta_3 = \frac{15,6 \text{ h}}{97,5 \text{ h}}$$

$$\eta_3 = 0,16 = 16 \%$$

4.1.3 Proračun protoka i iskoristivosti viličara linijskog stroja za rezanje i pakiranje

Kao i na odjelu sa blok uređajem, za linijski stroj je na raspolaganju jedan viličar sa stezaljkom.

Datum	Proizvedenih paketa	Volumen paketa	Blokova potrebno
18.09.2023	6640	21.515 m ²	296
19.09.2023	6886	25.418 m ²	302
20.09.2023	6459	19.526 m ²	285
21.09.2023	6661	23.025 m ²	303
22.09.2023	6562	18.225 m ²	299

Tablica 7. Evidencija rada linijskog stroja

U tablici je prikazan broj proizvedenih paketa izolacijskih ploča za odgovarajući datum, volumen koji proizvedene ploče zauzimaju i broj blokova koji je bio potreban za njihovu proizvodnju. Za izračun vremena radnog ciklusa, mjerenja pokazuju da prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 20 \text{ s}$, prosječno vrijeme istovara $t_i = 35 \text{ s}$, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 140 \text{ m}$ a prosječna brzina kretanja viličara $v = 4 \text{ m/s}$:

$$t_{c4} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c4} = 20 \text{ s} + 2 \left(\frac{140 \text{ m}}{4 \text{ m/s}} \right) + 35 \text{ s}$$

$$t_{c4} = 125 \text{ s}$$

Za transportirani broj jediničnih tereta uzima se $l = 16$, iz razloga jer viličar sa stezaljkom može transportirati 2 zapakirana bloka od kojih svaki sadrži oko 8 manjih paketa ploča.

Komadni protok stoga je:

$$q_{l4} = \frac{l}{t_{c4}} \quad (2)$$

$$q_{l4} = \frac{16}{125 \text{ s}}$$

$$q_{l4} = \frac{16}{2,083 \text{ min}}$$

$$q_{l4} = 7,681 \text{ kom/min}$$

Za ukupni broj vožnji ponovo se zbraja broj proizvedenih paketa ploča te se dijeli sa 14 odnosno prosječnim brojem paketa prevezenim u jednoj vožnji:

$$\Sigma t_{c4} = t_{c4} \cdot \Sigma n_p \quad (7)$$

$$\Sigma t_{e4} = 125 \text{ s} \cdot \left(\frac{6640 + 6886 + 6459 + 6661 + 6562}{16} \right)$$

$$\Sigma t_{c4} = 125 \text{ s} \cdot 2075$$

$$\Sigma t_{c4} = 70,5 \text{ h}$$

I naposljetku dobiva se koeficijent iskoristivosti viličara za linijski stroj:

$$\eta_4 = \frac{\Sigma t_{c4}}{97,5 \text{ h}} \quad (5)$$

$$\eta_4 = \frac{70,5 \text{ h}}{97,5 \text{ h}}$$

$$\eta_4 = 0,723 = 72,3 \%$$

U projektiranju transportnih sustava nikada se ne cilja na 100% iskoristivost radi povećane vjerojatnosti nerasploživih vozila i većeg čekanja na prijevoz. Uobičajeno, poželjno je da

sredstva ne prelaze 80% iskoristivosti.. Iskoristivost viličara na linijskom stroju iznosi oko 72,3 % što oslikava da ovo transportno sredstvo radi u području relativno visoke efikasnosti u usporedbi sa prethodnim vozilima te da je ova ruta vremenski najzahtjevnija. Međutim, iskoristivost viličara na blok uređaju je samo 16%, stoga se on zna upotrebljavati kao pomoć onome na linijskom stroju u situacijama kada prijeti gužva ili zastoj. To je isto i slučaj sa čeonim viličarom u predhali čija je iskoristivost izrazito niska zbog sporadične prirode zadaća u tom djelu postrojenja. [6]

4.2 Proračuni transportnih sustava proizvodne hale 2

Analiza proizvodne hale 2 fokusirati će se na transportu gotovih proizvoda, kašeta i presadnica, pošto su rute istovara i pripreme sirovine vrlo slične onima u prvoj hali te se ne razlikuju značajno u logističkom opterećenju.

4.2.1 Proračun protoka i iskoristivosti transportnog sredstva za kašete

Transport gotovih ribljih kašeta odvija se pomoću transportnih kolica koje se ručno guraju. Većina Tablica 8. prikazuje evidenciju proizvodnje ribljih kašeta u drugoj proizvodnoj hali za odabrani vremenski period u tjednu od 25.09.2023. do 29.09.2023. Na tablici je prikazan datum proizvodnog ciklusa, broj proizvedenih komada kašeta, broj smjena u kojem su proizvedeni i broj komada škarta.

Datum	Broj smjena	Komada proizvedeno	Škart
25.09.2023	3	5467	20
26.09.2023	3	5999	25
27.09.2023	3	6720	30
28.09.2023	3	6860	40
29.09.2023	2	3374	0

Tablica 8. Evidencija proizvodnje ribljih kašeta

Za izračun vremena radnog ciklusa, mjerenja pokazuju da prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 50$ s, prosječno vrijeme istovara $t_i = 100$ s, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 28$ m a prosječna brzina kretanja viličara $v = 1,4$ m/s:

$$t_{c5} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c5} = 50 \text{ s} + 2 \left(\frac{28 \text{ m}}{1,4 \text{ m/s}} \right) + 100 \text{ s}$$

$$t_{c5} = 190 \text{ s}$$

Za transportirani broj jediničnih tereta uzima se $l = 50$ jer na transportna kolica u prosjeku se prevozi oko 50 komada kašeta. Komadni protok slijedi:

$$q_{l5} = \frac{l}{t_{c5}} \quad (2)$$

$$q_{15} = \frac{50}{190 \text{ s}}$$

$$q_{15} = \frac{50}{3,16 \text{ min}}$$

$$q_{15} = 7,91 \text{ komada/min}$$

Ukupan broj vožnji dobiva se zbrajanjem svih proizvedenih kašeta u tjednu te se zatim taj broj dijeli sa 25, odnosno prosječnim brojem kašeta koje se transportiraju u jednoj vožnji:

$$\Sigma t_{c5} = t_{c5} \cdot \Sigma n_p \quad (7)$$

$$\Sigma t_{e5} = 190 \text{ s} \cdot \left(\frac{5467 + 5999 + 6720 + 6860 + 3374}{50} \right)$$

$$\Sigma t_{c5} = 190 \text{ s} \cdot 568$$

$$\Sigma t_{c5} = 29,5 \text{ h}$$

Za ukupan broj raspoloživih radnih sati izuzima se jedna smjena kada stroj nije radio te je $n_{uk} = 91 \text{ h}$. Koeficijent iskoristivosti slijedi:

$$\eta_5 = \frac{\Sigma t_{c5}}{91 \text{ h}} \quad (5)$$

$$\eta_5 = \frac{29,5 \text{ h}}{91 \text{ h}}$$

$$\eta_5 = 0,324 = 32,4 \%$$

4.2.2 Proračun protoka i iskoristivosti viličara za presadnice

Transport presadnica zadaća je jednog viličara sa stezaljkom. Vremenski period koji se prati je tjedan od 18.07.2023. do 22.07.2023. Tablica 9. prikazuje datum proizvodnog ciklusa, broj proizvedenih komada kašeta, broj smjena u kojem su proizvedeni i broj komada škarta.

Datum	Broj smjena	Komada proizvedeno	Škart
18.07.2023	2	2560	111
19.07.2023	3	4640	24
20.07.2023	3	4620	27
21.07.2023	3	3500	6
22.07.2023	2	1620	58

Tablica 9. Evidencija proizvodnje presadnica

Za izračun vremena radnog ciklusa, mjerenja pokazuju da prosječno vrijeme utovara iznosi $t_u = 20 s$, prosječno vrijeme istovara $t_i = 100 s$, prosječan prijeđeni put u jednom smjeru $s = 70 m$ a prosječna brzina kretanja viličara $v = 4 m/s$:

$$t_{c6} = t_u + 2 \left(\frac{s}{v} \right) + t_i \quad (4)$$

$$t_{c6} = 30 s + 2 \left(\frac{70 m}{4 m/s} \right) + 100 s$$

$$t_{c6} = 165 s$$

Za transportirani broj jediničnih tereta uzima se $l = 40$ jer na viličar sa stezaljkom u prosjeku prevozi oko 40 presadnica u jednoj vožnji. Komadni protok stoga slijedi:

$$q_{l6} = \frac{l}{t_{c5}} \quad (2)$$

$$q_{l6} = \frac{40}{165 s}$$

$$q_{l6} = \frac{40}{2,75 min}$$

$$q_{l6} = 14,54 komada/min$$

Ukupno vrijeme ciklusa je:

$$\Sigma t_{c6} = t_{c5} \cdot \Sigma n_p \quad (7)$$

$$\Sigma t_{e6} = 165 s \cdot \left(\frac{2560 + 4640 + 4620 + 3500 + 1620}{40} \right)$$

$$\Sigma t_{c6} = 165 s \cdot 423$$

$$\Sigma t_{c6} = 19,3 h$$

Za ukupan broj raspoloživih radnih sati izuzimaju se dvije smjene u kojemu stroj za presadnice nije radio te je $n_{uk} = 84,5 h$. Koeficijent iskoristivosti slijedi:

$$\eta_6 = \frac{\Sigma t_{c5}}{84,5 h} \quad (5)$$

$$\eta_6 = \frac{19,3 h}{84,5 h}$$

$$\eta_6 = 0,228 = 22,8 \%$$

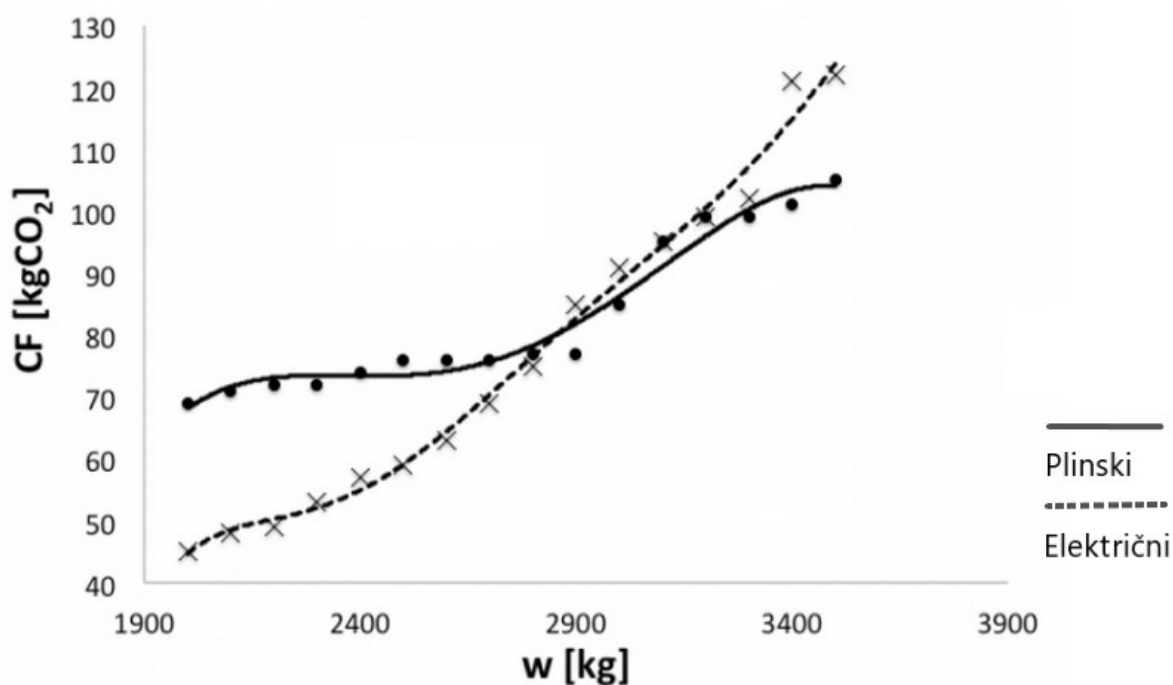
5. PRIJEDLOG UNAPREĐENJA

Koeficijenti iskoristivosti transportnih ruta u tvrtki Plastform relativno su niski što znači da bi bilo moguće opteretiti isti broj transportnih sredstava sa većim brojem vožnji u prosjeku cjelokupnog radnog vremena. Povećanje obujma proizvodnje do određene mjere rezultiralo bi problemima u drugim dijelovima logističkog lanca prije nego što bi se stvorila potreba za povećanjem broja transportnih sredstava. Veća količina materijala u logističkom toku rezultirala bi na primjer nedostatkom skladišnog prostora u kritičnim trenucima i zastojem kod istovara sirovine zbog nemogućnosti prihvaćanja više kamiona istovremeno. Tvrtka je organizirana na način u kojemu je fokus na proizvodnji naručenih serija gdje se karakteristike proizvoda često mijenjaju, a ne masovnoj proizvodnji. Glavni cilj tvrtke je ispuniti narudžbe u minimalnom vremenu a bez utjecaja na kvalitetu kako bi se kupac vratio zadovoljan. Da bi se to ostvarilo zna se svjesno smanjiti efikasnost potrošnje u nekim segmentima kao što je zapošljavanje većeg broja ljudi kako bi se proces odvijao maksimalnom brzinom i u najkritičnijim trenucima.

S obzirom da kompanija ima u planu širenje postrojenja i povećanje proizvodnje, što uključuje kupnju novih strojeva i eventualnu promjenu rasporeda strojeva unutar hale, prijedlog unapređenja fokusirati će se na one elemente koji neće utjecati na promjenu samih transportnih ruta. Trenutačno, tvrtka Plastform posjeduje tri različite vrste viličara prema pogonskom sustavu: viličare s dizelskim motorom, viličare s elektromotorom i plinske viličare. Svaka od ovih vrsta zahtjeva prilagođeno održavanje u skladu s vlastitim specifičnostima. Pravilno održavanje je imperativ jer osigurava optimalno funkcioniranje svakog transportnog sustava, produžuje njegov vijek trajanja te poboljšava sigurnost i efikasnost rada unutar tvrtke. Prelazak na jednu vrstu viličara pojednostavnio bi proces održavanja i smanjio njegove troškove. Kod izbora najpovoljnije vrste viličara također bi se uzimao u obzir i trošak energije kod korištenja vozila kao i drugi faktori vezani za kvalitativna svojstva vozila, ali i generalnu situaciju u tvrtki.

Usporedbom svih faktora predlaže se odabir viličara sa električnim pogonom kao jedinstveni tip transportnog sredstva u tvrtki. Električni viličari inicijalno koštaju više ali imaju manje troškove održavanja radi manjeg broja pokretnih dijelova. Uz nabavku samih viličara potrebno je i instalirati stanice za punjenje, što je tvrtka već učinila. Plinski viličari se brže pune, stoga je bitno osigurati dovoljan broj stanica tijekom ekspanzije tvrtke kako prelazak ne bi utjecao na radnu učinkovitost. Usprkos dužem vremenu punjenja, niska iskoristivost viličara u ovom

slučaju je pozitivna stvar jer bi omogućila da se viličari oportuno pune kada su u stanju mirovanju uz uvjet da su stanice za punjenje pravilno pozicionirane. Nadalje, testiranja su pokazala kako električni viličari troše oko 75% energije u usporedbi sa plinskim viličarima, što znači da uz veću početnu cijenu postaju u prosjeku isplativiji nakon dvije godine. Manji trošak energije očituje se u praksi i manjim karbonskim otiskom. Slika ispod prikazuje rezultat istraživanja u kojem se uspoređuje karbonski otisak električnog i plinskog viličara prema masi tereta koja se prevozi. Iz dobivenih podataka proizlazi da je karbonski otisak manji kod električnog viličara kada je u pitanju teret malih i srednjih masa, u ovom slučaju ispod 3000 kg, što je daleko manje od težine tereta koja se prevozi u tvrtki (vidi Slika 39.). [11] [12]



Slika 39. Usporedba emisija plinskog i električnog viličara [12]

Iako su plinski viličari dizajnirani za rad u zatvorenom i poluzatvorenom prostoru još uvijek postoje određeni rizici povezani s izloženošću emisijama kojih kod električnih viličara nema. Kod električnih viličara također ne postoji rizik od istjecanja ili zapaljenja goriva što povećava sigurnost. Naposljetku, tiši su i manje vibriraju tijekom uporabe što ih čini ugodnijima za operatera.

Daljnje širenje tvrtke podrazumijeva povećanje broja strojeva, transportnih sredstava i rezultira općenito kompliciranijim logističkim sustavom. Kako bi se ostvarilo sigurno i učinkovito radno

okruženje predlaže se instalacija sigurnosnih podnih oznaka. Podne oznake dolaze u različitim oblicima kao što su samoljepljive trake, obojane linije i premazi od epoksida. One imaju višestruku svrhu a ona je: [13][14]

- Prevencija nezgoda → Sigurnosne linije pomažu u sprječavanju nesreća tako što jasno ocrtavaju staze za viličare i pješake. Time se smanjuje vjerojatnost sudara, poboljšava vidljivost i osigurava sigurnije radno okruženje.
- Poboljšanje organizacije → Prisutnost sigurnosnih linija doprinosi organiziranijem radnom mjestu. Naznačene staze za viličare i označena ostala relevantna područja u hali pomažu pojednostaviti rad i smanjuju zbrku
- Povećanje učinkovitosti → Sigurnosne oznake osiguravaju da objekt radi u skladu s industrijskim normama, koje ciljaju povećanju učinkovitosti stvaranjem organiziranog i dobro strukturiranog radnog prostora, optimiziranjem protoka prometa i povećanju sigurnosti. Ovi čimbenici zajedno pridonose fluidnijim radom, smanjenjem vremena zastoja i povećanju produktivnosti
- Usklađenost sa propisima → Mnogi regulatorni standardi preporučuju ili zahtijevaju korištenje podnih oznaka radi poboljšanja sigurnosti radnog okoliša.



Slika 40. Primjer sigurnosnih podnih oznaka [15]

6. ZAKLJUČAK

Iz analize unutrašnjeg toka materijala vidljivo je da je vremenska iskoristivost transportnih sredstava, odnosno viličara, poprilično niska. Razlog tome je segmentiranost proizvodnog procesa koji zahtjeva zasebnog viličara za svaku transportnu rutu. Podatak iskoristivosti se odnosi na ukupno radno vrijeme, a realno stanje je da količina zahtijevanog rada varira u različitim vremenima tijekom smjene. Često je slučaj da viličari moraju raditi maksimalnim kapacitetom istovremeno u određenim vremenskim periodima, što znači da nije moguće smanjiti broj viličara iako bi po provedenom izračunu jedan viličar teoretski trebao moći odraditi dvostruku količinu posla. U tvrtki naime, postoji praksa da se slobodno vrijeme iskoristi te se viličari posuđuju obližnjim odjelima ali takva praksa nije sistematski planirana na razini cijeloga sustava. Strukturiranje sustava unutrašnjeg transporta tako da se potencira povećanje iskoristivosti a smanjenje broja viličara ne bi bilo optimalno iz još jednog razloga. Upotreba jednog viličara za više odjela povećala bi vrijeme praznog hoda jer bi viličar morao gubiti vrijeme prelazeći sa jednog odjela na drugi što bi rezultiralo većom potrošnjom energije i većim vremenom radnog ciklusa.

Trenutni sustav zapravo uvelike odgovara stanju i potrebama tvrtke jer smanjuje konfuziju tijekom transporta i omogućuje visoku produktivnost, što je bitno poduzeću kao što je Plastform koje mora biti sposobno brzo isporučiti proizvode nakon dobivenog naloga. S obzirom na namjeru tvrtke za širenjem i povećanjem proizvodnje, trenutna niska iskoristivost je u jednu ruku i pozitivna stvar jer omogućava daljnje opterećenje postojećih transportnih sredstava bez potrebe za povećanjem njihovog broja.

Kao prijedlog unapređenja, sugerirane su promijene koje bi pozitivno utjecale na funkcioniranje logističkog sustava tvrtke ali koje ne mijenjaju postojeće transportne rute. Predložena je unifikacija voznoga parka i odabran je električni viličar radi svojih većinom pozitivnih karakteristika. Također, navedeni su razlozi za implementaciju sigurnosnih oznaka koje bi pomogle u organizaciji proizvodnog pogona i učinile radni prostor sigurnijim. Eventualne promjene u organizaciji transportnih pravaca i toka materijala trebale bi se razmotriti u skladu sa planom proširenja.

LITERATURA

- [1] Waters, D., Logistics, An Introduction to Supply Chain Management, Palgrave Macmillan, 2003.
- [2] <https://www.plastform.hr/>, Dostupno: 20.9.2023.
- [3] Lucija Lovrić, Organizacijske strukture, Završni rad, Split, Rujan 2021.
- [4] Alberto Lisa Ferrer, Impact of the cultural and social factors in the location of industry, 2010.
- [5] <https://repositorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+13163%3A2016>, Dostupno: 20.9.2023.
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Polystyrene>, Dostupno: 20.9.2023.
- [7] <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/expanded-and-extruded-polystyrene-eps-xps.aspx>, Dostupno: 25.11.2023.
- [8] <https://www.izgradnjakuće.com/stiropor-ili-stirodur/>, Dostupno: 20.9.2023.
- [9] Bozarth, C. B., & Handfield, R. B, Introduction to Operations and Supply Chain Management. McGraw-Hill, 2018.
- [10] Đukić, Goran: Predavanja kolegija "Tehnička logistika", FSB, Zagreb, 2023.
- [11] Facchini, Francesco et al, Minimizing the carbon footprint of material handling equipment: Comparison of electric and LPG forklifts, Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM), ISSN 2013-0953, OmniaScience, Barcelona, Vol. 9, Iss. 5, pp. 1035-1046, 2016.
- [12] L.L. Gaines, A. Elgowainy, and M.Q. Wang, Full Fuel-Cycle Comparison of Forklift Propulsion Systems, 2008.
- [13] <https://resources.duralabel.com/articles/floor-marking-for-forklift-safety>, Dostupno: 25.11.2023.
- [14] <https://www.pantherprotective.com.au/how-floor-markings-can-improve-safety-in-a-workshop/flooring/>, Dostupno: 25.11.2023.
- [15] <https://advancedpavementmarking.com/projects/warehouse-marking-projects/warehouse-markings/>, Dostupno: 25.11.2023.