

FAKULTETA ZA TEHNOLOGIJO POLIMEROV

Žiga PODLESNIK

**KONFIGURATOR, OPTIMIZACIJSKO ORODJE  
ZA KONČNI PRODUKT**

Diplomsko delo

Slovenj Gradec, december 2023



FAKULTETA ZA TEHNOLOGIJO POLIMEROV

# KONFIGURATOR, OPTIMIZACIJSKO ORODJE ZA KONČNI PRODUKT

Diplomsko delo

Študent:	Žiga PODLESNIK
Študijski program:	Tehnologija polimerov
Mentor:	izr. prof. dr. Blaž NARDIN

Slovenj Gradec, december 2023



## IZJAVA

Podpisani Žiga Podlesnik izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v knjižnici Fakultete za tehnologijo polimerov v Slovenj Gradcu. Na Fakulteto za tehnologijo polimerov neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve diplomskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi diplomsko delo javnosti na svetovnem spletu preko repozitorija DiRROS.

Slovenj Gradec, \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_



## ZAHVALA

Iskreno bi se rad zahvalil izr. prof. dr. Blažu Nardinu za Vaše mentorstvo, strokovno usmeritev in podporo pri oblikovanju moje diplomske naloge. Vaše usmerjanje v pravo smer ter poznavanje področja so mi omogočili pridobiti globlje razumevanje problematike in uspešno implementirati rešitve v moji diplomski nalogi.

Prav tako bi se rad zahvalil mojemu delovnemu mentorju Danilu Kmetcu, za podporo in vodenje med pripravo moje diplomske naloge. Vaše znanje in konstruktivne povratne informacije so mi pomagale pri izostritvi mojega razumevanja teme ter izboljšanju vsebine naloge.

Najlepša hvala tudi moji družini, ki mi je ves čas stala ob strani, me spodbujala in mi nudila podporo v času priprave diplomske naloge. Hvaležen sem vam za vašo stalno podporo in zaupanje vame.

Vsem vam izrekam iskreno zahvalo za vaš prispevek k mojemu osebnemu in strokovnemu razvoju ter uspešnem zaključku diplomske naloge. Vaša pomoč, nasveti in spodbuda so mi bili neprecenljivi in izjemno cenjeni.





## **POVZETEK**

### **Konfigurator, optimizacijsko orodje za končni produkt**

Konfigurator, optimizacijsko orodje za končni produkt. Diplomsko delo poglobljeno obravnava izzive obvladovanja specifičnih zahtev za proizvode, namenjene reševalnim gasilskim vozilom in opremi. Glavni cilj diplomske naloge je bil razviti konfigurator in optimizacijsko orodje za izdelavo plastičnih rezervoarjev, ki bi omogočilo učinkovito upravljanje novih materialov, tehnoloških procesov ter standardov gradnje. V teoretičnem delu naloge smo temeljito predstavili materiale za izdelavo rezervoarjev, tehnologije predelave polimernih materialov ter osnove konstrukcije rezervoarjev. V eksperimentalnem delu smo izvedli analizo dokumentacije, določili stroške izdelave rezervoarjev in razvili konfiguracijski vmesnik. Konfigurator, kot ključno orodje v procesu, je omogočil razdelitev stroškov dela, materiala in tehnologije. V nadaljevanju smo v proces vključili empirične podatke podjetja, pridobljene v določenem obdobju. S tem smo v celotnem poteku diplomske naloge podprli in pojasnili teoretične koncepte, zbrane iz znanstvenih člankov in knjig. Kot rezultat naloge smo uspešno implementirali delujoč konfiguracijski vmesnik, ki omogoča natančen izračun cene rezervoarja, ter pripravili podrobna navodila za njegovo uporabo. Uporaba konfiguracijskega vmesnika je prinesla značilne izboljšave v procesu pridobivanja prodajnih cen plastičnih rezervoarjev. Z uspešno implementacijo smo zmanjšali čas pridobitve prodajne cene rezervoarja ter razbremenili oddelke inženiringa, kalkulacij, tehnologijo ter proizvodnjo. Hkrati smo kupcem omogočili izbiro dodatnih zahtev, obenem pa zmanjšali možnosti napak pri izbiri materiala. S tem smo potrdili uspešnost koncepta konfiguracijskega vmesnika v praksi ter poudarili njegovo pozitivno vlogo pri optimizaciji proizvodnih procesov.

### **Ključne besede:**

Konfigurator, plastični rezervoarji, polimerni materiali, tehnološki procesi, konstrukcija rezervoarjev.



## **SUMMARY**

### **Configurator, optimisation tool for final product**

The diploma looks in depth at the challenges of managing the specific requirements for products intended for fire rescue vehicles and equipment. The main objective of the diploma was to develop a configurator and an optimisation tool for the production of plastic tanks, which would enable the efficient management of new materials, technological processes and construction standards. In the theoretical part of the diploma, the materials used for tank construction, the processing technologies of polymer materials and the basics of tank construction were thoroughly presented. In the experimental part, we performed a documentation analysis, determined the cost of tank manufacturing and developed a configuration interface. The configurator, as a key tool in the process, facilitated the allocation of labour, material, and technology costs. We incorporated empirical data from the company into the process, obtained over a specific period, to support and explain theoretical concepts gathered from scientific articles and books throughout the diploma. As a result we successfully implemented a functional configuration interface that allows precise calculation of the tank's price and provided detailed instructions for its use. The use of the configuration interface brought significant improvements to the process of obtaining sales prices for plastic tanks. With a successful implementation, we reduced the time required to obtain the sales price of the tank and relieved the engineering, calculation, technology, and production departments. At the same time, we enabled customers to choose additional requirements while reducing the chances of errors in material selection. This confirmed the success of the configurator concept in practice and emphasized its positive role in optimizing production processes. of errors in material selection. This confirmed the success of the configurator concept in practice and emphasized its positive role in optimizing production processes.

### **Keywords:**

Configurator, plastic tanks, polymer materials, technological processes, tank construction.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
1.1	Obravnavana problematika diplomskega dela	1
1.2	Namen in cilji diplomske naloge	2
1.3	Predvidene metode diplomskega dela	2
1.4	Predstavitev podjetja	3
<b>2</b>	<b>TEORETIČNI DEL</b>	<b>4</b>
2.1	Materiali za izdelavo rezervoarjev	4
2.1.1	Polipropilen	5
2.1.2	Polietilen	6
2.2	Tehnologije predelave plastike	7
2.2.1	Tehnologije spajanja plastike	8
2.3	Predstavitev konstrukcije rezervoarjev	11
2.4	Optimizacija dela	16
2.4.1	Digitalna preobrazba	17
2.4.2	Krožno gospodarstvo in trajnostni razvoj	17
<b>3</b>	<b>EKSPERIMENTALNI DEL</b>	<b>20</b>
3.1	Zbiranje in pregled dokumentacije	20
3.2	Posnetek trenutnega stanja	21
3.3	Določitev stroška rezervoarja	22
3.3.1	Strošek dela	22
3.3.2	Materialni strošek	23
3.3.3	Strošek dodatnih zahtev	24
3.4	Izdelava konfiguracijskega vmesnika	24
3.4.1	Osnova	25
3.4.2	Dokument z formulami in postopki	33
3.4.3	Vmesnik za izračun cene	37
3.4.4	Dokument za shranjevanje in sledljivost	41
3.4.5	Navodila za uporabo	41
3.5	Testiranje vmesnika	42
<b>4</b>	<b>REZULTATI IN DISKUSIJA</b>	<b>43</b>
4.1	Konfiguracijski vmesnik	43
4.2	Delovanje konfiguracijskega vmesnika	45
<b>5</b>	<b>SKLEP</b>	<b>47</b>
	SEZNAM LITERATURE IN VIROV	48
	SEZNAM SLIK	50
	SEZNAM TABEL	51
	SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV	52
	SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC	53

---

PRILOGE	54
Priloga 1: program v Excel Makro, ki omogoča kopiranje podatkov iz Excel datoteke »OSNOVA« v »DOKUMENT Z FORMULAMI IN POSTOPKI«	54
Priloga 2: program v Excel Makro, ki omogoča kopiranje podatkov v Excel datoteko »VMESNIK ZA IZRAČUN CENE«	55
Priloga 3: Blokovna stroktura vseh izdelanih excel dokumentov in njihova soodvisnost	56

## 1 UVOD

### 1.1 Obravnavana problematika diplomskega dela

Zraven različnih globalnih in tržnih pojavov, ki so prizadela veliko večino podjetij po vsem svetu, se podjetje Rosenbauer, ki izdeluje gasilska vozila in gasilsko opremo, sooča tudi z vse bolj specifičnimi zahtevami za svoje produkte. Ob prodoru nove linije rezervoarjev na trg se pojavijo novi faktorji, ki prav tako neposredno vplivajo na poslovni in tehnično-tehnološki proces.

Za obvladovanje faktorjev, kot so novi materiali, novi tehnološki procesi in standardi za izgradnjo, je potrebna sposobna oseba. Kompetentna oseba mora imeti dolgoročne izkušnje, poznati mora produktno paleto podjetja, tehnološke procese in njihove omejitve ter biti seznanjena s standardi gradnje produkta. V podjetju so zaposleni kompetentni kadri, ki pa zaradi obsežnosti produktnega portfolia z veliko napora obvladujejo zgoraj navedene faktorje. Velik faktor, ki vpliva na pomanjkanje strokovno podkovanega kadra v tej regiji, je tudi sama lokacija (tik ob avstrijski meji).

Poleg kadrovskih kompetenc pa se problematika pojavi tudi pri standardih gradnje novih rezervoarjev. Poleg osnovnega ogrodja in prečnih prekatov, ki dajejo rezervoarju trdnost in togost, so na in v rezervoar implementirane tudi druge komponente, ki dajejo rezervoarju funkcionalnost. Gradnja rezervoarja in material, iz katerega je rezervoar grajen, morata zagotavljati delovanje na najvišjem nivoju varnosti ter zagotavljati, da vozila in oprema izpolnjujeta vse potrebne zahteve ter zagotavljata najnovejše operativne standarde. Zaradi ekstremnih pogojev, ki jim je gasilski rezervoar izpostavljen (vročina, sevanje, slana voda, zmrzal ipd.), se morajo konstrukcijski preračuni in analize materialov striktno upoštevati.

Problematika se pojavlja tudi zaradi različnih tržnih dejavnikov (inflacija ipd.), ki vplivajo na cene osnovnih surovin in posledično tudi na ceno končnih produktov. Ažurno spreminjanje cen celotne palete rezervoarjev je zelo zamuden proces. Prav tako se povečuje verjetnost napak. Zaradi trenda višanja cen osnovnega materiala moramo biti še posebej pozorni na odpad, ki nastane pri gradnji, ter se moramo zavedati pomena krožnega gospodarstva.

Zaradi zgoraj navedenih problematik smo v podjetju primorani optimalizirati in prilagoditi proces dela ter postati na trgu še bolj konkurenčni in odzivni. V diplomski nalogi je optimizacijski proces dela opisan kot konfiguracijski vmesnik. S konfiguracijskim vmesnikom si bo lahko kupec brez strokovnega predznanja samostojno konfiguriral produkt, ki bo ustrezal tehnološkim procesom in materialom, ki jih uporablja podjetje. Primarna izhodna informacija konfiguracijskega vmesnika bo tehnološko ustrezen rezervoar, ki je popolnoma prilagojen določenemu trgu. Sekundarna izhodna informacija pa bo aktualna nabavna cena produkta.

Konfiguracijski vmesnik bo narejen v uporabniku prijaznem programu, ki ga lahko odpre uporabnik kadarkoli na vseh digitalnih napravah, ki omogočajo uporabo programa Microsoft Excel. S tem bomo izpolnili tudi zahtevo po digitalni preobrazbi, h kateri stremi podjetje.

Pri izdelavi konfiguracijskega vmesnika je nujno potrebno sodelovanje med oddelki, pristojno osebo za robotsko varjenje rezervoarjev iz proizvodnje, odgovornim predstavnikom konstrukcije ter vodstvom podjetja. Prav tako je potrebno mesečno poročanje o napredku projektni ekipi v Rosenbauer International.

## **1.2 Namen in cilji diplomske naloge**

Namen diplomske naloge je uporabiti pridobljena znanja na praktičnem primeru, kot na primeru izdelave rezervoarjev za prevoz gasilnih medijev v gasilskih vozilih. Prav tako je namen diplomskega dela rešiti podjetju prej omenjeno problematiko, s katero se srečuje vsakodnevno.

Cilj diplomske naloge je z pridobljenim znanjem izdelati konfigurator s katerim bomo optimalizirali procese v podjetju Rosenbauer. V sklopu naloge smo si zadali tudi naslednje hipoteze:

### **Hipoteza 1:**

Konfiguracijski vmesnik bo služil, kot samostojno, uporabniku prijazno orodje pri katerem ne bo potrebnega strokovnega znanja za uporabo le tega.

### **Hipoteza 2:**

S konfiguracijskim vmesnikom bomo določili tehnične omejitve in s tem zmanjšali možnost napak pri izbiri ustreznega materiala za izgradnjo produkta.

### **Hipoteza 3:**

S konfiguracijskim vmesnikom bomo konfigurirali cenovno najbolj ugoden produkt v odvisnosti od zahtev in želja uporabnika.

## **1.3 Predvidene metode diplomskega dela**

Razvoj konfiguracijskega vmesnika je bil izveden, kot samostojni projekt. Zaradi tega je tudi diplomsko delo sestavljeno iz dveh večjih delov.

V prvem delu diplomskega dela smo uporabili teoretično in opisno metodo kjer na podlagi pregleda primarnih in sekundarnih virov vsebine, povzamemo že znane objavljene teorije. V uvodnem delu smo uporabili deskriptivno metodo s katero predstavimo podjetje Rosenbauer in njihove produkte.

V drugem delu smo pridobili potrebne podatke na podlagi učenja in opazovanja. Z metodo analize smo določili standardni obseg del ob vsakem produktu ne glede na zahteve kupca in določili dodatno ovrednotenje za posamezno opcijo ali zahtevo.

V zaključku projekta smo uporabili metodo primerjanja (komparativno metodo), s katero smo primerjali ustreznost izhodnih podatkov vmesnika (prodajno ceno) na že izdelanih produktih.

#### 1.4 Predstavitev podjetja

Kot študent na fakulteti za tehnologijo polimerov (FTPO) sem že v sklopu praktičnega usposabljanja pričel sodelovati s podjetjem Rosenbauer, ki je vodilno svetovno podjetje na področju gasilskih vozil in opreme. Z izpostavo v Gornji Radgoni je Rosenbauer d.o.o. v koncernu specializirano na področju proizvodnje polimernih (polipropilenskih in polietilenskih) rezervoarjev, ki jih distribuira po celem svetu.

V preteklem letu je podjetje predstavilo popolnoma novo linijo vozil »Modular Technology« (MT). Gre za specialna gasilska vozila, ki so namenjena posredovanju ob večjih nesrečah (požari v naravi, nesreče v industrijah ipd.) in predvsem oskrbovanju požarišča z gasilnim sredstvom. Osnovno načelo nove linije vozil MT je ravno modularnost, ki zagotavlja, da si lahko zaradi različnih tržnih potreb gasilske enote po vsem svetu prilagodijo vozilo lastnim potrebam. Različne tržne zahteve pa ne vplivajo samo na komplet vozilo ampak tudi na rezervoar, ki mora izpolnjevati kupčeve zahteve in standarde gradnje. MT vozilo je prikazano na sliki 1.



Slika 1: MT gasilsko vozilo [1]



## 2 TEORETIČNI DEL

V teoretičnem delu smo v nadaljevanju diplomske naloge opisali materiale in postopke, ki jih podjetje Rosenbauer uporablja pri procesu izdelave produkta. Ker pa želimo v diplomski nalogi optimizirati proces gradnje je pomembno tudi, da zraven procesa optimizacije dela opišemo tudi pristop krožnega gospodarstva, ki se ga podjetje poslužuje.

### 2.1 Materiali za izdelavo rezervoarjev

Globalna proizvodnja plastike je pokazala hitro rast od leta 1950 do 2020, iz 1,5 na 367 milijonov metričnih ton, pri čemer se pričakuje, da se bo ta stopnja rasti v naslednjih nekaj desetletjih še povečala. V prihodnosti bo zelo velika potreba po polimernih materialih zaradi njihovih odličnih lastnosti, kot so visoka specifična trdnost, enostavnost oblikovanja v zapletene oblike, visoka odpornost na okoljske dejavnike itd. Temu svetovnemu trendu sledi tudi podjetje Rosenbauer [2].

Okoli 90% celotnega povpraševanja predstavljajo pet glavnih vrst plastičnih materialov: polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinilklorid (PVC), polistiren (PS) in polietilen tereftalat (PET). Te vrste plastičnih materialov se široko uporabljajo v različnih industrijah in aplikacijah zaradi njihove vsestranskosti, trajnosti in ugodne cene. Preostalih 10% povpraševanja je porazdeljeno med druge vrste plastike [3].

Na podlagi molekulske strukture so polimeri razdeljeni v tri skupine:

- termoplasti,
- duroplasti,
- elastomeri.

Elastomeri, kot so naravni kavčuk, polibutadien, nitrilni kavčuki itd., imajo nizko gostoto zamreževanja, nizek Youngov modul in visoko deformacijo plastičnosti, zaradi česar so raztegljivi in prožni [4].

Nasprotno so duroplasti. Trdi in togi materiali z visoko stopnjo zamreženja, ki omejuje gibanje verige. Po segrevanju ohranijo svojo trdnost in obliko, vendar jih po začetnem toplotnem oblikovanju ni mogoče preoblikovati. Pogosti primeri duroplastov predstavljajo smole (nenasičene poliesterske, fenolne itd.), ki imajo visoko stabilnost pri visokih temperaturah in odpornost na številna topila [4].

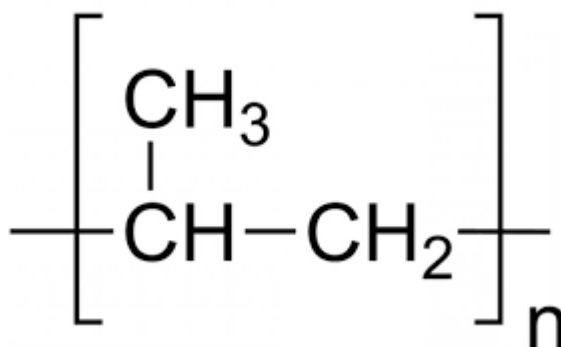
Termoplasti so razred polimerov, ki jih je mogoče zmehčati in preoblikovati s segrevanjem brez spremembe kemične strukture, kar jih naredi primerne za številne aplikacije. Kombinacije nizkih proizvodnih stroškov, visoke trdnosti in nizke teže so povečale pozornost raziskav in jih naredila za potencialen material, ki bi lahko presegel druge polimere. Njihove raznolike značilnosti omogočajo obsežne možnosti vezave substrata na osnovno verigo, s čimer neposredno vplivamo na izboljšanje fizikalnih in kemijskih lastnosti v želenem področju uporabe [4].

### 2.1.1 Polipropilen

Ker večji del konstrukcije rezervoarja, proizvedenega v Rosenbauerju predstavlja PP, se bomo osredotočili na ta termoplastičen material.

Polipropilen je bil odkrit leta 1954 in hitro pridobil veliko priljubljenost, saj ima najnižjo gostoto med trgovskimi plastikami. PP ima odlično kemično odpornost in se lahko obdela z mnogimi postopki predelave, kot sta brizganje in ekstruzija. Polipropilen je polimer, pripravljen katalitično iz propilena [3].

Kemijska formula PP je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Kemijska formula PP [5]

Njegova največja prednost je povezana z visoko temperaturno odpornostjo, zaradi česar je PP še posebej primeren za izdelke, kot so pladnji, lijak, vedra, steklenice, kadi itd., ki jih je treba pogosto sterilizirati (očistiti) za uporabo v kliničnem okolju. Polipropilen je brezbarven material z odličnimi mehanskimi lastnostmi in je boljši od polietilena iz zgornjih razlogov [3].

Polipropilen je proizvod petrokemične industrije, pridobljen iz monomera propilena. Polimer se proizvaja s postopkom povezovanja monomerov, imenovanim adicijska polimerizacija. V tem postopku se dodajo toplota, visoko energijsko sevanje, iniciator ali katalizator, da se monomeri združijo. Tako se molekule propilena polimerizirajo v zelo dolge polimerne verige. Obstajajo štiri različne poti za izboljšanje polimerizacije vsakega polimera: raztopinska polimerizacija, suspenzijska polimerizacija, masna polimerizacija in plinska polimerizacija. Vendar se lastnosti polipropilena razlikujejo glede na pogoje procesa, komponente kopolimerov, molekulska maso in razdelitev molekulske mase [3].

Kemijska odpornost polipropilena se lahko opisuje kot odlična odpornost na razredčene in koncentrirane kisline, alkohole in baze, dobra odpornost na aldehide, estre, alifatične ogljikovodike, ketone ter omejena odpornost na aromatske in halogenirane ogljikovodike ter oksidacijska sredstva. Polipropilen ima kristalno strukturo z visoko stopnjo togosti in visoko točko tališča v primerjavi z drugimi komercialnimi termoplasti. Trdota je posledica metilnih skupin v njegovi molekulski verigi. Polipropilen je lahko polimerna snov z gostoto 0,90 g/cm<sup>3</sup>, kar ga naredi

primerne za številne industrijske aplikacije. Eksperimenti so pokazali, da ima polipropilen odlične fizične, mehanske in toplotne lastnosti pri uporabi pri sobni temperaturi. Je relativno tog in ima visoko tališče, nizko gostoto ter razmeroma dobro odpornost na udarce. Tipična kristaliničnost PP je med 40-60%. PP je cenovno ugoden termoplastični polimer z odličnimi lastnostmi, kot so odpornost na ogenj, visoka temperaturna deformacija, dimenzionalna stabilnost in možnost recikliranja, zaradi česar je primeren za širok spekter aplikacij. Glavna uporaba propilena je v PP, ki predstavlja skoraj dve tretjini svetovne porabe propilena [3].

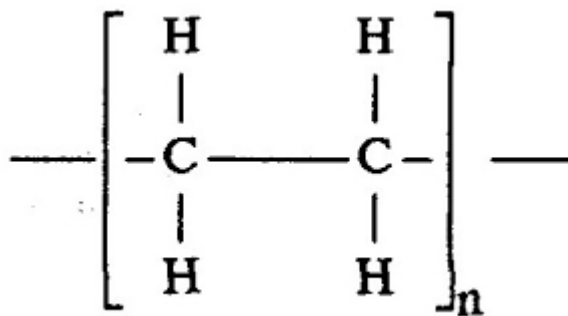
### 2.1.2 Polietilen

Druga pogosta vrsta plastike je polietilen (PE). Zgodovina PE se je začela s slučajnim odkritjem polietilena z nizko gostoto (LDPE) s strani Imperial Chemical Company (ICI) leta 1933 med raziskovanjem reakcij etilena pri visokih temperaturah in tlakih. Kasneje je podjetje BASF razvilo cevasti reaktor za visokotlačni proces LDPE, ki omogoča večjo pretvorbo etilena in posledično višjo proizvodno hitrost. Danes se LDPE še vedno proizvaja s podobno kemijsko sestavo z uporabo avtoklavnih ali cevni reaktorjev. Osnovna surovina za LDPE je etilenski monomer [6].

Etilen je brezbarven plin z rahlo sladkastim vonjem in se pridobiva s cepitvijo etana ali naftnega katrana pri visokih temperaturah (približno 850 °C) v parnem cepilniku. Eten se stisne pod zelo visokim tlakom, nato pa se s peroksidom začne prostoradikalna polimerizacija za proizvodnjo LDPE. Leta 1953 je Carl Ziegler razvil nov katalizatorski sistem, danes znan kot Ziegler-Natta (Z-N) katalizator, ki temelji na kemijskih reakcijah prehodnih kovin in omogoča proizvodnjo polietilena pri nižjih temperaturah in tlakih. Približno v istem časovnem obdobju sta Hogan in Banks pri podjetju Phillips Petroleum sintetizirala polietilen visoke gostote (HDPE) s pomočjo silik-/aluminij- podprtega kromov-oksidgega katalizatorja pri relativno nizkih tlakih. Z uporabo različnih proizvodnih postopkov, katalizatorjev in komonomerjev je mogoče proizvesti širok spekter etilenskih homopolimerov in kopolimerov. Možnost proizvodnje toliko različic omogoča proizvajalcem prilagajanje smol za specifične aplikacije, kot so embalažne folije, trdni zaboji, bobni in cevi [6].

Ko danes govorimo o PE, moramo navesti, ali gre za visoko gostoto, nizko gostoto, linearno nizko gostoto ali polarni etilenski kopolimer, kateri katalizator je bil uporabljen, kakšna je gostota in indeks taljenja, kateri komonomer je bil uporabljen za nadzor gostote, kakšen proizvodni postopek je bil uporabljen in kakšna je molekulska struktura, kot so molekulska masa in porazdelitev sestave. Pri polariziranih etilenskih kopolimerih se s povečevanjem ravni komonomera zmanjšuje kristaliničnost (in s tem togost), vendar se gostota povečuje. To je posledica prostornih polarnih stranskih skupin, ki povečujejo gostoto amorfne faze in s tem tudi celotno gostoto, čeprav je kristaliničnost nižja [6].

Kemijska formula PE je prikazana na sliki 3.



Slika 3: Kemijska formula PE [7]

Gostota PE se giblje med 0,925 in 0,965 g/cm<sup>3</sup>, kar je očitno višje od gostote PP [8].

Gostota PE je neposredno povezana s kristalnostjo polimera, ki se meri z diferencialno skenirno kalorimetrijo [6].

## 2.2 Tehnologije predelave plastike

Obstaja obsežen nabor postopkov za predelavo polimernih materialov, pri čemer so spodaj navedeni tisti, ki prevladujejo v najpogostejši uporabi:

- brizganje,
- ekstrudiranje,
- prešanje,
- pihanje,
- termoformiranje,
- rotacijski in centrifugalni liv,
- varjenje,
- spajanje.

V nadaljevanju diplomske naloge bomo predstavili dva prevladujoča postopka za predelavo polimernih materialov, tj. brizganje in ekstrudiranje. Poleg tega bomo v ločenem podpoglavju podrobno obravnavali različne tehnike varjenja, ki se uporabljajo pri obdelavi polimernih materialov.

Tehnologija brizganja plastike predstavlja eno izmed osrednjih metod industrijske obdelave polimernih materialov. Ta metoda omogoča oblikovanje plastičnih izdelkov s pomočjo brizgalnega stroja, ki se sestoji iz zapiralnega in brizgalnega dela. Brizgalni del vključuje pogonski motor za vrtenje polža, ločen hidravlični pogon za aksialni premik polža, končno stikalo za vklop naknadnega pritiska, lijak, pomični polž, cilinder z grelnimi telesi, komoro za plastificirano maso in grelne šobe. Proces brizganja začnemo v zapiralnem delu z zapiranjem orodja, nato se brizgalni del premakne do točke, kjer šoba nasede na orodje. Sledi vbrizgavanje plastike v orodje, pri čemer se v naslednji fazi vključi naknadni pritisk za zagotovitev popolne zapolnitve orodja s polimernim materialom. Nato sledi odmik brizgalne enote, pri čemer se z pomikom

polža nazaj proti pogonu stroja začne dozirati in plastificirati polimerni material. V zadnji fazi brizgalnega cikla se orodje odpre, in izdelek se izmeče [9].

Brizganje je prednostni postopek za izdelke s kompleksnimi tridimenzionalnimi strukturami. Od mikronskega zobnika, mikronske igle, itd. do plastenk, plastičnih sodov in dnevnih potrebščin, ki so pogosti v vsakdanjem življenju, jih je mogoče oblikovati s postopkom brizganja plastike. Tehnologijo brizganja plastike je mogoče uporabiti za različne materiale, vključno s kompozitnimi materiali, penastimi materiali, termoplastičnimi in termoreaktivnimi plastikami ter gumo, itd. Glede na način pogona se brizgalni stroji glavno delijo na električne in hidravlične brizgalne stroje [10].

Ekstruzija je najpomembnejša in najmasovnejša tehnologija v industriji obdelave polimerov. Široko se uporablja za proizvodnjo folije, plošč, cevi in profilov ter za posebne obdelave, kot so mešanje, granuliranje, kemične reakcije in še več. Taljenje naj bi bilo hitro, da bi zagotovili dovolj prostora za dobro mešanje materiala. Taljenje in mešanje sta temeljna v obdelavi polimerov in ključna za razvoj novih, naprednih materialov, polimernih kompozitov ali mešanic polimerov, pa tudi za recikliranje plastike. Načrtovanje predelave polimerov je trenutno podprto z računalniškimi simulacijami, ki temeljijo na matematičnih modelih proizvodnih procesov. Modeliranje omogoča napovedovanje poteka teh procesov na podlagi podatkov o procesu (material, delovanje in geometrija) [11].

Ekstruder je stroj, ki prevzema iz lijaka trdne in tekoče polimerne materiale in jih zgosti, premeša, stali, homogenizira itd. ter končno kontinuirano iztiska iz šobe. Srce ekstruderja sestavlja polž, ki se giblje v notranjosti cilindra, kjer se postopoma topi surov polimerni material s pomočjo pasovnih grelcev [9].

Topla talina se nato usmerja proti matrici, kjer se oblikuje v želeno končno obliko. V tem procesu se polimerni material tali pod vplivom električnih grelcev, ki segrevajo notranjost cevi, in viskoznega striženja, ki je posledica vrtenja polža. Razumevanje delovanja ekstruderja in natančno prilagajanje parametrov tega procesa je ključno za doseganje visoke kakovosti končnih izdelkov in učinkovite uporabe polimernih materialov v različnih aplikacijah [12].

Poznamo več vrst ekstrudorjev: batne, Maxwell, eno polžne, več polžne itd. Več polžni ekstrudorji se od eno polžnih razlikujejo le v večjih vgrajenih zobniških prenosih za polže, večjimi pogonskimi gredmi in cilindru, ki je prilagojen dvema ali večim polžem. Ker so zaradi razvoja tudi zahteve po oblikah cilindrov oziroma polžev zelo različne, se vse bolj pogosto pojavljajo na tržišču zamenljivi polži oziroma cilindri in ekstrudorji odprtih oblik za hitro menjavo ključnih delov [9].

### 2.2.1 Tehnologije spajanja plastike

Termoplasti se uporabljajo v širokem spektru aplikacij zaradi zmanjšane teže, izboljšanih zmogljivostnih lastnosti, sproščanja koncentracije napetosti in možnosti

ponovne obdelave. Po navadi je potrebno uporabiti tehniko varjenja za izdelavo strukturno kompleksnih izdelkov, čeprav polimeri omogočajo odlično oblikovnost in veliko stopnjo svobodne oblike. Glede na fizikalne principe spojev se lahko spoji pri plastičnih materialih razvrstijo med spoje, ki so spojeni s:

- silo,
- obliko,
- ali materialom [13].

Zadnja kategorija (zaradi hitrega razvoja tehnologij varjenja) se pogosteje uporablja v več industrijskih aplikacijah. Tehnologija varjenja ni potrebna samo za proizvodnjo, ampak tudi za popravilo in recikliranje. Da bi podaljšali življenjsko dobo materialov in spojev, je treba odpadne materiale ponovno obdelati in preučiti. Pri uporabi varjenja za doseg spojev je pomembno ustvariti najmočnejše spoje na osnovi kohezije. Tehnologije spajanja termoplastov lahko razdelimo na tri metode:

- mehansko pritrditev,
- lepljenje,
- toplotno varjenje [13].

Metode mehanske pritrditve vključujejo:

- spenjanje,
- stiskanje,
- vijachenje,
- kovinsko spajanje [13].

Lepljenje je še en način za široko uporabo, ki omogoča spajanje različnih in nezdružljivih materialov. Uporablja se pri proizvajalcih avtomobilov predvsem pri konceptnih avtomobilih in izdelkih z nizkim obsegom proizvodnje, na primer pri Fordovem modelu AIV, Roverjevem modelu ECV3 ter v omejenem obsegu pri Hondinem modelu NSX in Mitsubishiju. Kljub visokozmogljivim lepilom, kot so epoksidna, pa ostajajo znatne okoljske skrbi. Glede na trenutne okoljske skrbi obstaja možnost, da bodo te snovi v prihodnosti prepovedane. Poleg tega je sproščanje škodljivih stranskih produktov tudi pomemben problem pri lepilih [13].

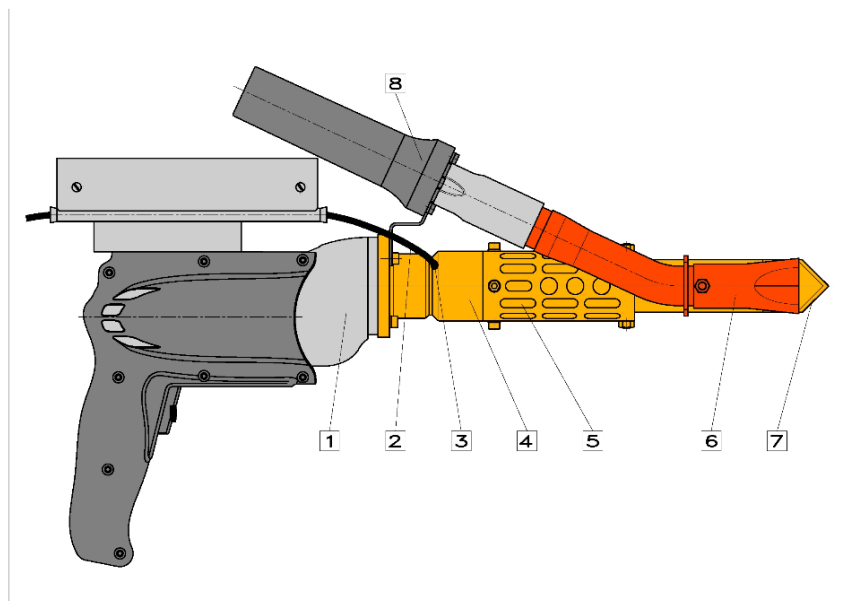
Varilne metode so opredeljene kot trajno spajanje dveh materialov brez uporabe lepila ali drugih kemijskih izdelkov na stiku ali mestu varjenja. Te metode se lahko uporabljajo pri številnih termoplastih in nekatere od njih so že uveljavljene metode, ki se uporabljajo v letalski, avtomobilski, elektronski, embalažni in medicinski industriji. Varilne metode običajno vključujejo uporabo lokalizirane toplote, časa in tlaka. Cilj varjenja med polimeri je ustvariti brezšivno spojino, ki ima enake mehanske lastnosti kot matrični materiali. Obstaja več načinov za uporabo varjenja pri izdelkih [13].

Pri sočelnem varjenju se dva delovna kosa postavita med dve ogreti plošči in varjenje se pričakuje na podlagi procesa taljenja in strjevanja [13].

Pri laserskem varjenju se uporablja laserski žarek za obsevanje in energijsko oskrbo na površinah delovnih kosov, kjer se termoplasti stopijo in strdijo. Uporabljajo se tako spoji s prekrivanjem kot tudi s spoji na prekrivanje, pri čemer so ključni dejavniki za varilni učinek laserska moč, hitrost premika žarka, časi obsevanja in absorpcijske lastnosti matričnih materialov. Lasersko varjenje je hiter postopek in omogoča takojšnje varjenje. Posledično je vpliv toplote na območja okoli varjenih površin relativno manjši v primerjavi z drugimi metodami varjenja [13].

Varilne metode s trenjem izkoriščajo toploto, ki nastane pri drgnjenju dveh varilnih površin termoplastov, da se stopijo in združijo. Podobno kot pri drugih varilnih metodah, se varjenje termoplastov izvede pod tlakom po tem, ko se vmesne površine ohladijo in utrdijo. Obstaja več pogostih tehnik varjenja s trenjem, med njimi vibracijsko varjenje, krožno varjenje, mešalno varjenje in ultrazvočno varjenje. Pri vibracijskem varjenju en termoplast ostane nepremičen, medtem ko drugi vibrira po varilni površini pri določeni frekvenci in amplitudi. Toplota, ki nastane zaradi vibracij, stopi površine termoplastov, ki se nato združijo po konsolidaciji. Ta tehnika je primerna za dele s ploskimi sklopnimi površinami in se pogosto uporablja za varjenje velikih komponent, kot so dovodni kolektorji in odbijači pri avtomobilih. Vibracijsko varjenje zahteva posebne pripomočke, termoplast, ki se varijo, pa mora biti dovolj trden, da se izogne deformaciji med postopkom varjenja [13].

V podjetju Rosenbauer uporabljajo za spajanje PP in PE plošč dve tehnologiji. Prva tehnologija je torni varjenje, ki je opisana že v zgornjem odstavku. Druga primarna tehnologija pa je ekstruzijsko varjenje. Ekstruzijsko varjenje poteka tako, da se varilna žica preko napajalnika palice dovaja v telo ekstruderja, kjer se granulira, nato se v talilni komori stopi, stisne in prenaša s pomočjo vijaka ekstruderja do izhodne površine varilnega čevlja. Predgreti ventilator segreva površino spojnega območja na osnovnem materialu (dve področji, ki se bosta varili skupaj). Predgreta šoba določa širino predgretja. Talina izteka iz varilnega čevlja in dobiva želeno obliko. Talina in osnovni material se skupaj ohlajata, pri čemer varjenje dobi končno obliko in trdnost. Varilna stroj in njeni sestavni deli so prikazani na sliki 4.



Slika 4: Varilni stroj [14]

1. Pogon
2. Varilna palica
3. Napajalnik palice
4. Telo ekstruderja
5. Vijak ekstruderja (obdan z delom za taljenje in grelnim vložkom)
6. Predgreti šoba
7. Varilni čevlji
8. Predgreti ventilator

### 2.3 Predstavitev konstrukcije rezervoarjev

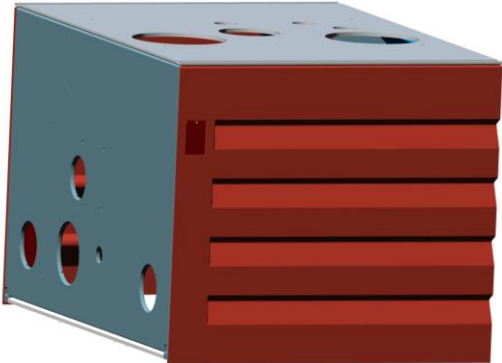
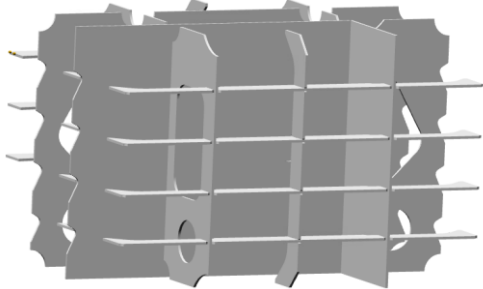
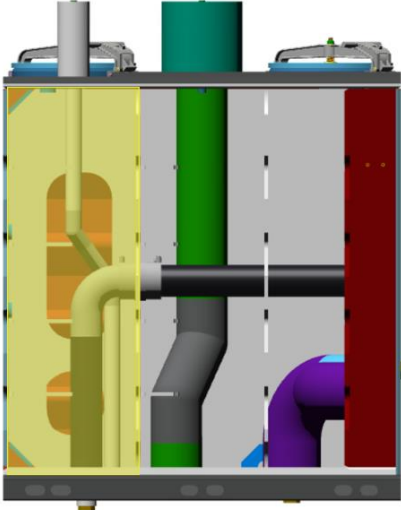
Pričakovana funkcionalnost gasilskega vozila je do 400.000 km ali 25 let. Vozilo se vozi po razgibanih cestah in deluje v zahtevnih pogojih (na primer, pospeški do 3 g / - 0,5 g navpično, 0,8 / -1 g pospešek vodoravno vzdolžno, do 0,6 g lateralno ali kombinacije teh obremenitev; te obremenitve se lahko pojavijo do 10 milijonov krat kot izmenične obremenitve.). Rezervoar mora biti dimenzijsko stabilen v temperaturnem območju od  $-30$  do  $+80$  °C, končna površina (pobarvana) mora imeti 20.000 ur odpornosti proti UV žarkom, in mora biti primerna za sprejem sveže, slane in mešane vode ter pitne vode (Evropska direktiva o pitni vodi 98/83/ES (EU)) ter vseh komercialno dostopnih penilnih sredstev. Zunanje površine rezervoarjev morajo biti oblikovane tako, da jih je mogoče prebarvati z dvokomponentno barvo ali nanesti proti zdrsni premaz [2].

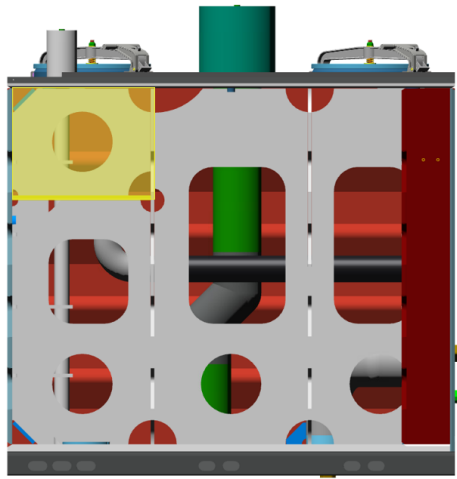
V rezervoarjih lahko prevažamo različne medije, glede na potrebe kupca. V večini primerov se uporablja samo voda ali pa voda v kombinaciji s penilom, redkeje s prahom. Zaradi abrazivnosti in agresivnosti nekaterih gasilnih sredstev je rezervoar iz PP in PE eden najprimernejših produktov za prevoz teh medijev. Zraven materiala iz



katerega je sestavljen rezervoar pa je izrednega pomena tudi sama konstrukcija rezervoarja. Konstrukcija predhodnika ki smo ga imenovali »prilagojeni sistem karoserije« (Customized Body System- CBS) in novo razvitega MT rezervoarja je zelo podobna. Oba sta sestavljena iz oboda, satovja in funkcionalnih delov. Sestavni del, njegova slika ter kratek opis so prikazani v tabeli 1.

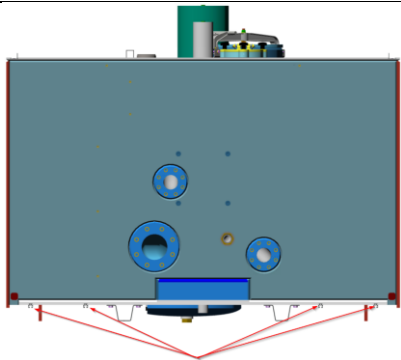
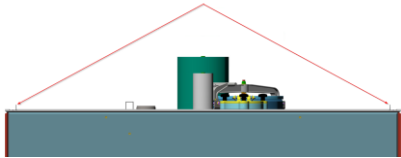
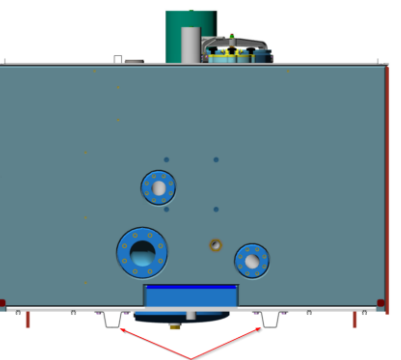
*Tabela 1: Prikaz in opis sestavnih delov rezervoarja*

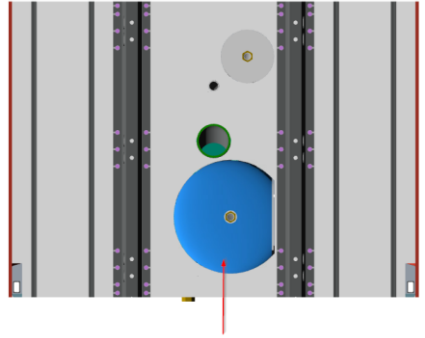
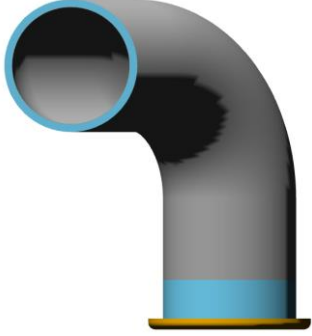
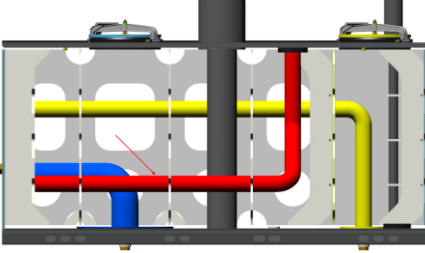
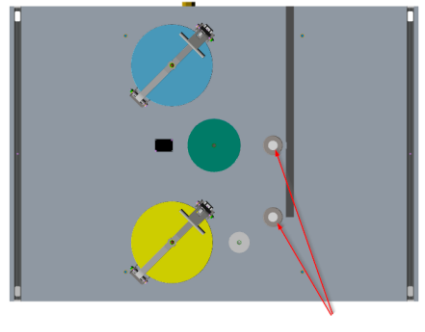
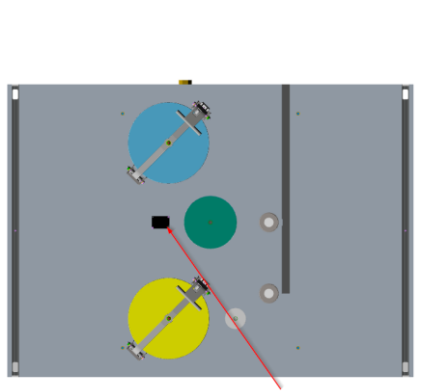
Del	Slika	Opis in namen
Obod		<p>Obod rezervoarja daje rezervoarju končno podobo in zraven vizualne vloge služi kot osnova za montažo vseh funkcionalnih delov in satovja. Obod sestavljajo leva in desna »dizajn« plošča, dno in streha ter sprednja in zadnja stran, ki so grajene iz ravnih plošč različnih debelin (debelina plošč je odvisna od pozicije v rezervoarju). Vse plošče so predhodno obdelane in prirezane na ustrezno dimenzijo z rezkalnim strojem.</p>
Satovje		<p>Satovje je sestavljeno iz prečno in vzdolžno med seboj varjenih PP plošč in horizontalnih ojačitev. Preprečujejo pljuskanje medija ob pojemanju in pospeševanju vozila in zagotavlja da je rezervoar zadostno trden.</p>
Enojno integriran rezervoar		<p>Z rumeno je označen enojno integriran rezervoar za penilo ali katero drugo gasilno sredstvo. Enojno integriran rezervoar predstavlja prečno varjeno steno, ki preprečuje mešanje gasilnih sredstev. V enojno integriranem rezervoarju je od primarnega medija ločen oddušek za vodo, revizijska odprtina, sesalna cev in sesalno korito.</p>

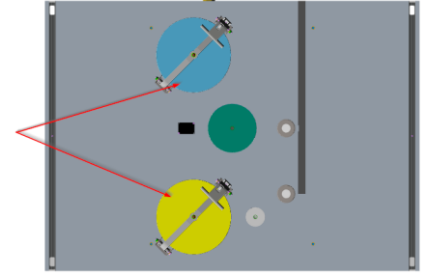
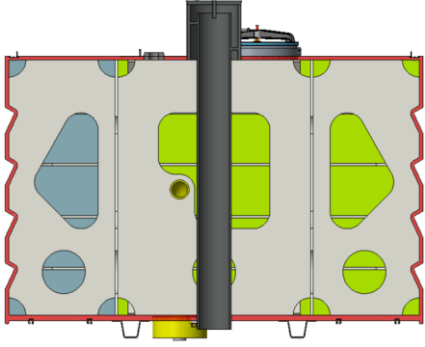
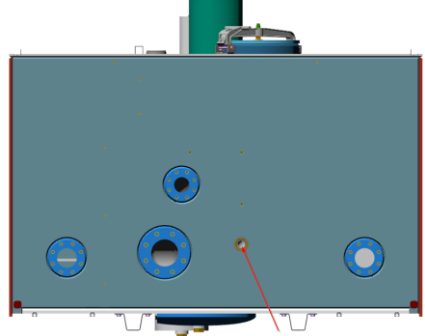
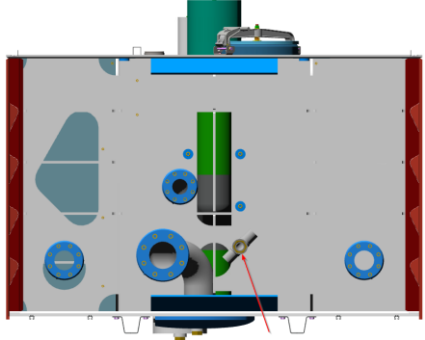
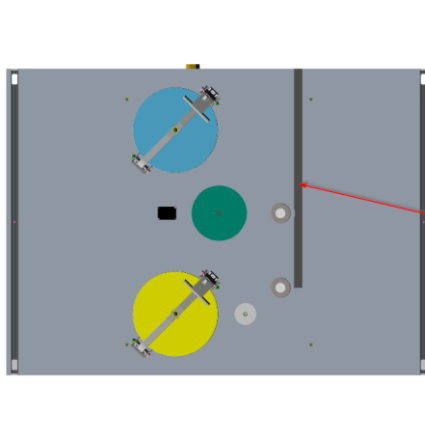
Del	Slika	Opis in namen
Dvojno integriran rezervoar		Z rumeno je označen dvojno integriran rezervoar za penilo ali katero drugo gasilno sredstvo. Dvojno integriran rezervoar predstavlja horizontalno in vertikalno varjeno steno, ki preprečuje mešanje gasilnih sredstev. V dvojno integriranem rezervoarju je od primarnega medija ločen oddušek za vodo, revizijska odprtina in sesalna cev.

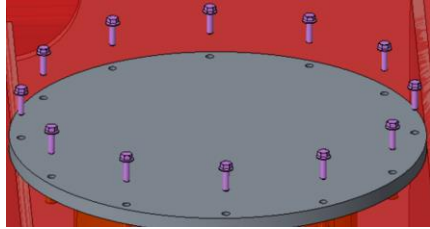
Ostali deli, ki dajejo rezervoarju funkcionalnost so z sliko in kratkim opisom prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Prikaz in opis funkcionalnih delov

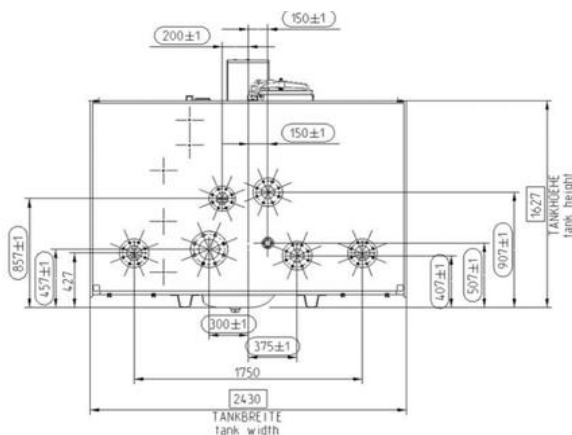
Del	Slika	Opis
Spodnji profili		Spodnji profili so namenjeni pritrjevanju spodnjih delov nadgradnje kot so zaboji za opremo ali okrasnih pločevin ali kolotekov. Profili so v dno rezervoarja nameščeni v za to naprej pripravljene utore.
Zgornji profili		Zgornji profili so namenjeni pritrjevanju zgornjih delov vozila na rezervoar. Zgornji del v primeru vozila MT so galerije, ki zagotavljajo osvetlitev okolice in opozorilno signalizacijo (modre luči). Profili so v streho rezervoarja nameščeni v za to naprej pripravljene utore.
Nosilci		Nosilci rezervoarja so namenjeni pritrjevanju rezervoarja na pomožno osnovo. S pomočjo nosilcev in vijačnega materiala je rezervoar vpet na transportni voziček ki omogoča logistične premike po proizvodnji ter transportu v ostale koncernske podružnice.

Del	Slika	Opis
Sesalno korito		<p>Sesalno korito je najnižji del rezervoarja in s tem zagotavlja izsesovanje celotnega medija iz rezervoarja. Na dnu rezervoarja je zavarjen tudi adapter na katerega se v nadaljnji proizvodnji vozila montira cev z krogličnim ventilom, ki zagotavlja popolno izpraznitev rezervoarja.</p>
Sesalni vod		<p>Sesalni vod je sestavljen iz horizontalno in vertikalno varjenih cevi in kolen različnih premerov. Premeri so odvisni od same velikosti rezervoarja, ki je pogojen z velikostjo končnega vozila in velikosti črpalke. Sesalni vod je zavarjen na zadnjo steno rezervoarja in sega do dna sesalnega korita.</p>
Cev za vodni monitor		<p>Cev za vodni monitor je na sliki levo označena z rdečo. Cev za vodni monitor služi, kot povezuje med črpalko in prirobnico na katero v nadaljevanju procesa izdelave vozila montiramo vodni monitor. Tako, kot sesalni vod je tudi cev za vodni monitor sestavljena iz horizontalno in vertikalno varjenih cevi in kolen različnih premerov, odvisno od pozicije medija v rezervoarju.</p>
Prirobnica nivo kaza		<p>Prirobnica prikazovalnika nivoja predstavlja iz PP narejeno plastično prirobnico, ki jo zavarimo na streho rezervoarja. Namenjena je, kot predpriprava za prikazovalnik nivoja, ki služi kot pokazatelj količine medija je v rezervoarju. Na rezervoarju lahko imamo več prirobnic za prikazovalnike nivoja, odvisno predvsem od število medijev v rezervoarju.</p>
Tipska tablica		<p>Tipska tablica je izdelana iz aluminijaste ploščice z črno nalepko in ima v svoji strukturi lasersko vgravirane podatke. Na tipski tablici so vgravirani pomembni podatki, kot je: serijska št., št. naročila, volumen medija, delovni nalog. Vse zgoraj omenjene informacije so izrednega pomena tudi za servisni oddelek.</p>

Del	Slika	Opis
Revizijska odprtina (pokrov)		<p>Revizijska odprtina je sestav različnih polizdelkov: kovinske konstrukcije, PP plošče in vijačnega materiala. Služi predvsem servisiranju in vzdrževanju notranjosti rezervoarja. Obstajajo različni tipi odprtin, ki so lahko prav tako različnih barv (odvisno od medija in zahtev kupca).</p>
Oddušek		<p>Oddušek služi za zračenje in prezračevanje rezervoarja v fazi sesanja in polnjenja le tega. Oddušek je sestavljen iz dveh cevi. Prva je pritrjena proti stranskemu premikanju in je varjena v dno in v streho rezervoarja. Druga cev je večjega premera kot prva in je varjena samo v streho rezervoarja.</p>
Adapter		<p>Adapter na zadnji strani rezervoarja služi kot predpriprava za polnilni vod medija preko črpalke. Polnilni vod se uredi v sklopu kompletiranja vozila. Adapter pa z pomočjo posebnega orodja vtisnemo v naprej pripravljeno odprtino na zadnji strani.</p>
T- kos		<p>T kos preprečuje sunkovito polnjenje rezervoarja, ki ga izvajamo preko črpalke. Izdelan je iz PE materiala in je na eni strani pritrjen na zgoraj omenjen »Adapter«.</p>
U - profil		<p>U profil je iz PP izdelan »žleb« ki je zavarjen na streho rezervoarja. Sega od konca rezervoarja pa do zadnje prirobnice za nivokaz. Namen U-profila na strehi je zaščiti električnih vodnikov, ki segajo od nivokazov do električne omarice vozila.</p>

Del	Slika	Opis
Vijačni material		Za pritrjevanje funkcionalnih delov se zraven varjenja plastike, poslužujemo tudi vijačnega materiala. Ker gre za produkt rezervoarja pri katerem ne sme medij iztekati iz rezervoarja se poslužujemo različnih dolžin in premerov vtisnih matic v katere se kasneje privijačijo še ostali vijačni material.

Nekatere funkcionalne komponente so pogojene tudi od gabaritov rezervoarja. Kot primer lahko podamo oddušek, ki sega od stropa rezervoarja pa vse do dna. Ravno zaradi teh komponent smo ob razvoju rezervoarja določili standardna mesta teh komponent. Standardna mesta komponent so prikazana na sliki 5.



Slika 5: Standardna mesta komponent

## 2.4 Optimizacija dela

Nedavni trend prikazuje naraščajoče povpraševanje po različnih zahtevah, kar vodi v večjo individualizacijo izdelkov, ki si prizadevajo za večjo prilagodljivost poleg nenehnega optimiziranja proizvodnih stroškov. Pridobivanje informacij neposredno iz proizvodnega procesa omogoča tehnično in organizacijsko optimizacijo procesa ter povečanje učinkovitosti operacij z zmanjšanjem odpadnih virov. Vendar optimizacija procesov zahteva strokovno znanje in visoko naložbo časa ter truda. V primerjavi s povsem avtomatizirano serijsko proizvodnjo optimizacija ni tako učinkovita v okolju enodelne proizvodnje, zaradi visokega ročnega dela pri majhnem številu obdelovancev. Zato imajo neporabljeni podatki iz proizvodnega procesa še vedno visok potencial in jih je mogoče uporabiti za zmanjšanje ročnega dela.

Optimizacija proizvodnih procesov je tudi leta 2021 še vedno aktualna tema, kjer se razpravlja o uporabi podatkov, ki so se v zadnjih 10 letih izkazali za učinkovite v specifičnih aplikacijah. Kljub povečanemu dostopu do informacij neposredno iz proizvodnega procesa in večji razpoložljivosti računalniških virov podatki še vedno vsebujejo neporabljen potencial. Tudi nenehna digitalizacija ne nadomešča temeljnega razumevanja osnovnih procesov, pri čemer se osredotočanje na spletno

avtomatizacijo izgubi potencial, ki vključuje strokovno znanje zaposlenih na proizvodnem mestu. Zato je poleg avtomatizacije in izboljšav, ki temeljijo na podatkih, pomembno podpreti zaposlene z inovativnimi metodami za izkoriščanje celotnega potenciala interneta. Digitalizacija prinaša temeljno transformacijo v industrijsko okolje in vpliva na organizacijo poslovanja podjetij ter proizvodne procese. Za uspešno delovanje na globalnem trgu morajo proizvodna podjetja sprejeti izzive in izkoristiti priložnosti, ki izhajajo iz sprememb. Omrežja fleksibilnih proizvodnih tehnologij zagotavljajo ključne informacije vrednostnih verig v realnem času, kar omogoča neposredno izmenjavo informacij med podjetji za optimalno organizacijo in nadzor proizvodnih zmogljivosti glede na povpraševanje [15].

#### **2.4.1 Digitalna preobrazba**

V preteklih nekaj desetletjih so se globalne industrije soočale s tehnološkimi spremembami, ki so prinesle priložnosti, kot so večja prilagodljivost, reaktivnost in individualizacija izdelkov, hkrati pa so se pojavili tudi različni izzivi, kot so hitre tehnološke spremembe, povečana kompleksnost ter spreminjajoče se preference strank in zakonske zahteve. To je v korporativnem okolju privedlo do situacij, ko se zaznava veliko novih tehnoloških priložnosti, vendar ljudje niso prepričani, kako jih hkrati uporabiti in implementirati glede na ponudbo izdelkov in storitev. Digitalizacija je proces, pri katerem se analogni podatki pretvorijo v digitalne podatkovne nize. Ta transformacija postavlja okvir za širši koncept digitalizacije, ki ga lahko opredelimo kot izkoriščanje različnih digitalnih priložnosti. V osnovi gre za spreminjanje načina, kako zajemamo, shranjujemo in obdelujemo informacije, s čimer omogočamo izkoristek prednosti, ki jih ponuja digitalna tehnologija. Digitalna transformacija pa je proces, ki se uporablja za prestrukturiranje gospodarstev, institucij in družbe na sistemski ravni. Digitalizacija vključuje spremembe na vseh družbenih ravneh s kombiniranjem različnih tehnologij (npr. tehnologij v oblaku, senzorjev, velikih podatkov, 3D tiskanja) odpira nepredvidene možnosti in omogoča ustvarjanje povsem novih izdelkov, storitev in poslovnih modelov. Te inovacije bi lahko privedle do novih oblik sodelovanja med podjetji ali spremembe odnosov s strankami in zaposlenimi. Kot rezultat tega novega vgrajenega izkoriščanja digitalnih tehnologij lahko podjetja dosežejo uspeh z optimizirano uporabo virov, zmanjšanimi stroški, povečano produktivnostjo zaposlenih in učinkovitostjo dela, optimiziranimi dobavnimi verigami, večjo zvestobo in zadovoljstvom strank ter še več. Vendar, kot je bilo že omenjeno, naraščajoče število priložnosti, ki jih omogoča digitalizacija, postavlja tudi pritisk na podjetja "kritično preučiti njihovo trenutno strategijo" in "sistematično in zgodaj prepoznati nove poslovne priložnosti" [16].

#### **2.4.2 Krožno gospodarstvo in trajnostni razvoj**

Ljudje še vedno sledijo modelu "proizvedi, uporabi, zavrzi". Tretjina plastičnih odpadkov po svetu ni zbrana ali ustrezno obdelana. Obstaja alternativa. "Krožno gospodarstvo" bi spremenilo izdelke, ki so na koncu svoje življenjske dobe, v vire za

druge, s čimer bi zaprlo tokove v industrijskih ekosistemih in zmanjšalo odpadke. To bi spremenilo ekonomsko logiko, saj nadomešča proizvodnjo s zadostnostjo: ponovno uporabi, kar je mogoče, recikliraj, kar ni več uporabno, popravi, kar je poškodovano, prenovi, kar ni mogoče popraviti. Ljudje - vseh starosti in sposobnosti - so ključni pri tem modelu. Lastništvo se nadomesti z odgovornim upravljanjem; potrošniki postanejo uporabniki in ustvarjalci. Prenova in popravilo starih izdelkov, zgradb in infrastrukture ustvarjata visokokvalificirana delovna mesta v lokalnih delavnicah. Izkušnje delavcev iz preteklosti so ključne. Vendar pa pomanjkanje poznavanja in strah pred neznanim pomenita, da je ideja krožnega gospodarstva počasi pridobivala zagon. Kot celosten koncept se srečuje z omejitvami v akademskih, podjetniških in upravnih strukturah [17].

Proizvodnja ima pomemben vpliv na okolje in način, kako ljudje porabljajo naravne vire. Sčasoma se je družba v svoji sposobnosti proizvodnje blaga razvila in s tem so se povečali tudi pritiski na nadzor vplivov proizvodnih procesov. Uvedeni so bili predpisi o okoljskih in družbenih vplivih z reaktivnim pristopom k omejevanju negativnih vplivov proizvodnje. V zadnjih nekaj desetletjih so proizvajalci začeli iskati bolj proaktivne načine omejevanja vplivov tako, da jih upoštevajo že med načrtovanjem in proizvodnjo. Šele v zadnjih nekaj desetletjih se je začel kazati vpliv celotne potrošnje - skupne vsote naših gospodarskih sistemov. Leta 1988 je bila v članku "Ekonomika naravnih virov" predstavljena ideja krožnega gospodarstva, ki naj bi upravljala, omilila in merila skupno vsoto klasičnih linearnih gospodarskih sistemov, ki obstajajo danes. Krožno gospodarstvo je ekonomski sistem, ki zmanjšuje linearnost tradicionalnega gospodarskega sistema, povezuje gospodarsko rast z ohranjanjem virov in spodbuja uporabo obnovitvenih procesov za ohranjanje kakovosti virov in povečanje trajnosti v gospodarskem sistemu. Čeprav krožno gospodarstvo ni nova ideja, je v zadnjih letih pridobilo veliko zagona [18].

Obstajajo tri vrste industrijskega gospodarstva:

- linearno,
- krožno,
- učinkovitostno.

Linearno gospodarstvo teče kot reka, pretvarja naravne vire v osnovne materiale in izdelke za prodajo skozi vrsto korakov, ki dodajajo vrednost. Ob prodaji lastništvo in odgovornost za tveganja in odpadke preidejo na kupca (ki postane lastnik in uporabnik). Lastnik se odloči, ali bodo stare pnevmatike ponovno uporabljene ali reciklirane - kot sandali, vrvi ali odbijači - ali pa odvržene. Linearno gospodarstvo poganja "večje-boljše-hitreje-varneje" stanje uma - modno, čustveno in napredno. Učinkovito je pri premagovanju pomanjkanja, vendar zapravlja vire na pogosto nasičenih trgih. Podjetja zaslužijo denar s prodajo visokih količin poceni in privlačnih izdelkov. Krožno gospodarstvo je podobno jezeru. Ponovno predelovanje blaga in materialov ustvarja delovna mesta, prihrani energijo ter zmanjšuje porabo virov in odpadke. Čiščenje steklenice in njeno ponovno uporabo je hitrejše in cenejše kot recikliranje stekla ali izdelava nove steklenice iz mineralov. Lastniki vozil lahko sami

odločijo, ali naj popravijo ali obnovijo uporabljene pnevmatike ali kupijo nove ali obnovljene nadomestke - če takšne storitve obstajajo. Namesto da bi bile odvržene, se zbrane uporabljene pnevmatike prodajajo najboljšemu ponudniku preko upravljalcev odpadkov. Učinkovitostno gospodarstvo gre še korak dlje in blago (ali molekule) prodaja kot storitve prek poslovnih modelov najema, zakupa in souporabe. Proizvajalec ohranja lastništvo izdelka in vgrajenih virov ter nosi odgovornost za stroške tveganj in odpadkov. Poleg oblikovanja in ponovne uporabe se učinkovitostno gospodarstvo osredotoča na rešitve namesto na izdelke in ustvarja dobiček iz zadostnosti, kot je preprečevanje odpadkov [17].

Podjetje Rosenbauer se že zdaj v celoti zaveda pomembnosti krožnega gospodarstva in aktivno prispeva k ohranjanju okolja. V skladu s tem načelom, podjetje izvaja celovite postopke recikliranja, ki vključujejo vse odpadke, ki nastanejo pri proizvodnji rezervoarjev. Z vzpostavitvijo učinkovitega sistema recikliranja in ponovne uporabe materialov, Rosenbauer zagotavlja, da noben odpadek ne ostane neizkoriščen, kar prispeva k zmanjšanju negativnega vpliva na okolje in spodbuja trajnostni razvoj. Poleg tega pa so rezervoarji kot sami produkti že zdaj del krožnega gospodarstva v podjetju Rosenbauer. Pomembno je, da so rezervoarji zasnovani tako, da omogočajo enostavno demontažo in ločevanje različnih materialov ob koncu njihove življenjske dobe. S tem podjetje omogoča nadaljnjo reciklažo in ponovno uporabo materialov, kar prispeva k zmanjšanju potrebe po novih surovinah in zmanjšanju odpadkov v celotnem življenjskem ciklu izdelka.



### 3 EKSPERIMENTALNI DEL

#### 3.1 Zbiranje in pregled dokumentacije

Na prvi pogled se CBS in MT rezervoarja vizualno najbolj razlikujeta ravno v obodu. Razlika je prikazana na sliki 6 (levo spodaj na sliki je prikazan MT rezervoar, desno zgoraj pa CBS rezervoar).



*Slika 6: Razlika v obodu med CBS in MT rezervoarjem*

MT rezervoar v svoji sestavi vsebuje popolnoma novi levi in desni oblikovni plošči, ki tako rezervoarju kot tudi končnemu vozilu dajeta vizualni dodatek. Zaradi primera dobre prakse, standardizacije in konstrukcijskih preračunov so debeline ostalih zunanjih plošč (pod, strop ter sprednje in zadnje plošče) ostale enakih debelin tako pri predhodniku kot pri novo razvitem rezervoarju. Na sliki 7 je prikazana MT plošča v dveh različnih pogledih.



*Slika 7: MT plošča v stranskem in narisnem pogledu*

Z gotovostjo lahko trdimo, da se je v rezervoarju MT najbolj spremenilo ravno satovje, katerega del so tudi horizontalne ojačitve. Horizontalne ojačitve so bile v predhodnem rezervoarju CBS snovane v obliki polkroga. Na sliki 8 lahko vidimo primerjavo med CBS ojačitvami (zgoraj) in MT ojačitvami (spodaj).



*Slika 8: CBS ojačitve (zgoraj) in MT ojačitve (spodaj)*

Izdelava teh ojačitev v praksi pomeni prirez okrogle cevi točno po sredini, izrez manjših lukenj za pretok vode in varjenje ojačitev na pod, stranice in predelne stene. Postopek izdelave in varjenja je bil precej zamuden in je kljub pripravam za prirez predstavljal veliko tveganje za napake. Optimizacija na področju satovja so vsekakor horizontalne ojačitve v MT rezervoarjih katere postopek izdelave je bolj enostaven. Izdelava horizontalnih ojačitev v MT rezervoarju predstavlja prirez na ustrezno dimenzijo v naprej pripravljenem programu z rezkalnim strojem in varjenje na obod po enakem postopku, kot se varijo ostali deli satovja.

### **3.2 Posnetek trenutnega stanja**

Proces v podjetju Rosenbauer se začne z prejetjem povpraševanja, ki ga oddelek za sprejem in obdelavo naročil (POC - Production in Order Center) sprejme preko e-pošte ali posebnega portala za sprejemanje in oddajanje ponudb. Oseba, zadolžena za kalkulacije, skupaj s konstrukterjem za rezervoarje, pregleda tehnične zahteve. V primeru, da so zahteve v skladu z zmožnostmi podjetja, se izdela kalkulacija. Obstajajo trije načini izdelave kalkulacije:

- Primerjalno kalkuliranje: S pomočjo že izdelanih in prodanih rezervoarjev se poišče najustreznejši rezervoar glede na dimenzije in funkcionalnost, nato se poda ustrezna cena.
- Pregled po ceniku: Na podlagi cenika se opravi kratek pregled stroškov in cena.
- Podrobna kalkulacija: Na podlagi izkušenj in sistema se izdela podrobna kalkulacija, ki vključuje vse potrebne stroške.

Pri večini rezervoarjev je mogoče uporabiti vsaj dva od zgoraj navedenih načinov kalkuliranja. Po pripravi uradne ponudbe sledi realizacija ponudbe in naročilo. Naročilo obdela oddelek POC, natančneje produktni vodja za rezervoarje, ki določi termin za oddajo načrtov. Hkrati rezervira proizvodne kapacitete. Konstrukter za rezervoarje pripravi vse načrte in sestavi kosovnico, ki služi kot osnova za porabo materiala in delovni načrt za sestavo rezervoarja. Produktni vodja pregleda kosovnico, jo dopolni z manjkajočimi podatki (serijska številka, barva, ime projekta itd.) in nato izvede razpis na želeni dobavni rok. V primeru, da ni mogoče doseči želenega roka, se uporabi pre-terminiranje s stranko. Razpis materiala je osnova za nabavo in proizvodnjo, saj določa kdaj in kje je potreben material ter kako mora biti obdelan in predelan iz polizdelka v končni produkt. Po končani proizvodnji rezervoarja se opravi pregled kvalitete, nato logistični oddelek pripravi dokumentacijo za odpremo in po potrebi organizira prevoz do stranke. Zadnji korak je priprava po kalkulacije, ki jo izdelata oddelek za kalkulacije in jo pregledajo in analizirajo produktni vodja ter zaposleni za pripravo kalkulacij.

### 3.3 Določitev stroška rezervoarja

Pri definiranju proizvodnega stroška rezervoarjev MT je pomembno upoštevati vse faktorje, ki vplivajo na proizvodni proces izdelave. Osredotočili se bomo na tri glavne stroške: strošek dela, strošek materiala in strošek dodatnih zahtev.

#### 3.3.1 Strošek dela

Strošek dela je definiran kot porabljen čas za izdelavo produkta, ki ga pomnožimo z urno postavko. Urna postavka je odvisna od različnih faktorjev, kot so amortizacija stroja, urna postavka operaterja/delavca, ličarski material in drugi stroški, ki vplivajo na končno urno postavko na določenem področju dela. Pri analizi stroška dela za rezervoarje MT se osredotočamo na tri glavna področja:

- Strošek dela pri razrezu materiala: To področje vključuje čas, porabljen za razrez materiala na portalnem obdelovalnem stroju. Razrez materiala je prvi korak v proizvodnem procesu izdelave rezervoarja.
- Strošek dela pri sestavi rezervoarja: Vključuje čas, porabljen za varjenje pred pripravljenih in dimenzijsko ustreznih PP plošč v satovje in obod rezervoarja ter kompletiranje in varjenje ostalih komponent, ki dajejo rezervoarju funkcionalnost.
- Strošek dela pri ličenju: To področje zajema čas, porabljen za brušenje, barvanje in poliranje rezervoarja. Proces ličenja doda rezervoarju dodano vrednost z estetskimi doprinosi in zagotavlja UV obstojnost. V tem procesu se uporabljajo standardizirani materiali, kot so barve, laki in polirne paste.

Poraba ur na različnih področjih dela ostaja enaka, ne glede na razlike med CBS in MT rezervoarji. Težava nastopi, ko imamo na eni strani MT rezervoar s standardnimi gabariti, kot so dolžina, širina in višina, ter na drugi strani popolnoma individualiziran rezervoar CBS. Zaradi tega je število referenčnih in enakih predhodnih rezervoarjev

CBS zelo omejeno, kljub masovni proizvodnji. Vsak rezervoar se razlikuje od predhodnega, kar predstavlja izziv pri določanju stroška dela za MT rezervoarje

### 3.3.2 Materialni strošek

Pri izračunu proizvodnih cen končnega produkta je v teh časih, ko globalni dejavniki močno vplivajo na cene osnovnih surovin, ključnega pomena tudi strošek materiala. Pri razvoju MT rezervoarja smo se osredotočili na standardizacijo porabe materiala, kar pri predhodni seriji CBS zaradi nestandardnih gabaritov rezervoarjev ni bilo mogoče. Z uporabo konstrukcijskih in statičnih preračunov ter primerov dobre prakse smo uspeli vnaprej določiti tip in pozicijo plošč, ki sestavljajo rezervoar.

Pri tem so se naša prizadevanja osredotočila predvsem na uporabo recikliranih plošč, ki jih podjetje pridobiva s postopkom reciklaže odpadnega materiala iz proizvodnje rezervoarjev. Sprednja plošča mora biti najdebelejša (40 mm), saj mora zaradi prenosa sil v procesu zaviranja zagotavljati ustrezno trdnost. Vse reciklirane plošče imajo debelino 20 mm. Kljub temu, da bi lahko za dno, streho in zadnjo steno rezervoarja uporabili reciklirano ploščo zaradi ustrezne debeline, se pri postopku reciklaže material oslabi in se tega ne poslužujemo.

Podjetje Rosenbauer že ima izdelane izračune o optimalni mešanici recyklata in PP granulata za doseganje statičnih zahtev končnega produkta. Prav tako so dogovorjeni najbolj optimalni formati recikliranih plošč, ki jih dobavi dobavitelj nazaj v podjetje Rosenbauer. Reciklirane plošče se največkrat uporabljajo za notranje ojačitve v MT rezervoarjih in satovju. Satovje ima pomembno vlogo pri zagotavljanju trdnosti rezervoarja in predvsem preprečuje pljuskanje medija pri pospeševanju in zaviranju.

Pri razvoju rezervoarja MT smo upoštevali višino najbolj prodajanega rezervoarja CBS, kar nam je omogočilo optimizacijo formata prešane plošče pri dobavitelju zunanjih PP plošč, ki sestavljajo obod rezervoarja. S tem smo uspeli optimizirati ceno rezervoarja, saj ni bilo potrebe po uporabi dodatnih dveh orodij za rezervoarje višine 1500 mm in 2000 mm.

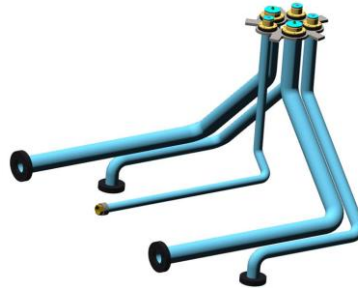
Ker pa na trgu še vedno obstaja povpraševanje po rezervoarjih s temi višinami, smo v postopek izdelave dodali dodatni proces prireza in varjenja. Če kupec želi rezervoar višine 1500 mm, se plošča višine 1800 mm prireže po dolžini. V primeru rezervoarja višine 2000 mm se dodatno po dolžini privari 200 mm širok kos PP materiala.

Ker satovje in zunanji deli predstavljajo večino rezervoarja, smo se povezali s strokovnjakom za razrez in varjenje iz proizvodnje ter definirali materialno porabo za vsako varianto rezervoarja posebej. Upoštevali smo porabo celotnih plošč, ostanek, ki ga bomo lahko porabili pri naslednjih rezervoarjih, ter odpad, ki ga zavržemo in ponovno recikliramo v varilno žico. S tem pristopom smo optimizirali porabo materiala in izkoristek ter prispevali k zmanjšanju odpadkov.

### 3.3.3 Strošek dodatnih zahtev

Ker pa v sklopu standardizacije produkta kljub temu moramo biti pozorni na različne zahteve trga smo primorani upoštevati pri izračunu cene MT rezervoarja tudi dodatne zahteve, ki so v nekaterih državah zahtevane in tipizirane medtem, ko v drugih niso.

Prva dodatna zahteva je prosto polnjenje, ki je tipizirano v Nemčiji. Prosto polnjenje je sistem cevi, ki ob polnjenju rezervoarja preprečuje povratni udar vode v hidrantni sistem. Prosto polnjenje je prikazano na sliki 9.



Slika 9: 3D model prostega polnjenja

Seveda tudi pri tej dodatni zahtevi lahko stranke ali kupci izbirajo med različnimi kombinacijami prostega polnjenja glede na njihove potrebe, vendar so vse pozicije vhodnih in izhodnih odprtin na sistemu v naprej določene in se premikajo sorazmerno z gabariti rezervoarja.

Druga dodatna zahteva predstavlja sesalne cevi za vodni top, kjer so prav tako vse odprtine vhodne in izhodne standardno pozicionirane in sorazmerne z gabariti rezervoarja. Tudi tukaj lahko kupci izbirajo, ali želijo imeti vodni monitor nameščen na rezervoarju ali na zadnjem zabojju.

Tretja in zadnja dodatna zahteva je znižan nivo medija v rezervoarju. S tem pojmom omejimo volumen rezervoarja z zračnim žepom. Kot primer uporabe te dodatne zahteve lahko navedemo situacijo, ko smo zaradi nosilnosti podvozja omejeni s težo, vendar želimo kljub temu višji rezervoar iz estetskih ali drugih razlogov. V takem primeru lahko z ustvarjanjem zračnega žepa omejimo težo vozila.

### 3.4 Izdelava konfiguracijskega vmesnika

Kot je razvidno iz teoretičnega dela in uvoda v eksperimentalni del, je poznavanje produkta in procesa ključnega pomena pri pravilni optimizaciji dela. Prav tako na postopek kalkuliranja prodajne cene vpliva veliko različnih človeških dejavnikov. Ravno iz teh razlogov smo se odločili za optimizacijo s standardnimi variantami rezervoarjev.

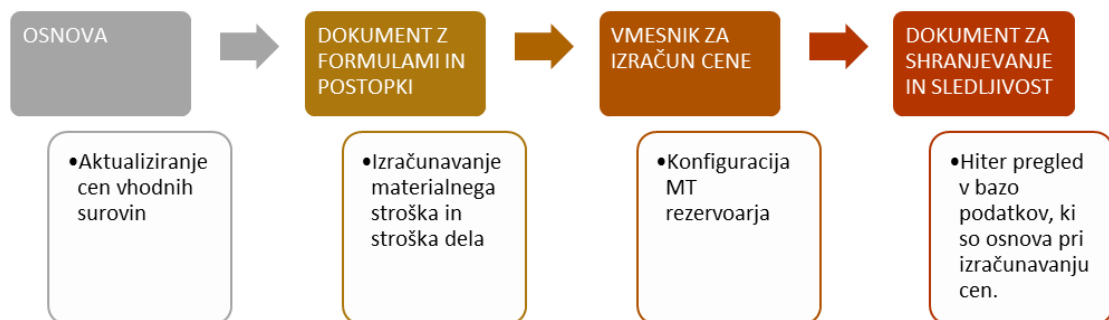
Pri izdelavi konfiguracijskega vmesnika smo se lotili seznanjanja projektne ekipe z vsemi podrobnostmi gradnje rezervoarja in izmenjavo pomembnih informacij, ki so bile izpostavljene med razvojem na področju konstrukcije, tehnologije, proizvodnje in nabave. Pomembna informacija, ki smo jo prejeli, je izračun, koliko in katerih PP plošč

porabimo pri produkciji posamezne variante rezervoarja, pri čemer smo izračunali tudi odpad, ki se lahko porabi, ter odpad, ki ga recikliramo.

Sam proces izdelave konfiguracijskega vmesnika smo izvajali premišljeno in sistematično. Procesi izdelave si sledijo kronološko v logičnem zaporedju:

- Prvi Excelov dokument, imenovan "Osnova", v katerem smo zbrali vse vhodne podatke (delo, material, urna postavka, itd.);
- Drugi Excelov dokument z vsemi postopki in formulami za izračunavanje porabe materiala in dela. Ta dokument se imenuje "Dokument s formulami in postopki";
- Naslednji ključni dokument pri izdelavi konfiguracijskega vmesnika je "Vmesnik za izračun cene", preko katerega si kupec ali stranka sam konfigurira rezervoar in ceno. Zaradi kompleksnosti nekaterih postopkov izračunavanja, vključno z uporabo zapletenih Excelovih ukazov, kot so SUMIF, COUNTIF, VLOOKUP, HLOOKUP, itd., smo ločili dokumenta "Dokument s formulami in postopki" ter "Vmesnik za izračun cene", da ne bi uporabnik nenamerno spremenil katero od funkcij in konfiguracijski vmesnik ne bi deloval pravilno.
- Za lažji pregled uporabljenih vhodnih podatkov pri izračunavanju cen v konfiguracijskem vmesniku smo ustvarili dodaten dokument, imenovan "Dokument za shranjevanje in sledljivost".

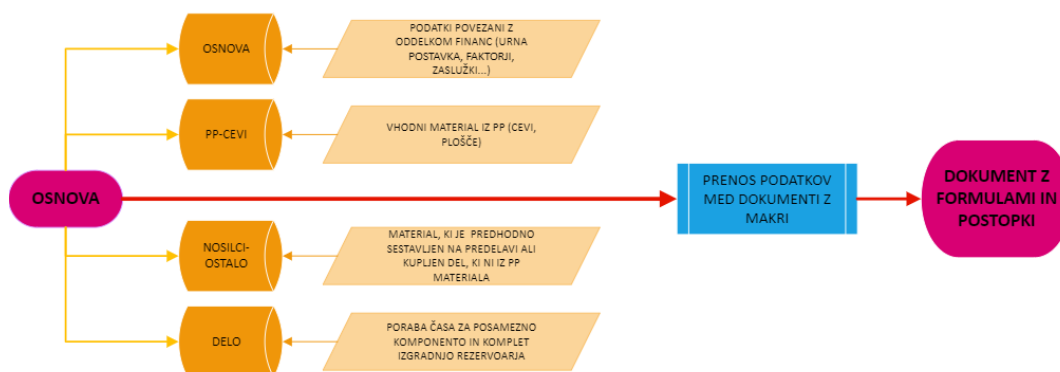
Prednosti posameznih zgoraj navedenih dokumentov so podrobneje opisane v nadaljevanju. Slika 10 prikazuje izdelavo konfiguracijskega vmesnika za lažje razumevanje.



Slika 10: Postopek izdelave konfiguracijskega vmesnika

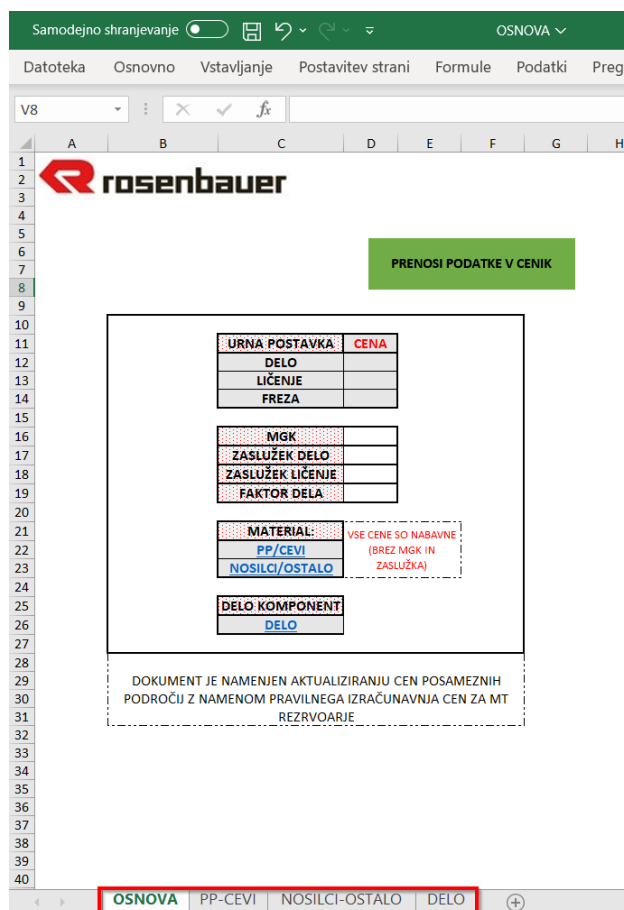
### 3.4.1 Osnova

V dokumentu "Osnova" smo zbrali vse potrebne podatke za pravilno izračunavanje cen posameznih materialov in drugih področij v konfiguracijskem vmesniku. Ta dokument je v obliki Excela in je namenjen posodabljanju cen ter drugih informacij, ki so potrebne pri proizvodnji MT rezervoarjev. Blokovna stroktura dokumenta »Osnova«, ki prikazuje sestavo dokumenta je prikazana na sliki 11.



Slika 11: Blokovna stroktura dokumenta Osnova

V "Osnovi" so navedeni vsi materiali in druge vhodne informacije, ki so potrebni pri izdelavi rezervoarja. Za lažji pregled in smiselno združevanje podatkov smo dokument zasnovali z več listi. Na sliki 12 je prikazan ta dokument, pri čemer so rdeče označeni listi za boljšo vizualno predstavitev.



Slika 12: Prikaz prvega lista v dokumentu Osnova

Na prvem listu, imenovanem "OSNOVA", se nahajajo vhodne informacije, ki so neposredno povezane z oddelkom financ. Poleg tega je na tem listu prisotna bližnjica, imenovana "PRENOSI PODATKE V CENIK", ki jo bomo podrobneje opisali v nadaljevanju. Prav tako so na tem listu prisotne hiperpovezave, ki omogočajo hitro

premikanje na naslednje liste. Za boljšo preglednost je, podrobnejši opis pojmov, ki se pojavljajo na tem listu, prikazan v tabeli 3.

*Tabela 3: Opis pojmov, ki se pojavljajo na listu Osnova*

Pojem	Opis
Urna postavka	Predstavlja vrednost ene ure in se razlikuje po oddelkih. Na urno postavko lahko vplivajo različni dejavniki eden takšnih je amortizacija strojev. Ravno zaradi omenjenega razloga delimo urno postavko na tri dele. Pod pojmom »urna postavka dela« se smatra varjenje. Pod pojmom »urna postavka freze« se smatra razrez materiala na CNC stroju. Pod pojmom »urna postavka ličenje« pa se smatra barvanje in brušenje rezervoarja.
MGK	Pod kratico MGK- »material gemeinkosten« ali poslovenjeno »splošni materialni stroški« se skrivajo stroški, ki so neposredno povezani z materialom preden ga oplemenitimo. MGK predstavlja strošek komisioniranja, skladiščenja, pakiranja itd. MGK se izraža v %.
Zaslужek delo	Tako kot delimo urno postavko na več področij delimo tudi zaslužek na več področij in je od področja do področja različen. Izražamo ga v %.
Zaslужek ličenje	
Faktor dela	Faktor dela predstavlja vse neproduktivne pojave, ki nastanejo med proizvodnjo. Kot primer lahko navedemo potrebo delavca po toaleti.

Vse pojme, ki so navedeni v zgornji tabeli, smo prejeli od oddelka za finance in so vnaprej določeni za uporabo v konfiguracijskem vmesniku.

Na drugem listu, ki ga imenujemo »PP-CEVI«, so prikazane tabele z naborom vhodnega materiala iz PP. Slika 13 prikazuje list »PP-CEVI«. V teh tabelah so zajeti naslednji materiali:

- PP plošče: Ta tabela vsebuje informacije o PP ploščah z različnimi debelinami. Te plošče se uporabljajo pri izdelavi rezervoarjev.
- PP varilna žica: V tej tabeli so prikazane različne teže PP varilne žice. PP varilna žica se uporablja pri varjenju PP cevi in plošč.
- PP cevi in kolena: Ta tabela vključuje podatke o PP ceveh in kolenskih spojih z različnimi premeri. Te cevi in kolena se uporabljajo za sestavljanje cevovodov v rezervoarjih.
- Adapterji in e-mufe: V tej tabeli so navedeni adapterji in e-mufe. Adapterji in e-mufe se uporabljajo za povezovanje in prilagajanje cevi ter za zagotavljanje pravilnega delovanja cevovodnega sistema. E-mufe je plastičen odlitek, ki je na eni strani privarjen na rezervoar na drugi strani pa ima v notranjosti odlitka prevodnik.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	PLOŠČE	TL	CENA		CEVI		TL	CENA	
2	15mm	977262			Ø80mm	CEV	27343A		
3	15mm	23700A				KOLENO	27345A		
4	15mm	977261				E-MUFA	27690A		
5	15mm	898627			Ø100mm	CEV	896785		
6	15mm	978105				KOLENO	896786		
7	15mm	23718A				E-MUFA	977872		
8	20mm	978744			Ø125mm	CEV	865351		
9	20mm	16507A				KOLENO	896786		
10	20mm	895761				E-MUFA	891993		
11	20mm	32954A			Ø150mm	CEV	857969		
12	20mm	32954A				KOLENO	857963		
13	MT	678104				E-MUFA	857965		
14	MT	69439A			Ø200mm	CEV	857970		
15	30mm	895760				KOLENO	864945		
16						E-MUFA	889921		
17	VAR. ŽICA	TL	CENA		Ø250mm	CEV	891979		
18	3kg	864735				KOLENO	870386-003		
19	10kg	857975				E-MUFA	864856		

Slika 13: Prikaz podatkov na listu »PP-CEVI«

Na tretjem listu, imenovanem »NOSILCI-OSTALO«, so prikazane tabele z naborom vhodnega materiala, ki je bodisi predhodno sestavljen na predelavi bodisi gre za kupljen del, ki ni iz pp materiala. V tej kategoriji materialov so vključeni naslednji elementi:

- Vijaki, podložke, navojne matice, tulke: Ta tabela vsebuje informacije o vijakih, podložkah, navojnih maticah in tulkah, ki se uporabljajo za pritrditev in montažo različnih komponent rezervoarja.
- Pokrovi: V tej tabeli so prikazani pokrovi z različnimi premeri, ki se uporabljajo za pokrivanje odprtih na rezervoarju.
- Sesalno korito: Ta tabela vključuje podatke o sesalnih koritih, ki so prilagojeni za različne vrste medijev, ki jih je treba v rezervoarju sesati.
- Prelivni sistem / oddušek: V tej tabeli so prikazani podatki o prelivnem sistemu, ki je razdeljen glede na tri višine rezervoarja in medija. Ta sistem se uporablja za nadzor pretoka tekočin v rezervoarju.
- Prirobnice, T-komadi, adapterji: Ta tabela vsebuje informacije o prirobnicah sesalnega in polnilnega voda, T-komadih in adapterjih z različnimi premeri. Ti elementi se uporabljajo za povezovanje cevovodov in zagotavljanje pravilnega pretoka tekočin v rezervoarju.
- Tipska tablica: V tej tabeli so navedene informacije o tipski tablici, ki vsebuje osnovne podatke o rezervoarju, kot so kapaciteta, dimenzije in tehnične specifikacije.

- Profili: Ta tabela vključuje podatke o profilih za dno in streho rezervoarja ter nosilcih rezervoarja, ki so odvisni od dolžine rezervoarja in zagotavljajo stabilnost in strukturno podporo.

Vse te informacije o materialih smo pridobili bodisi s predelavo bodisi z nakupom in so vnaprej določene za uporabo v konfiguracijskem vmesniku. Na sliki 14 lahko vidimo tabele s potrebnimi materiali, ki smo jih opisali zgoraj.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following sections:

- Left Section (Components):** Lists items like VISAJI MB6, PODOŠKA MB6, and POKROVI 600mm with columns for TL and CENA.
- Middle Section (Resin):** Lists items like SESALNO KOROVO VODA and PENA with columns for TL and CENA.
- Right Section (Structural Elements):** Divided into sub-sections:
  - NOSILCI REZERVOARJA:** Lists structural beams with columns for DOLŽINA, TL, CENA, and others.
  - PROFILS DNO:** Lists bottom profiles with columns for TL, CENA, and others.
  - PROFILS STREHA:** Lists roof profiles with columns for TL, CENA, and others.
  - U PROFIL:** Lists U-profiles with columns for TL and CENA.

Slika 14: Prikaz podatkov na listu »NOSILCI OSTALO«

Na četrtem listu, imenovanem »DELO«, so prikazane tabele, ki nam omogočajo vpogled v porabo časa. V prvi tabeli (levo zgoraj) so navedene različne komponente, ki zagotavljajo funkcionalnost rezervoarja, skupaj z normiranimi časi za njihovo izdelavo (če gre za komponente, ki se izdelajo interno). Poleg tega so navedeni tudi časi za montažo teh komponent na rezervoar. Pri sestavljanju te tabele smo sodelovali s strokovnjakom iz proizvodnje, ki nam je zagotovil potrebne informacije.

V drugi tabeli (zgoraj desno) na sliki 15 je prikazan porabljen čas za dodaten razrez in varjenje MT plošče, če gre za rezervoar najmanjše velikosti (1500 mm). Pri tem smo upoštevali potreben čas za izvedbo teh procesov.

Za pridobitev skupnega časa za proizvodnjo MT rezervoarja, ki je prikazan v spodnji desni tabeli na sliki 15, smo uporabili analitični in primerjalni pristop pri pridobivanju vrednosti. Ta tabela nam omogoča vpogled v skupni čas, ki ga je potrebno nameniti za proizvodnjo rezervoarja.

Pri pripravi teh tabel smo uporabili ustrezne analitične metode in sodelovali s strokovnjaki iz proizvodnje, da smo pridobili potrebne informacije o časovnih normah

in procesih, ki so vključeni v proizvodnjo MT rezervoarjev. Tabele in podatki so prikazani na sliki 15.

ODVISNO OD DOLŽINE						
	A	B	C	D	E	F
			ČAS IZDELAVE	CENA	ČAS MONTAŽE	CENA
			KUPLJEN DEL		KUPLJEN DEL	KUPLJEN DEL
						SKUPAJ
1			60 min			
2	NOSILCI REZERVODARIJA	KUPLJEN DEL	3 min		10 min	
3	PROFIL DNO		3 min		10 min	
4	PROFIL STREHA		30 min		ODVISNO OD DOLŽINE	
5	U PROFIL					
6	VISIKI	KUPLJEN DEL	1 min			
7	PODLOŽKA	KUPLJEN DEL	5 min			
8	NAVOJNA MATICA	KUPLJEN DEL	1 min			
9	OKAČITEV TULICE					
10	POKROV 600mm	VODA	118 min		10 min	
11	POKROV 450mm	VODA	77 min		10 min	
12	POKROV 190mm	VODA	30 min		5 min	
13	SESALNO KORITO VODA	PENA	15 min		30 min	
14	SESALNO KORITO PENA	VODA	48 min		15 min	
15	PRELIVNI SISTEM 1500mm	PENA	45 min		60 min	
16	PRELIVNI SISTEM 1800mm	PENA	24 min		60 min	
17	PRELIVNI SISTEM 2000mm	PENA	24 min		50 min	
18	IROBNIČA SESALNEGA VODA	VODA	45 min		60 min	
19	IROBNIČA POLNILNEGA VODA	VODA	24 min		30 min	
20	I KOMAD	KUPLJEN DEL	18 min		30 min	
21	ADAPTER G1/2"	KUPLJEN DEL	10 min		10 min	
22	ADAPTER G1"	KUPLJEN DEL	5 min		5 min	
23	ADAPTER G1 1/2"	KUPLJEN DEL	5 min		5 min	
24	ADAPTER G2 1/2"	KUPLJEN DEL	5 min		5 min	
25	TIPSKA TABLICA	KUPLJEN DEL	1 min			

DODATEN NAZEV MT PLOŠČE PRI NAJVIŠJEM REZERVODARJU (L500)							
	O	P	Q	R	S		
	DOLŽINA PLOŠČE	ČAS IZDELAVE	CENA				
	L<2250	240 min					
	2250<L<3000	480 min					
	3000<L<4350	600 min					
	4350<L<5050	600 min					
	L>5150	600 min					

1500								1800								2000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
IZRAČUNANO DELO				IZRAČUNAN SET				IZRAČUNANO DELO				IZRAČUNAN SET				IZRAČUNANO DELO				IZRAČUNAN SET																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1250	85	7	27	95	8	27	98	111	28	1350	88	8	28	98	9	28	102	12	30	1450	91	8	29	102	10	30	105	13	31	1550	94	9	30	105	11	31	109	14	33	1650	97	9	31	107	11	32	112	15	34	1750	100	10	32	110	12	33	115	15	35	1850	102	10	33	112	12	34	118	16	36	1950	104	10	33	115	13	35	121	17	37	2050	107	11	34	117	14	36	124	17	38	2150	109	11	35	119	14	37	126	18	39	2250	111	11	35	121	15	38	129	19	40	2350	113	12	36	123	15	39	131	19	41	2450	114	12	37	125	16	40	133	20	42	2550	116	12	37	127	16	40	135	20	43	2650	118	13	38	129	16	41	137	21	43	2750	120	13	38	130	17	42	139	21	44	2850	121	13	39	132	17	42	141	22	45	2950	123	13	39	133	18	43	143	22	46	3050	124	14	40	135	18	44	145	22	46	3150	125	14	40	136	18	45	146	23	47	3250	127	14	40	138	19	45	148	23	48	3350	128	14	41	139	19	46	150	24	48	3450	129	15	41	140	19	46	151	24	49	3550	131	15	42	142	20	47	153	24	49	3650	132	15	42	143	20	47	154	25	50	3750	133	15	42	144	20	47	156	25	50	3850	134	15	43	145	21	47	157	25	51	3950	135	16	43	146	21	48	158	26	52	4050	137	16	43	148	21	48	160	26	52	4150	138	16	44	149	21	49	161	26	53	4250	139	16	44	150	22	49	162	27	53	4350	140	16	44	151	22	50	163	27	54	4450	141	17	45	152	22	50	165	27	54	4550	142	17	45	153	22	50	166	28	54	4650	143	17	45	154	22	51	167	28	55	4750	144	17	46	155	23	51	168	28	55	4850	144	17	46	156	23	52	169	28	56	4950	145	17	46	156	23	52	170	29	56	5050	146	17	46	157	24	52	171	29	57	5150	147	18	47	158	24	52	172	29	57

Slika 15: Prikaz podatkov na listu »DELO«

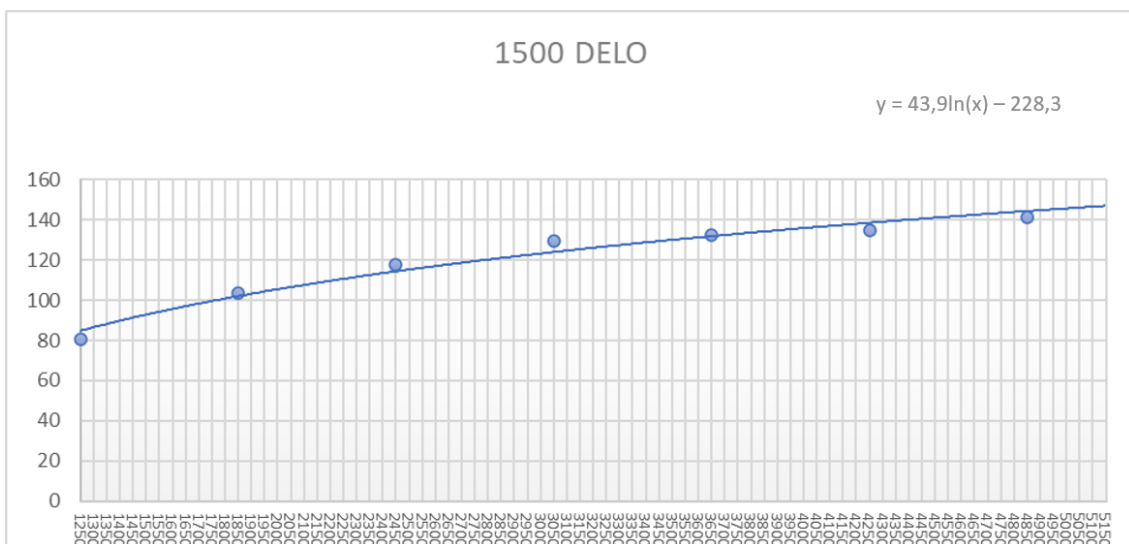
V pod poglavju diplomske naloge »3.3.1. Strošek dela« smo že omenili, da smo izvedli primerjavo stroškov dela med CBS in MT rezervoarji, pri čemer smo upoštevali enako porabo števila delovnih ur. Da bi obravnavali nestandardne dolžine CBS rezervoarjev, smo razvili metodo, ki temelji na pripravi tabele z dolžinami MT rezervoarjev in izpisu potrebnega časa za izdelavo CBS rezervoarja z enakimi dimenzijami, uporabljenimi pri MT rezervoarjih. Za ta namen smo iz obstoječih podatkov o že izdelanih CBS rezervoarjih pridobili informacije o času, potrebnem za izvedbo različnih opravil (delo, montaža, ličenje) za CBS rezervoarje z enakimi dimenzijami. Podatki iz tega nabora so prikazani na sliki 16.

	DOLŽINA																																													
	1250	1350	1450	1550	1650	1750	1850	1950	2050	2150	2250	2350	2450	2550	2650	2750	2850	2950	3050	3150	3250	3350	3450	3550	3650	3750	3850	3950	4050	4150	4250	4350	4450	4550	4650	4750	4850	4950	5050	5150						
DELO	67	94					109	113	92	92	90	75	90	127			118	126		154	134	134	95	133	120	107	101	125	122			189								137		136				
							108	112	104	86	109	102	122				105						103	141	138	144	101	124	126													136		136		
							108	114	108	77	120	127	122				101							103	137	126	131	101	130	129												135,96		135		
							99		107		108	101					102							130	126	112	106	126														140		135		
							100		99		120	102														127	112	126														138		135		
							99		124		124															128	118	138														136		135		
							100		130																	125	125	126														165		135		
							107																			127																128		138		
							99																			123																	137		137	
							100																																				135		135	
							99																																				136		136	
						100																																				134		134		
						100																																				138		138		
						67	94			102	113	109	85	112	101	111	127			106	126			154	134	100	135	125	120	102	127	125			189				135			140		143		
						81				104							118							130																	142					
LČENJE	24	31					30	28	34	37	52	36	31	35		39	39		48	38	40		37	42	33	41	42	41			44									45		55				
							25	28	30	35	30	30	41				48							44	37	45	33	43	42													44		45		
							30	28	32	26	37	30	41				28							38	43	42	43	33	42	42												44		45		
							24		31		41	31					29								46	42	42	35	42													45		46		
							25		34		39	34														41	44	42														45		46		
							33		34		34															41	40	42														43		45		
							31		40		34															42																	45		45	
							27																			41																	45		45	
							31																			40																	46		46	
							29																																				45		45	
							34																																				46		46	
						32																																				45		45		
						24	31			30	28	34	33	35	32	38	35			36	30			38	39	43	41	41	42	42	44							44			46		46			
						28				32														40																		45		45		
SET	6						9	8	10	10	17	12	14	13										14	11	11															18		18			
	7						10	9	9	12	8															11	11	11														15		15		
							10	10	9			8															14	14															13		13	
							9	9	10			8																															27		27	
							8	9	10			8																															18		18	
							8	12	10																																		18		18	
							7	9	10	10	11	8	12	14	13			12								14	12	12															18		18	
							7																																				18		18	

Slika 16: Nabor porabe ur za posamezno dolžino rezervoarja v odvisnosti od področja dela

S tem pristopom smo pridobili čas potreben za izdelavo CBS rezervoarjev, ki temelji na primerljivih dimenzijah MT rezervoarjev. Ta tabela nam omogoča primerjavo stroškov dela med obema vrstama rezervoarjev in nam pomaga pri oceni stroškov in časovne učinkovitosti pri različnih dolžinah rezervoarjev.

Kot je razvidno iz slike 17 vseh vrednosti porabe ur nismo imeli zato smo s pomočjo grafa in trendne črte dobili funkcijo, ki je odvisna od dolžine rezervoarja. Na sliki 13 je prikazan graf, ki prikazuje porabo ur za sestavo MT rezervoarja višine 1500mm v so odvisnosti od dolžine rezervoarja. Funkcija je na grafu prikazana desno zgoraj.



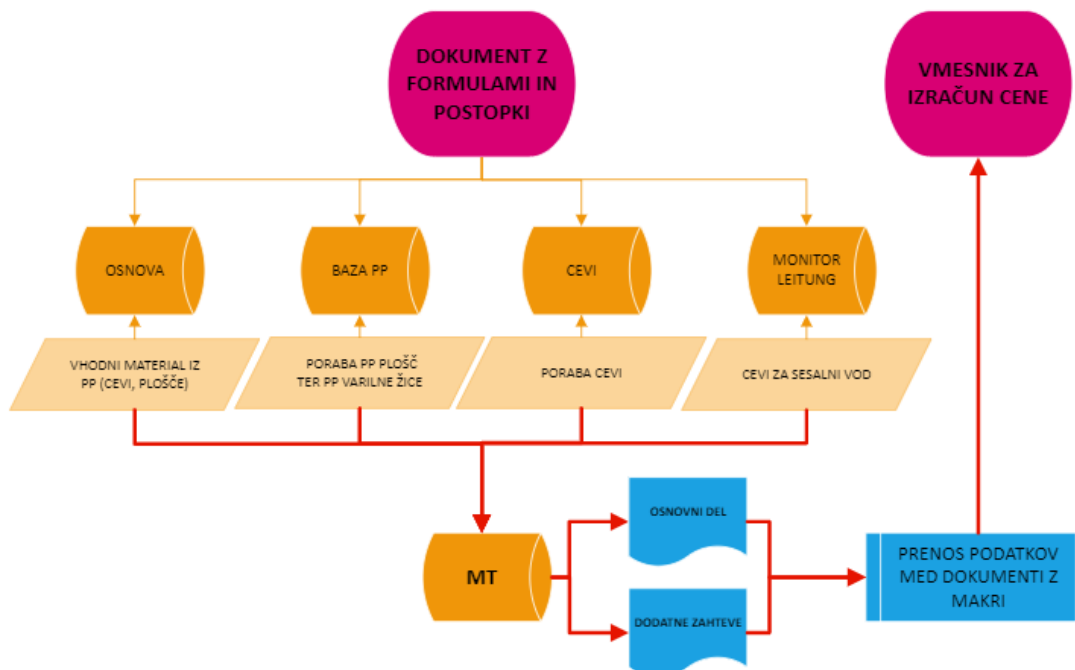
Slika 17: Graf in funkcija porabe ur v odvisnosti od dolžine rezervoarja za področje dela

Za vsako višino rezervoarja in področje dela smo izdelali svoj graf in prejeli novo-r različno funkcijo. Grafi so prikazani na sliki 18.



### 3.4.2 Dokument s formulami in postopki

»Dokument s formulami in postopki« nam omogoča povezavo med vhodnimi informacijami in konfiguracijskim vmesnikom, saj se v tem dokumentu uporabljajo osnovne in kompleksne enačbe, funkcije ter ukazi za pravilno izračunavanje materialnega stroška in stroška dela. Blokovna stroktura »Dokumenta s formulami in postopki« je prikazana na sliki 20.



Slika 20: Blokovna stroktura Dokumenta s formulami in postopki

Dokument je sestavljen iz več listov, pri čemer je prvi list »OSNOVA«, kjer so zbrane vse vhodne informacije, ki smo jih predhodno zapisali in prenesli iz dokumenta istega imena. Na tem listu so shranjeni ključni podatki, ki so potrebni za nadaljnjo obdelavo in izračune v dokumentu. List »Osnova« v »Dokumentu s formulami in postopki« je prikazan na sliki 21.

Datoteka Osnovno Vstavljanje Postavitev strani Formule Podatki Pregled Ogled Pomoc Pripombe S8

L114

ZASLUKOVNE		ZASLUKOV DELO		CENA		NOSILCI REZERVOARJA		PROFIL OSNO		PROFIL STREHA		U PROFIL		VSEBNI MATERIALI NOSILOCI																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
DOLZINA	TL	CENA	TL	CENA	TL	CENA	TL	CENA	TL	CENA	TL	CENA	TL	CENA	TL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1750	978175-207	85523A-007	1350	00224A-010	85523A-008	1450	857750-008	85523A-009	1550	857750-009	85523A-010	1650	857750-010	85523A-011	1750	857750-011	85523A-012	1850	857750-012	85523A-013	1950	857750-013	85523A-014	2050	857750-014	85523A-015	2150	857750-015	85523A-016	2250	857750-016	85523A-017	2350	857750-017	85523A-018	2450	857750-018	85523A-019	2550	857750-019	85523A-020	2650	857750-020	85523A-021	2750	857750-021	85523A-022	2850	857750-022	85523A-023	2950	857750-023	85523A-024	3050	857750-024	85523A-025	3150	857750-025	85523A-026	3250	857750-026	85523A-027	3350	857750-027	85523A-028	3450	857750-028	85523A-029	3550	857750-029	85523A-030	3650	857750-030	85523A-031	3750	857750-031	85523A-032	3850	857750-032	85523A-033	3950	857750-033	85523A-034	4050	857750-034	85523A-035	4150	857750-035	85523A-036	4250	857750-036	85523A-037	4350	857750-037	85523A-038	4450	857750-038	85523A-039	4550	857750-039	85523A-040	4650	857750-040	85523A-041	4750	857750-041	85523A-042	4850	857750-042	85523A-043	4950	857750-043	85523A-044	5050	857750-044	85523A-045	5150	857750-045	85523A-046	5250	857750-046	85523A-047	5350	857750-047	85523A-048	5450	857750-048	85523A-049	5550	857750-049	85523A-050	5650	857750-050	85523A-051	5750	857750-051	85523A-052	5850	857750-052	85523A-053	5950	857750-053	85523A-054	6050	857750-054	85523A-055	6150	857750-055	85523A-056	6250	857750-056	85523A-057	6350	857750-057	85523A-058	6450	857750-058	85523A-059	6550	857750-059	85523A-060	6650	857750-060	85523A-061	6750	857750-061	85523A-062	6850	857750-062	85523A-063	6950	857750-063	85523A-064	7050	857750-064	85523A-065	7150	857750-065	85523A-066	7250	857750-066	85523A-067	7350	857750-067	85523A-068	7450	857750-068	85523A-069	7550	857750-069	85523A-070	7650	857750-070	85523A-071	7750	857750-071	85523A-072	7850	857750-072	85523A-073	7950	857750-073	85523A-074	8050	857750-074	85523A-075	8150	857750-075	85523A-076	8250	857750-076	85523A-077	8350	857750-077	85523A-078	8450	857750-078	85523A-079	8550	857750-079	85523A-080	8650	857750-080	85523A-081	8750	857750-081	85523A-082	8850	857750-082	85523A-083	8950	857750-083	85523A-084	9050	857750-084	85523A-085	9150	857750-085	85523A-086	9250	857750-086	85523A-087	9350	857750-087	85523A-088	9450	857750-088	85523A-089	9550	857750-089	85523A-090	9650	857750-090	85523A-091	9750	857750-091	85523A-092	9850	857750-092	85523A-093	9950	857750-093	85523A-094	10050	857750-094	85523A-095	10150	857750-095	85523A-096	10250	857750-096	85523A-097	10350	857750-097	85523A-098	10450	857750-098	85523A-099	10550	857750-099	85523A-100	10650	857750-100	85523A-101	10750	857750-101	85523A-102	10850	857750-102	85523A-103	10950	857750-103	85523A-104	11050	857750-104	85523A-105	11150	857750-105	85523A-106	11250	857750-106	85523A-107	11350	857750-107	85523A-108	11450	857750-108	85523A-109	11550	857750-109	85523A-110	11650	857750-110	85523A-111	11750	857750-111	85523A-112	11850	857750-112	85523A-113	11950	857750-113	85523A-114	12050	857750-114	85523A-115	12150	857750-115	85523A-116	12250	857750-116	85523A-117	12350	857750-117	85523A-118	12450	857750-118	85523A-119	12550	857750-119	85523A-120	12650	857750-120	85523A-121	12750	857750-121	85523A-122	12850	857750-122	85523A-123	12950	857750-123	85523A-124	13050	857750-124	85523A-125	13150	857750-125	85523A-126	13250	857750-126	85523A-127	13350	857750-127	85523A-128	13450	857750-128	85523A-129	13550	857750-129	85523A-130	13650	857750-130	85523A-131	13750	857750-131	85523A-132	13850	857750-132	85523A-133	13950	857750-133	85523A-134	14050	857750-134	85523A-135	14150	857750-135	85523A-136	14250	857750-136	85523A-137	14350	857750-137	85523A-138	14450	857750-138	85523A-139	14550	857750-139	85523A-140	14650	857750-140	85523A-141	14750	857750-141	85523A-142	14850	857750-142	85523A-143	14950	857750-143	85523A-144	15050	857750-144	85523A-145	15150	857750-145	85523A-146	15250	857750-146	85523A-147	15350	857750-147	85523A-148	15450	857750-148	85523A-149	15550	857750-149	85523A-150	15650	857750-150	85523A-151	15750	857750-151	85523A-152	15850	857750-152	85523A-153	15950	857750-153	85523A-154	16050	857750-154	85523A-155	16150	857750-155	85523A-156	16250	857750-156	85523A-157	16350	857750-157	85523A-158	16450	857750-158	85523A-159	16550	857750-159	85523A-160	16650	857750-160	85523A-161	16750	857750-161	85523A-162	16850	857750-162	85523A-163	16950	857750-163	85523A-164	17050	857750-164	85523A-165	17150	857750-165	85523A-166	17250	857750-166	85523A-167	17350	857750-167	85523A-168	17450	857750-168	85523A-169	17550	857750-169	85523A-170	17650	857750-170	85523A-171	17750	857750-171	85523A-172	17850	857750-172	85523A-173	17950	857750-173	85523A-174	18050	857750-174	85523A-175	18150	857750-175	85523A-176	18250	857750-176	85523A-177	18350	857750-177	85523A-178	18450	857750-178	85523A-179	18550	857750-179	85523A-180	18650	857750-180	85523A-181	18750	857750-181	85523A-182	18850	857750-182	85523A-183	18950	857750-183	85523A-184	19050	857750-184	85523A-185	19150	857750-185	85523A-186	19250	857750-186	85523A-187	19350	857750-187	85523A-188	19450	857750-188	85523A-189	19550	857750-189	85523A-190	19650	857750-190	85523A-191	19750	857750-191	85523A-192	19850	857750-192	85523A-193	19950	857750-193	85523A-194	20050	857750-194	85523A-195	20150	857750-195	85523A-196	20250	857750-196	85523A-197	20350	857750-197	85523A-198	20450	857750-198	85523A-199	20550	857750-199	85523A-200	20650	857750-200	85523A-201	20750	857750-201	85523A-202	20850	857750-202	85523A-203	20950	857750-203	85523A-204	21050	857750-204	85523A-205	21150	857750-205	85523A-206	21250	857750-206	85523A-207	21350	857750-207	85523A-208	21450	857750-208	85523A-209	21550	857750-209	85523A-210	21650	857750-210	85523A-211	21750	857750-211	85523A-212	21850	857750-212	85523A-213	21950	857750-213	85523A-214	22050	857750-214	85523A-215	22150	857750-215	85523A-216	22250	857750-216	85523A-217	22350	857750-217	85523A-218	22450	857750-218	85523A-219	22550	857750-219	85523A-220	22650	857750-220	85523A-221	22750	857750-221	85523A-222	22850	857750-222	85523A-223	22950	857750-223	85523A-224	23050	857750-224	85523A-225	23150	857750-225	85523A-226	23250	857750-226	85523A-227	23350	857750-227	85523A-228	23450	857750-228	85523A-229	23550	857750-229	85523A-230	23650	857750-230	85523A-231	23750	857750-231	85523A-232	23850	857750-232	85523A-233	23950	857750-233	85523A-234	24050	857750-234	85523A-235	24150	857750-235	85523A-236	24250	857750-236	85523A-237	24350	857750-237	85523A-238	24450	857750-238	85523A-239	24550	857750-239	85523A-240	24650	857750-240	85523A-241	24750	857750-241	85523A-242	24850	857750-242	85523A-243	24950	857750-243	85523A-244	25050	857750-244	85523A-245	25150	857750-245	85523A-246	25250	857750-246	85523A-247	25350	857750-247	85523A-248	25450	857750-248	85523A-249	25550	857750-249	85523A-250	25650	857750-250	85523A-251	25750	857750-251	85523A-252	25850	857750-252	85523A-253	25950	857750-253	85523A-254	26050	857750-254	85523A-255	26150	857750-255	85523A-256	26250	857750-256	85523A-257	26350	857750-257	85523A-258	26450	857750-258	85523A-259	26550	857750-259	85523A-260	26650	857750-260	85523A-261	26750	857750-261	85523A-262	26850	857750-262	85523A-263	26950	857750-263	85523A-264	27050	857750-264	85523A-265	27150	857750-265	85523A-266	27250	857750-266	85523A-267	27350	857750-267	85523A-268	27450	857750-268	85523A-269	27550	857750-269	85523A-270	27650	857750-270	85523A-271	27750	857750-271	85523A-272	27850	857750-272	85523A-273	27950	857750-273	85523A-274	28050	857750-274	85523A-275	28150	857750-275	85523A-276	28250	857750-276	85523A-277	28350	857750-277	85523A-278	28450	857750-278	85523A-279	28550	857750-279	85523A-280	28650	857750-280	85523A-281	28750	857750-281	85523A-282	28850	857750-282	85523A-283	28950	857750-283	85523A-284	29050	857750-284	85523A-285	29150	857750-285	85523A-286	29250	857750-286	85523A-287	29350	857750-287	85523A-288	29450	857750-288	85523A-289	29550	857750-289	85523A-290	29650	857750-290	85523A-291	29750	857750-291	85523A-292	29850	857750-292	85523A-293	29950	857750-293	85523A-294	30050	857750-294	85523A-295	30150	857750-295	85523A-296	30250	857750-296	85523A-297	30350	857750-297	85523A-298	30450	857750-298	85523A-299	30550	857750-299	85523A-300	30650	857750-300	85523A-301	30750	857750-301	85523A-302	30850	857750-302	85523A-303	30950	857750-303	85523A-304	31050	857750-304	85523A-305	31150	857750-305	85523A-3

PP plošč. Vsaka kombinacija dolžine in višine rezervoarja je v stolpcu »SKUPAJ« ovrednotena s stroškovnega vidika.

Naslednji list, imenovan »CEVI«, prikazuje tabele z izračuni porabe cevi. Pri večjih rezervoarjih je potrebno upoštevati večje premere sesalnih cevi, zato je standardizacija izjemno pomembna pri izračunu stroškov cevovoda. Tudi najmanjša sprememba pri sesalnih priključkih ali drugih povezavah lahko vpliva na dolžino in višino potrebnih cevi za izdelavo cevovoda. S pomočjo predhodno določenih pozicioniranih priključkov smo lahko izračunali materialno porabo cevi. Poraba cevi je sorazmerno odvisna od velikosti rezervoarja. Strošek cevovoda je sestavljen iz vertikalno in horizontalno pozicioniranih cevi ter različnih kolena. List »CEVI« je prikazan na sliki 23.

T27																										
Datoteka Osnovno Vstavljanje Postavitev strani Formule Podatki Pregled Ogled Pomoč																										
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P											
SESALNI VOD PENA ENOJNO INTEGRIRAN															SESALNI VOD PENA DVOROJNO INTEGRIRAN					SESALNI VOD VODA						
Ø90mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ	Ø90mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ	Ø150mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ												
1	1250	0,00 €	0	0	0,00 €	1250	0,00 €	0	0	0,00 €	1250	0,00 €	0	0	0,00 €											
2	1350	0,00 €	0	0	0,00 €	1350	0,00 €	0	0	0,00 €	1350	0,00 €	0	0	0,00 €											
3	1450	0,00 €	0	0	0,00 €	1450	0,00 €	0	0	0,00 €	1450	0,00 €	0	0	0,00 €											
4	1550	0,00 €	0	0	0,00 €	1550	0,00 €	0	0	0,00 €	1550	0,00 €	0	0	0,00 €											
5	1650	0,00 €	0	0	0,00 €	1650	0,00 €	0	0	0,00 €	1650	0,00 €	0	0	0,00 €											
6	1750	0,00 €	0	0	0,00 €	1750	0,00 €	0	0	0,00 €	1750	0,00 €	0	0	0,00 €											
7	1850	0,00 €	0	0	0,00 €	1850	0,00 €	0	0	0,00 €	1850	0,00 €	0	0	0,00 €											
8	1950	0,00 €	0	0	0,00 €	1950	0,00 €	0	0	0,00 €	1950	0,00 €	0	0	0,00 €											
9	2050	0,00 €	0	0	0,00 €	2050	0,00 €	0	0	0,00 €	2050	0,00 €	0	0	0,00 €											
10	2150	0,00 €	0	0	0,00 €	2150	0,00 €	0	0	0,00 €	2150	0,00 €	0	0	0,00 €											
11	2250	0,00 €	0	0	0,00 €	2250	0,00 €	0	0	0,00 €	2250	0,00 €	0	0	0,00 €											
12	2350	0,00 €	0	0	0,00 €	2350	0,00 €	0	0	0,00 €	2350	0,00 €	0	0	0,00 €											
13	2450	0,00 €	0	0	0,00 €	2450	0,00 €	0	0	0,00 €	2450	0,00 €	0	0	0,00 €											
14	2550	0,00 €	0	0	0,00 €	2550	0,00 €	0	0	0,00 €	2550	0,00 €	0	0	0,00 €											
15	2650	0,00 €	0	0	0,00 €	2650	0,00 €	0	0	0,00 €	2650	0,00 €	0	0	0,00 €											
16	2750	0,00 €	0	0	0,00 €	2750	0,00 €	0	0	0,00 €	2750	0,00 €	0	0	0,00 €											
17	2850	0,00 €	0	0	0,00 €	2850	0,00 €	0	0	0,00 €	2850	0,00 €	0	0	0,00 €											
18	2950	0,00 €	0	0	0,00 €	2950	0,00 €	0	0	0,00 €	2950	0,00 €	0	0	0,00 €											
19	3050	0,00 €	0	0	0,00 €	3050	0,00 €	0	0	0,00 €	3050	0,00 €	0	0	0,00 €											
20	3150	0,00 €	0	0	0,00 €	3150	0,00 €	0	0	0,00 €	3150	0,00 €	0	0	0,00 €											
21	3250	0,00 €	0	0	0,00 €	3250	0,00 €	0	0	0,00 €	3250	0,00 €	0	0	0,00 €											
22	3350	0,00 €	0	0	0,00 €	3350	0,00 €	0	0	0,00 €	3350	0,00 €	0	0	0,00 €											
23	3450	0,00 €	0	0	0,00 €	3450	0,00 €	0	0	0,00 €	3450	0,00 €	0	0	0,00 €											
24	3550	0,00 €	0	0	0,00 €	3550	0,00 €	0	0	0,00 €	3550	0,00 €	0	0	0,00 €											
25	3650	0,00 €	0	0	0,00 €	3650	0,00 €	0	0	0,00 €	3650	0,00 €	0	0	0,00 €											
26	3750	0,00 €	0	0	0,00 €	3750	0,00 €	0	0	0,00 €	3750	0,00 €	0	0	0,00 €											
27	3850	0,00 €	0	0	0,00 €	3850	0,00 €	0	0	0,00 €	3850	0,00 €	0	0	0,00 €											
28	3950	0,00 €	0	0	0,00 €	3950	0,00 €	0	0	0,00 €	3950	0,00 €	0	0	0,00 €											
29	4050	0,00 €	0	0	0,00 €	4050	0,00 €	0	0	0,00 €	4050	0,00 €	0	0	0,00 €											
30	4150	0,00 €	0	0	0,00 €	4150	0,00 €	0	0	0,00 €	4150	0,00 €	0	0	0,00 €											
31	4250	0,00 €	0	0	0,00 €	4250	0,00 €	0	0	0,00 €	4250	0,00 €	0	0	0,00 €											
32	4350	0,00 €	0	0	0,00 €	4350	0,00 €	0	0	0,00 €	4350	0,00 €	0	0	0,00 €											
33	4450	0,00 €	0	0	0,00 €	4450	0,00 €	0	0	0,00 €	4450	0,00 €	0	0	0,00 €											
34	4550	0,00 €	0	0	0,00 €	4550	0,00 €	0	0	0,00 €	4550	0,00 €	0	0	0,00 €											
35	4650	0,00 €	0	0	0,00 €	4650	0,00 €	0	0	0,00 €	4650	0,00 €	0	0	0,00 €											
36	4750	0,00 €	0	0	0,00 €	4750	0,00 €	0	0	0,00 €	4750	0,00 €	0	0	0,00 €											
37	4850	0,00 €	0	0	0,00 €	4850	0,00 €	0	0	0,00 €	4850	0,00 €	0	0	0,00 €											
38	4950	0,00 €	0	0	0,00 €	4950	0,00 €	0	0	0,00 €	4950	0,00 €	0	0	0,00 €											
39	5050	0,00 €	0	0	0,00 €	5050	0,00 €	0	0	0,00 €	5050	0,00 €	0	0	0,00 €											
40	5150	0,00 €	0	0	0,00 €	5150	0,00 €	0	0	0,00 €	5150	0,00 €	0	0	0,00 €											
Ø100mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ	Ø100mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ	Ø200mm	CEV dolžine	KOLENO	E-MUFA	SKUPAJ												
43	1250	0,00 €	0	0	0,00 €	1250	0,00 €	0	0	0,00 €	1250	0,00 €	0	0	0,00 €											
44	1350	0,00 €	0	0	0,00 €	1350	0,00 €	0	0	0,00 €	1350	0,00 €	0	0	0,00 €											
45	1450	0,00 €	0	0	0,00 €	1450	0,00 €	0	0	0,00 €	1450	0,00 €	0	0	0,00 €											
46	1550	0,00 €	0	0	0,00 €	1550	0,00 €	0	0	0,00 €	1550	0,00 €	0	0	0,00 €											
47	1650	0,00 €	0	0	0,00 €	1650	0,00 €	0	0	0,00 €	1650	0,00 €	0	0	0,00 €											
48																										

Slika 23: List »Cevi« v »Dokumentu za shranjevanje«

Na listu »MONITOR LEITUNG« se izračunava dodatna zahteva »cevi za sesalni vod« na enak način kot na listu »CEVI«. Na obeh listih se izvaja izračun porabe cevi za sesalni vod, pri čemer je pomembna uporaba standardiziranih priključkov in upoštevanje velikosti rezervoarja.

Na listu »MT« se zbirajo vse informacije iz prejšnjih listov in se smiselno združujejo v celoto. List »MT« je razdeljen na osnovni del, ki služi kot izhodišče za izračun osnovnega rezervoarja, ter dodatni del, ki je osnova za izračun dodatnih zahtev. Deljenje je označeno na sliki 24.



Slika 24: Delitev lista »MT« na osnovni del in dodatne zahteve

V skrajnem levem delu lista »MT« na sliki 24 se nahajajo dolžine rezervoarja, ki so barvno označene glede na pripadajoči volumen medija. Svetlo modra in temno modra barva predstavljata volumen vode glede na višino in dolžino rezervoarja, medtem ko rumeno-oranžna barva predstavlja gasilni medij pena. V naslednjem stolpcu je prikazan strošek PP plošč, nosilcev rezervoarja, U-profilov, vijačnega materiala, tipske tablice, zgornjih profilov, spodnjih profilov in dela (freza in sestava), odvisno od dolžine rezervoarja. Vsi navedeni materiali sestavljajo "telo" rezervoarja. V naslednjih stolpcih osnovnega dela so prikazani stroški ostalih zahtev, kot so pokrov, prelivni sistem, sesalno korito, sesalni vod, T-kosi z adapterjem, levi in desni polnilni vod. V skrajno desnem stolpcu osnovnega dela se vse te postavke seštevajo in tvorijo ceno osnovnega rezervoarja.

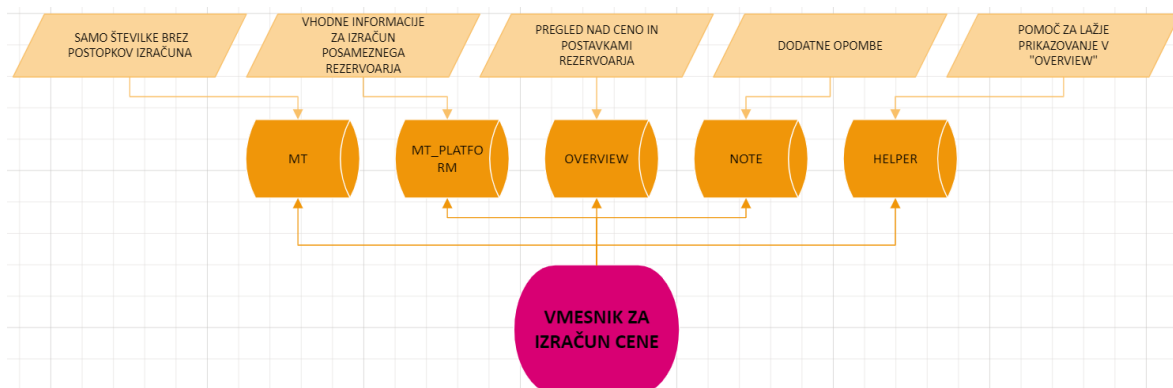
V področju dodatnih zahtev se v skrajnem levem delu opisuje integracija rezervoarja za penilo, pri čemer lahko izbiramo med dvojno integriranim rezervoarjem za penilo (manjša količina) ali enojno integriranim rezervoarjem za penilo (večja količina). Nadalje so na seznamu dodatne zahteve, kot so dodatni pokrovi, dodatni prelivni sistemi, dodatna sesalna korita, prosto polnjenje, znižan nivo rezervoarja in cevi za vodni monitor.

Da bi poenostavili konfiguracijo izdelka in pridobili ceno, smo ustvarili uporabniku prijazen dokument, imenovan »Vmesnik za izračun cene«. S pomočjo programske opreme Excel Makro smo v dokumentu s formulami in postopki ustvarili bližnjico, s katero lahko prenesemo vse podatke v vmesnik za izračun cene. Program za prenos podatkov je prikazan v prilogi 2.

Tako ohranjamo sledljivost podatkov in zmanjšujemo možnost napak zaradi neažurnih ali napačnih podatkov ter postopkov pri izračunu cene. Poleg tega uporabniku vmesnika preprečujemo vpogled v ozadje konfiguracijskega vmesnika in urejanje podatkov, kar pripomore k večji zanesljivosti in zaščiti integritete podatkov.

### 3.4.3 Vmesnik za izračun cene

Konfiguracijski vmesnik je namenjen različno govorečim trgom, zato smo se odločili, da ga pripravimo v nemškem in angleškem jeziku. Zaradi mednarodnega sodelovanja smo se odločili, da vmesnik za izračun cene pripravimo v angleškem jeziku. Blokovna struktura »Vmesnika za izračun cene« je prikazana na sliki 25.



Slika 25: Blokovna struktura Vmesnika za izračun cene

Podobno kot prej ustvarjeni dokumenti, je tudi vmesnik sestavljen iz več listov. Kot je prikazano na sliki 26, osnova za izračun je list »MT«, kamor prenašamo samo številke brez postopkov izračuna iz dokumenta z formulami in postopki.

Slika 26: List »MT« v »Vmesniku za izračun cene«

Za uporabnike je najbolj pomemben list »MT\_PLATFORM«. Preko tega lista uporabniki vnašajo vse potrebne zahteve, ki jih mora rezervoar izpolnjevati. Ta list je razdeljen na več področij, kot je prikazano na sliki 27.

The screenshot shows a software interface for 'MT\_PLATFORM'. It features several sections: 'BASIC DATA' with fields for 'AKT, TL...', 'INQUIRY', and 'FACTORY'; 'MEASURE' with fields for 'LENGHT', 'HEIGHT', and 'WIDTH' (with a note '2430mm standard!'); 'LIQUID' with checkboxes for 'WATER' and 'FOAM'; 'STANDARD PARTS' and 'ADDITIONAL PARTS' tables; and a control panel with buttons for 'SAVE', 'ADD NOTE', 'OVERVIEW', and 'RESET'. A background image of a red truck is visible.

Slika 27: List »MT\_PLATFORM« v »Vmesniku za izračun cene«

V področju »basic data« izpolnjujemo osnovne informacije, kot so šifra rezervoarja, številka povpraševanja ter podjetje ali posameznik, ki povprašuje po rezervoarju.

Nato v področju »measure« preko spustnih seznamov izbiramo ustrezne dimenzije rezervoarja. Pravilno izpolnjeni podatki o osnovnih informacijah in dimenzijah rezervoarja so prikazani na sliki 28.

BASIC DATA	
AKT, TL...	560361-533
INQUIRY	48-101/001
FACTORY	RSL / g. Podlesnik
MEASURE	
LENGHT	1.250 mm
HEIGHT	1.800 mm
WIDTH	2.430 mm <small>2430mm standard!</small>

Slika 28: Pravilno izpolnjeni podatki v tabelah »Basic data« in »Measure«

V področju »liquid« s pomočjo potrditvenega polja, izbiramo medij, ki ga želimo transportirati v rezervoarju. Ob potrditvi polja se prikaže nov spustni seznam, kjer izberemo količino medija in / ali gre za primarni (glavni) medij ali sekundarni medij. Poleg tega izpolnimo informacijo, ali gre za enojno ali dvojno integriran rezervoar, ter vnesemo količino medija, ki ga želimo transportirati. Pravilno izbrani in vneseni podatki so prikazani na sliki 29.

LIQUID			
		QTY.:	
<input checked="" type="checkbox"/>	WATER	1	
<input checked="" type="checkbox"/>	FOAM	2	
NR.	MEDIA	POSITION	VOLUMEN
1	WATER	STANDARD	7.500 Liter
2	FOAM	ONCE INTEGRATE	1.000 Liter
3	FOAM	DOUBLE INTEGRA	500 Liter

Slika 29: Pravilno izpolnjeni podatki za medij, ki ga transportiramo

V nadaljevanju dodelimo rezervoarju tudi ostale komponente, ki mu zagotavljajo funkcionalnost. Te komponente izberemo v postavki »standard parts« s pomočjo spustnih seznamov. Izberemo sesalni vod z različnimi dimenzijami, sesalno korito, pokrov z različnimi premeri in ustrezno količino ter prelivni sistem s pripadajočo količino. Pravilno izbrani podatki so prikazani na sliki 30.

STANDARD PARTS						
INTEGRATED TANK	SUCTION LINE Ø	SUCTION TRAY	COVER Ø	QTY	OVERFLOW SYSTEM	QTY
WATER_1	Ø150mm	YES	Ø600mm	1	EXTERNAL	1
FOAM_2	Ø100mm	YES	Ø450mm	1	EXTERNAL	1
FOAM_3	Ø80mm	NO	Ø190mm	1	NONE	1

Slika 30: Pravilno izpolnjeni podatki za standardne dele

Ko končamo s konfiguracijo standardnih delov, lahko rezervoarju dodelimo dodatne zahteve, ki jih izberemo v področju »additional parts«. To področje zajema polnilne vode za prosto polnjenje, cevi za vodni monitor in znižanje nivoja medija v rezervoarju. Vse tri dodatne zahteve izpolnjujemo z uporabo potrditvenih polj in spustnih seznamov. Pravilno izbrani podatki za to področje so prikazani na sliki 31.

ADDITIONAL PARTS		
<input checked="" type="checkbox"/> FREE FILING	<input checked="" type="checkbox"/> MONITOR	<input checked="" type="checkbox"/> LOWERED FLUID LEVEL
QTY.:	SUCTION LINE	LENGHT (m):
3 PIPES	NW80	

Slika 31: Pravilno izpolnjeni podatki za dodatne zahteve

Za vizualno privlačen vmesnik smo dodali tudi sliko končanega vozila MT v ozadju lista »MT\_PLATFORM«. Ta list ni le opremljen s spustnimi sezname in potrditvenimi polji, ki so med seboj odvisni, ampak tudi s pogojnim oblikovanjem. Pogojno oblikovanje uporabniku prikazuje pravilno pot konfiguracije izdelka. To dosežemo z obarvanjem celic, ki so naslednje v vrsti za izpolnjevanje.

Na tem listu so poleg zgoraj opisanih področij na voljo tudi bližnjice, ki pomagajo uporabniku pri upravljanju. Vsaka bližnjica ima v ozadju bodisi hiperpovezavo na naslednji list bodisi program, ki izvede določen ukaz. Vse bližnjice so prikazane na sliki 32.



Slika 32: Bližnjice

Z bližnjico »SAVE« izvedemo naslednji ukaz: odpremo trenutno ustvarjeno konfiguracijo v popolnoma novem Excel dokumentu, ki ga nato shranimo na lokalni disk. S to bližnjico smo želeli zagotoviti, da se izvorni dokument ne »prepiše« s katero koli konfiguracijo.

Z bližnjico »ADD NOTE« izvedemo povezavo do lista »NOTE«, kamor lahko kot uporabnik vnesemo dodatne omejitve, pripombe ali druge informacije, ki jih je treba upoštevati pri pregledu izračunane cene.

Z bližnjico »RESET« izvedemo naslednji ukaz: izbrišemo vnesene podatke na listu »MT\_PLATFORM« in omogočimo ponovno konfiguracijo od začetka.

Z bližnjico »OVERVIEW« izvedemo povezavo do lista »OVERVIEW«, kjer je prikazana cena rezervoarja in postavk iz katerih je sestavljena končna cena glede na izbrane možnosti. List »OVERVIEW« je prikazan na sliki 33.

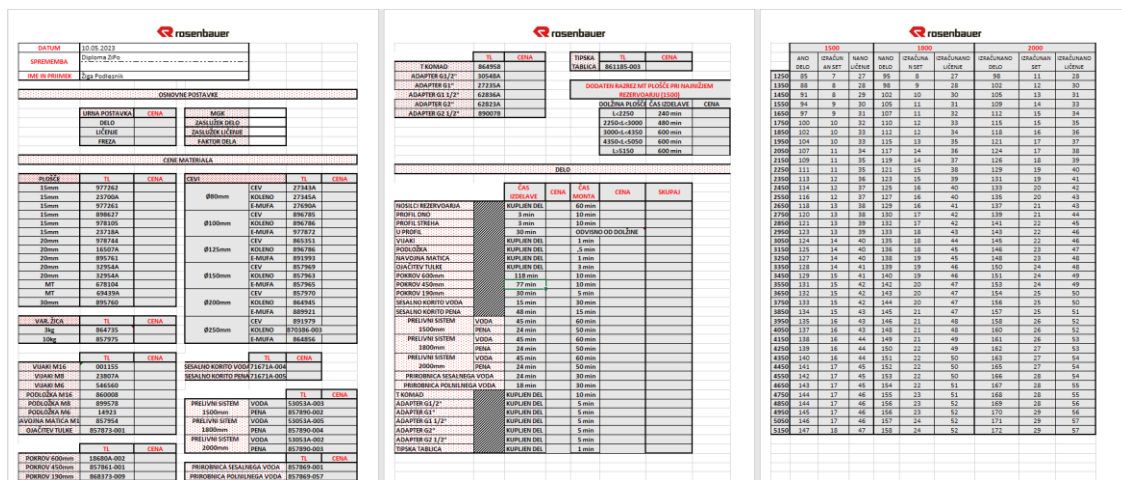
REVIEW AND CALCULATION						
<b>BASIC DATA</b>						
AKT, TL..	560361-533			<b>MEASURE</b>		
INQUIRY	48-L01/001			LENGHT	1.250 mm	
FACTORY	RSL / g. Podlesnik			HEIGHT	1.800 mm	
				WIDTH	2.430 mm	
<b>TANK</b>						
VOLUMEN	7500 1000 500					
TANK BODY	1250 1800 2430					
<b>PARTS</b>						
PAINTING						
CONSTRUCTION						
TRANSPORT						
<b>PARTS</b>						
	WATER_1		FOAM_2		FOAM_3	
	OPTIONS	PRICE	OPTIONS	PRICE	OPTIONS	PRICE
OVERFLOW SYSTEM	EXTERNAL		EXTERNAL		NONE	
SUCTION LINE Ø	Ø150mm		Ø100mm		Ø80mm	
COVER Ø	Ø600mm		Ø450mm		Ø190mm	
SUCTION TRAY	YES		YES		NO	
<b>ADDITIONAL PARTS</b>						
FREE FILLING	3 Pipe					
MONITOR Ø	NW80					
LOWERED F. LEVEL						

Slika 33: List »Overview« v »Vmesniku za izračun cene«

### 3.4.4 Dokument za shranjevanje in sledljivost

Ker se zavedamo, da je sledljivost cen v teh časih zelo pomembna, smo ustvarili tretji Excelov dokument, imenovan "Dokument za shranjevanje in sledljivost", ki služi kot baza osnovnih informacij za konfiguracijski vmesnik. Ta dokument omogoča hitro in natančno prikazovanje osnovnih podatkov, kot so urna postavka, nabavna cena posameznih PP plošč ter drugih kupljenih delov, izdelovalni čas posamezne dodatne zahteve, poraba ur za sestavo, varjenje, ličenje itd. Za izdelavo tega dokumenta smo prenesli vse osnovne informacije iz dokumenta "Osnova".

Prenos informacij se izvaja s pomočjo bližnjice in programa, ki smo ga napisali v ozadju z uporabo Excelove funkcije "Makri". Ob prenosu se ustvari nov dokument z datumom prenosa. Dokument lahko dodatno opremimo z informacijami, ki bi nam v prihodnosti lahko služile kot pojasnilo, kdo in zakaj je posodobil konfiguracijski vmesnik z izdelovalnimi časi in/ali korekcijo cen. Dokument za shranjevanje in sledenje je prikazana na sliki 34.



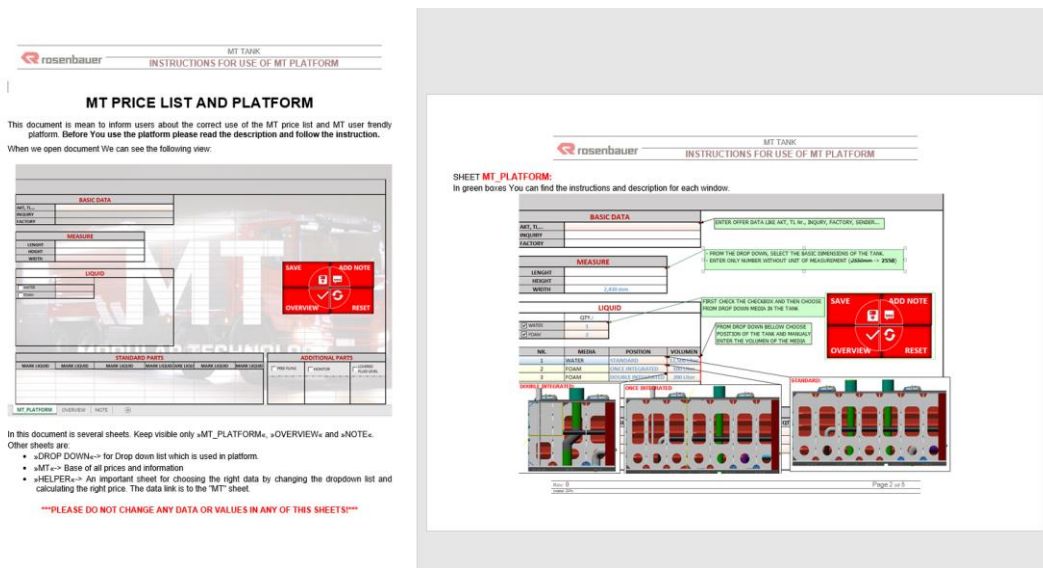
Slika 34: Dokument za shranjevanje in sledljivost

Blokovna struktura vseh izdelanih excel dokumentov in njihova soodvisnost je prikazana v prilogi 3.

### 3.4.5 Navodila za uporabo

Uporaba konfiguracijskega vmesnika je preprosta za nekoga z osnovnim znanjem orodja Excel, vendar lahko za nepoznavalce produkta predstavlja izziv pri izbiri opcij. Zato smo pripravili navodila za uporabo, v katerih pojasnjujemo strukturo konfiguracijskega vmesnika, prikazujemo relevantne informacije na posameznem delu vmesnika, razlagamo pomen posameznih zahtev ter predstavljamo funkcionalnost dodatnih bližnjic. Pripravo navodil smo izvedli s pomočjo Excelove funkcije za duplikacijo vmesnika za izračun cene. Pri vsaki izbrani opciji smo dodali komentarje in/ali opombe, ki pojasnjujejo izbiro. Vsa pojasnila smo zbrali s pomočjo posnetkov zaslona in jih prenesli v Wordov dokument, kjer smo jih obogatili z dodatnimi pripisi.

Navodila za uporabo smo pripravili v angleškem jeziku. Slika 35 prikazuje izsek navodil za uporabo.



Slika 35: Začetni strani navodil za uporabo

Za lažjo predstavbo delovanja in prikaz pravilnega izračunavanja cene smo posneli kratek video uporabe, ki smo ga predstavili v sklopu predaje vmesnika v uporabo. Posnetek videa uporabe konfiguracijskega vmesnika je odličen način za lažjo predstavbo in prikaz pravilnega izračuna cene. Uporabniki bodo lahko vizualno sledili korakom in razumeli, kako uporabljati vmesnik ter izvesti pravilne konfiguracije. S predstavtivijo videa boste zagotovili dodatno podporo in olajšali razumevanje vmesnika uporabnikom.

### 3.5 Testiranje vmesnika

Ker smo v podjetju na področju rezervoarjev prvič izdelali orodje za pomoč pri izračunavanju prodajne cene ga je bilo pred predajo v uporabo obvezno testirati. Testirali smo ga na primerjalni način. To pomeni, da smo primerjali po kalkulacijo MT rezervoarja ter konfiguracijo po specifikaciji. Testiranje smo ponovili na več medsebojno različnih rezervoarjih. Rezultat testiranja smo poročali tako projektni ekipi kakor tudi vodstvu podjetja, ki je sprejelo odločitev da je konfiguracijski vmesnik primeren za uporabo.

## 4 REZULTATI IN DISKUSIJA

### 4.1 Konfiguracijski vmesnik

V diplomski nalogi smo opisali optimizacijo dela na področju MT rezervoarjev z uporabo konfiguracijskega vmesnika. Optimizacija je opisana z uporabo konfiguracijskega vmesnika, ki je bil izdelan v Microsoftovem programu Excel in uporablja več kompleksnih formul in podprogramov. V preteklosti smo se soočili z izzivi, saj zaradi težav s primarnim programom, ki ga uporablja Rosenbauer, nismo mogli dostopati do potrebnih podatkov za izdelavo. Zato smo se odločili, da ločimo vmesnik od primarnega programa in ga izdelamo v Excel-ovem dokumentu, ki je dostopen uporabnikom kjerkoli in deluje na katerikoli napravi, ki podpira Microsoftovo programsko opremo.

Za uporabo konfiguracijskega vmesnika smo pripravili navodila, v katerih smo podrobno opisali tudi dodatne zahteve. Vmesnik deluje v več stopnjah, kar omogoča sledljivost, obvladovanje in varovanje podatkov. Na podlagi zgoraj navedenih razlogov lahko trdimo, da je vmesnik samostojno orodje, ki je uporabniku prijazno in ne zahteva posebnega strokovnega znanja za njegovo uporabo. S tem potrjujemo hipotezo 1.

Kupcu/stranki smo omogočili izbiro dodatnih zahtev, ki pa so predhodno dogovorjene in v okvirih gradnje rezervoarja. Z določanjem tehničnih omejitev smo opredelili smernice konstrukcije rezervoarja in zmanjšali možnosti napake pri izbiri ustreznega materiala. Tako lahko potrdimo hipotezo 2.

Zaradi obširne baze vhodnih podatkov in delitve produkta do najnižjega nivoja lahko natančno sledimo vsem vhodnim podatkom in jih ob morebitnih napovedih sprememb cen vhodnih surovin ažurno in brez težav implementiramo v sistem izračunavanja. S tem omogočamo kupcu/stranki konfiguracijo cenovno najbolj optimalnega produkta v odvisnosti od njihovih zahtev in želja. Tako lahko potrdimo hipotezo 3.

Ker je osnovna funkcija konfiguracijskega vmesnika zagotoviti natančen izračun cene rezervoarja, smo se odločili, da temeljito preverimo njegovo delovanje. Pri tem smo uporabili pristop, ki je vključeval analizo šestih različnih modelov MT rezervoarjev, ki so bili že izdelani in obstajajo v naboru. Naša analiza je zajemala podrobne po kalkulacije za vsakega od teh rezervoarjev. Nato smo vsaki izmed po kalkulacij dodali standardni zaslužek, da bi dobili končne vrednosti, ki so bile primerljive z vrednostmi, izračunanimi s pomočjo konfiguracijskega vmesnika. Rezultati teh analiz so zbrani in predstavljeni v tabeli 4 za nadaljnjo raziskavo in analizo.



Tabela 4: Rezultati primerjave med konfiguracijskim vmesnikom in pokalkulacijo

Dimenzije rezervoarja (DxŠxV) [mm]	Cena izračunana z konfiguracijskim vmesnikom [točk]	Po kalkulacijska cena z standardnim zaslužkom [točk]	Razlika [%]
2850x1800x2430	1.868,49	1.748,35	6,9
3350x1800x2430	2.313,5	2.146,79	7,8
1750x1500x2430	1.642,87	1.628,15	0,9
5450x1800x2430	3.254,62	3.100,42	5,0
2350x1500x2430	1.711,5	1.800,24	-4,9
3450x1800x2430	2.514,77	2.611,11	-3,7
POVPREČNO			2,0

Rezultati primerjave med konfiguracijskim vmesnikom in pokalkulacijami kažejo na različno stopnjo natančnosti pri izračunu cen rezervoarjev:

- Prvi rezultat s 6,9% odstopanja navzgor lahko kaže na to, da konfiguracijski vmesnik ceno nekoliko precenjuje glede na dejansko po kalkulacijo.
- Naslednji rezultat s 7,8% odstopanja navzgor ponovno nakazuje na precenjevanje cene s strani konfiguracijskega vmesnika.
- Tretji rezultat z minimalnim odstopanjem 0,9% sugerira, da konfiguracijski vmesnik v tem primeru ponuja zelo natančno oceno prodajne cene.
- Četrti rezultat s 5,0% odstopanja navzgor kaže na rahlo precenjevanje cene s strani konfiguracijskega vmesnika.
- Naslednji dve vrednosti z negativnimi odstopanji (-4,9% in -3,7%) pa nakazujeta na podcenjevanje cen s strani konfiguracijskega vmesnika v teh primerih.

Skupaj gledano, se zdi, da konfiguracijski vmesnik v večini primerov ponuja rahlo precenjene ocene cen rezervoarjev (povprečno za 2%). Da bi pa pojasnili nastale razlike med po kalkulacijami in konfiguracijskim vmesnikom so potrebne nadaljnje analize. V nadaljevanju smo primerjali dve ključni postavki, ki bosta pojasnili odstopanje. Primerjali smo strošek dela in strošek materiala na pokalkulaciji in konfiguracijskim vmesnikom. Rezultati so prikazani v tabeli 5 in tabeli 6.

Tabela 5: Odstopanja med po kalkulacijo in konfiguratorjem glede na porabo ur

Dimenzije rezervoarja (DxŠxV) [mm]	Poraba ur [točk]		Odstopanje
	Po kalkulacija	konfigurator	
2850x1800x2430	957,6	969,73	1%
3350x1800x2430	1007,07	1037,87	3%
1750x1500x2430	711,2	722,4	2%
5450x1800x2430	1291,73	1277,53	1%
2350x1500x2430	828,8	818,53	1%
3450x1800x2430	1064	1042,53	2%

*Tabela 6: Odstopanja med po kalkulacijo in konfiguratorjem glede na porabo materiala*

Dimenzije rezervoarja (DxŠxV) [mm]	Material [točk]		Odstopanje
	Po kalkulacija	konfigurator	
2850x1800x2430	790,75	898,76	12%
3350x1800x2430	1139,72	1275,63	11%
1750x1500x2430	916,95	920,47	0%
5450x1800x2430	1808,69	1977,09	9%
2350x1500x2430	971,44	892,97	9%
3450x1800x2430	1547,11	1472,24	5%

Iz tabel 5 in 6 je mogoče razbrati primerjavo med pokalkulacijo in konfiguratorjem za ure dela in material v različnih primerih:

- V prvem primeru vidimo, da je konfigurator ocenil ceno ure dela višje od po kalkulacije za približno 1% in ceno materiala višje za približno 12%.
- V drugem primeru je konfigurator precenil ceno ure dela, saj je bila cena višja za približno 3%, medtem ko je bila cena materiala ocenjena višje za približno 11%.
- Tretji primer prikazuje, da je bila cena ure dela ocenjena nekoliko višje s strani konfiguratorja (približno 2%), medtem ko je bila cena materiala praktično enaka v obeh primerih.
- V četrtem primeru je konfigurator podcenil ceno ure dela za približno 1%, medtem ko je precenil ceno materiala za približno 9%.
- Peti primer prikazuje, da je konfigurator podcenil ceno ure dela za približno 1%, medtem ko je podcenil ceno materiala za približno 9%.
- V šestem primeru je konfigurator ocenil ceno ure dela nižje za približno 2%, medtem ko je ocenil ceno materiala nižje za približno 5%.

Pri porabi ur je konfigurator v nekaterih primerih odstopal navzgor. Stopnje odstopanja so znašale od približno 1% do približno 3%, kar kaže, da so podatki o cenah ur razmeroma ustrezni. Pri materialu je konfigurator v nekaterih primerih ocenil material višje od pokalkulacije, s stopnjami odstopanja od približno 0,38% do približno 13,65%, medtem ko je v drugih primerih ocenil material nižje od pokalkulacije, s stopnjami odstopanja od približno 0,05% do približno 9,32%.

## 4.2 Delovanje konfiguracijskega vmesnika

S tem vmesnikom smo vsekakor skrajšali čas pridobitve prodajne cene rezervoarja z zmanjšanjem količine potrebnega truda posameznih oddelkov za pripravo ponudbene cene. Z optimizacijo smo razbremenili naslednje oddelke:

- Oddelek inženiringa, ki ne potrebuje več preverjati vsakega rezervoarja posebej in kontrolirati, ali so zahtevane dodatne možnosti po standardih gradnje.

- Oddelek kalkulacij, ki ne rabi več kalkulirati cen vsakega rezervoarja znova, temveč pregleduje, ali so izpolnjene konfiguracije ustrezne. S tem smo zmanjšali možnost napak pri kalkuliranju.
- Oddelek tehnologije, ki že ima za vsak rezervoar določeno porabo proizvodnih ur ter materiala in lahko z manj napora sestavi delovni načrt za proizvodnjo.
- Proizvodnjo, ki že vnaprej ve, katere so standardne pozicije funkcionalnih delov, in si lahko razrezne načrte pripravi z manj vloženega truda.

## 5 SKLEP

Podjetje Rosenbauer se je vsakodnevno srečevalo z različnimi izzivi, kot so dolgotrajni postopek priprave prodajne cene, spremenljive cene vhodnih materialov, raznolike zahteve strank, napake pri kalkulacijah ter upravljanje in urejanje podatkov. V naši diplomski nalogi smo izkoristili vsa znanja, pridobljena med študijem na FTPO, in s konfiguracijskim vmesnikom uspešno optimizirali delovni proces podjetja. S standardizacijo določenih elementov smo sicer omejili izbiro kupcev/strank, a hkrati smo jim lahko ponudili bolj konkurenčne cene, saj smo imeli jasno določene procese in natančno spremljali porabo materialov.

Analiza rezultatov je sicer pokazala manjše povečanje cen v primerjavi s po kalkulacijami izdelanih rezervoarjev. Rezultati kažejo, da se odstopanja pojavijo pri oceni materiala, medtem ko so podatki o cenah ur v večini primerov ustrezni. Pomembno pa je omeniti, da smo pri tej analizi testirali konfigurator le na šestih rezervoarjih in nismo upoštevali faktorja začetnih napak ter morebitnih izboljšav v proizvodnji, ki bi se pojavile na začetnih prototipih. To lahko predstavlja enega od razlogov za razhajanja med pokalkulacijo in konfiguratorjem. Za bolj natančno analizo bi bilo potrebno izvesti širše testiranje na večjem vzorcu rezervoarjev ter upoštevati potencialne izboljšave v konfiguratorju.

Pomembno je poudariti, da gre za zelo kompleksen produkt, ki se ga že težko primerja s programskim orodjem, kot je Excel. Poleg tega bi bilo za optimizacijo procesov smiselno razmisliti o uporabi bolj naprednih orodij za izdelovanje programov, saj bi to lahko pripomoglo k še večji učinkovitosti in natančnosti pri izračunavanju cen izdelkov.

Kljub temu menimo, da je potrebno nadaljnje spremljanje trendov in po potrebi korekcija sistema ter izboljšava vhodnih podatkov, da bi zagotovili še bolj natančne ocene in boljše prilagoditve tržnim spremembam. Skupno gledano, je konfiguracijski vmesnik korak naprej v našem poslovanju, vendar pa je potrebno še nadaljnje raziskovanje in izboljšave za doseganje najboljše možne učinkovitosti.

Zaključek diplomske naloge nas je spodbudil k razmišljanju o drugih možnostih optimizacije na različnih področjih, na primer pri vozilih in drugih komponentah. Ugotovili smo, da je konfiguracijski vmesnik učinkovit in omogoča hitro izračunavanje prodajne cene rezervoarja glede na različne zahteve in dimenzije. Uporabniku prijazen in samostojen vmesnik je prinesel jasno strukturo ter preprosto uporabo, kar je olajšalo delo in zmanjšalo možnost napak pri izračunih.

**SEZNAM LITERATURE IN VIROV**

- [1] MT modularna tehnologija, (n.d.). <https://www.everythingforthatmoment.com/en/new-products/mt-modular-technology/> (accessed September 25, 2023).
- [2] C. Abeykoon, Sensing technologies for process monitoring in polymer extrusion: A comprehensive review on past, present and future aspects, *Measurement: Sensors*. 22 (2022). <https://doi.org/10.1016/J.MEASEN.2022.100381>.
- [3] H.A. Maddah, Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. *American Journal of Polymer Science*, 6. (2016).
- [4] A. Shakeri, N.A. Jarad, S. Khan, T. F Didar, Bio-functionalization of microfluidic platforms made of thermoplastic materials: A review, *Anal Chim Acta*. 1209 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.339283>.
- [5] Polipropilenska formula: lastnosti in aplikacije, (n.d.). <https://sl.puntomarineri.com/polypropylene-formula-properties-and-applications/> (accessed September 25, 2023).
- [6] R.M. Patel, Polyethylene, in: *Multilayer Flexible Packaging: Second Edition*, Elsevier Inc., 2016: pp. 17–34. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-37100-1.00002-8>.
- [7] Kemijska formula polietilena. Uporaba iz polietilena, (n.d.). <https://sl.puntomarineri.com/the-chemical-formula-of-polyethylene/> (accessed September 25, 2023).
- [8] H. Maddah, Polypropylene as a Promising Plastic: A Review, 2016. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20160601.01>.
- [9] J. Navodnik, M. Kopčič, *Plastik-orodjar*, Velenje 1990.
- [10] H. Fu, H. Xu, Y. Liu, Z. Yang, S. Kormakov, D. Wu, J. Sun, Overview of Injection Molding Technology for Processing Polymers and Their Composites, *ES Materials and Manufacturing*. 8 (2020). <https://doi.org/10.30919/esmm5f713>.
- [11] K. Wilczyński, A. Nastaj, A. Lewandowski, K. Krzysztof Wilczyński, K. Buziak, Fundamentals of global modeling for polymer extrusion, *Polymers (Basel)*. 11 (2019). <https://doi.org/10.3390/polym111122106>.
- [12] J. Vera-Sorroche, A. Kelly, E. Brown, P. Coates, N. Karnachi, E. Harkin-Jones, K. Li, J. Deng, Thermal optimisation of polymer extrusion using in-process monitoring techniques, *Appl Therm Eng*. 53 (2013). <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.04.013>.
- [13] J. Qiu, G. Zhang, E. Sakai, W. Liu, L. Zang, Thermal welding by the third phase between polymers: A review for ultrasonicweld technology developments, *Polymers (Basel)*. 12 (2020). <https://doi.org/10.3390/POLYM12040759>.

- 
- [14] Izdelki | Munsch tehnologija varjenja plastike, (n.d.). <https://munsch-kunststoff-schweisstechnik.de/en/products/> (accessed September 25, 2023).
- [15] M. Dewald, O. Kohn, Y. Dehorn, H. Howaldt, A. Ebben, N. Kratzke, F. Janssen, M. Weigold, Using gamification on the shop floor for process optimization in machining production, *MM Science Journal*. 2021-November (2021). [https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021\\_11\\_2021172](https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_11_2021172).
- [16] M. Rachinger, R. Rauter, C. Müller, W. Vorraber, E. Schirgi, Digitalization and its influence on business model innovation, *Journal of Manufacturing Technology Management*. 30 (2019). <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0020>.
- [17] Circular economy, (2016).
- [18] M. Reslan, N. Last, N. Mathur, K.C. Morris, V. Ferrero, Circular Economy: A Product Life Cycle Perspective on Engineering and Manufacturing Practices, *Procedia CIRP*. 105 (2022) 851–858. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2022.02.141>.

**SEZNAM SLIK**

Slika 1: MT gasilsko vozilo [1]	3
Slika 2: Kemijska formula PP [5]	5
Slika 3: Kemijska formula PE [7]	7
Slika 4: Varilni stroj [14]	11
Slika 5: Standardna mesta komponent	16
Slika 6: Razlika v obodu med CBS in MT rezervoarjem	20
Slika 7: MT plošča v stranskem in narisnem pogledu	20
Slika 8: CBS ojačitve (zgoraj) in MT ojačitve (spodaj)	21
Slika 9: 3D model prostega polnjenja	24
Slika 10: Postopek izdelave konfiguracijskega vmesnika	25
Slika 11: Blokovna stroktura dokumenta Osnova	26
Slika 12: Prikaz prvega lista v dokumentu Osnova	26
Slika 13: Prikaz podatkov na listu »PP-CEVI«	28
Slika 14: Prikaz podatkov na listu »NOSILCI OSTALO«	29
Slika 15: Prikaz podatkov na listu »DELO«	30
Slika 16: Nabor porabe ur za posamezno dolžino rezervoarja v odvisnosti od področja dela	31
Slika 17: Graf in funkcija porabe ur v odvisnosti od dolžine rezervoarja za področje dela	31
Slika 18: Grafi in funkcije porabe ur v odvisnosti od dolžine rezervoarja za različna področja dela	32
Slika 19: Tabela porabljenih ur v odvisnosti od dolžine rezervoarja po posameznem področju dela	32
Slika 20: Blokovna stroktura Dokumenta z formulami in postopki	33
Slika 21: List »Osnova« v »Dokumentu za shranjevanje«	34
Slika 22: List »Baza PP« v »Dokumentu za shranjevanje«	34
Slika 23: List »Cevi« v »Dokumentu za shranjevanje«	35
Slika 24: Delitev lista »MT« na osnovni del in dodatne zahteve	36
Slika 25: Blokovna stroktura Vmesnika za izračun cene	37
Slika 26: List »MT« v »Vmesniku za izračun cene«	37
Slika 27: List »MT_PLATFORM« v »Vmesniku za izračun cene«	38
Slika 28: Pravilno izpolnjeni podatki v tabelah »Basic data« in »Measure«	38
Slika 29: Pravilno izpolnjeni podatki za medij, ki ga transportiramo	39
Slika 30: Pravilno izpolnjeni podatki za standardne dele	39
Slika 31: Pravilno izpolnjeni podatki za dodatne zahteve	39
Slika 32: Bližnjice	40
Slika 33: List »Overview« v »Vmesniku za izračun cene«	40
Slika 34: Dokument za shranjevanje in sledljivost	41
Slika 35: Začetni strani navodil za uporabo	42

---

**SEZNAM TABEL**

Tabela 1: Prikaz in opis sestavnih delov rezervoarja	12
Tabela 2: Prikaz in opis funkcionalnih delov	13
Tabela 3: Opis pojmov, ki se pojavljajo na listu Osnova	27
Tabela 4: Rezultati primerjave med konfiguracijskim vmesnikom in pokalkulacijo	44
Tabela 5: Odstopanja med po kalkulacijo in konfiguratorjem glede na porabo ur	44
Tabela 6: Odstopanja med po kalkulacijo in konfiguratorjem glede na porabo materiala	45



## **SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV**

% - procent

$g/cm^3$  - enota za gostoto

$^{\circ}C$  - stopinje celzija

**SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC**

CBS - Prilagojeni sistem karoserije (Customized Body System)

MT - Modularna Tehnologija (Modular Technology)

PP - Polipropilen

PE - Polietilen

PVC - Polivinilklorid

PS - Polistiren

PET - Polietilen tereftalat

PA - Poliamid

LDPE - Polietilen z nizko gostoto

HDPE - Polietilen z visoko gostoto

EU - Evrposka Unija

POC - Oddelek za sprejem in obdelavo naročil (Production and order department)

**PRILOGE****Priloga 1: program v Excel Makro, ki omogoča kopiranje podatkov iz Excel datoteke »OSNOVA« v »DOKUMENT Z FORMULAMI IN POSTOPKI«**

```
Sub Macro1()  
,  
,  
' Macro1 Macro  
,  
  
Range("F9:F48").Select  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank.xlsm").Activate  
Range("F10").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("G9:P48").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank.xlsm").Activate  
Range("G10:G49").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("Q9:R48").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank.xlsm").Activate  
Range("Q10").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("U9:Y48").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank.xlsm").Activate  
Range("U10").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
MsgBox "USPEŠNO STE PRENESLI PODATKE V IZVOZNI CENIK"  
  
End Sub
```

**Priloga 2: program v Excel Makro, ki omogoča kopiranje podatkov v Excel datoteko »VMESNIK ZA IZRAČUN CENE«**

```
Sub kopiraj_cenik()  
,  
,  
' kopiraj_cenik Macro  
,  
  
Range("D12:D14").Select  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("B4").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("OSNOVA.xlsm").Activate  
Range("D16").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("B7").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("OSNOVA.xlsm").Activate  
Range("D17").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("B2").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
Windows("OSNOVA.xlsm").Activate  
Range("D18").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy  
Windows("Preisübersicht Wasser-Schaummitteltank ZiPo.xlsm").Activate  
Range("B1").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _  
:=False, Transpose:=False  
  
MsgBox "USPEŠNO STE PRENESLI PODATKE IZ OSNOVE V CENIK  
*****OPOMBA*****  
KOPIRAJTE SI ŠE V DOKUMENT ZA SHRANJEVANJE IN GA NATISNITE"  
End Sub
```

### Priloga 3: Blokovna struktura vseh izdelanih excel dokumentov in njihova soodvisnost

