

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA, IZDELAVA IN
NADGRADNJA POLNILKE ZA IZDELKE
ŽIVILSKÉ INDUSTRİJE ZA MANJŠE OBRATE**

Kandidat: Davor Kramar

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: Dragan Gogić, mag. inž. metal. in mater.

Mentor v podjetju: Mitja Žerdoner, inž. stroj.

Lektorica: Nataša Teržan, dipl. slov.

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Davor Kramar izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom Konstrukcijska zasnova, izdelava in nadgradnja polnilke za izdelke živilske industrije za manjše obrate, ki sem ga napisal pod mentorstvom Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot mojih lastnih, kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor, skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Mozirje, julij 2024

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju in predavatelju Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater., za njegovo nesebično in prijateljsko podporo, strokovno vodenje in dragocene nasvete skozi celoten proces nastajanja te diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi svojemu mentorju v podjetju, Mitji Žerdonerju, in vsem ostalim v podjetju za izkazano zaupanje in mentorstvo ter izraz podpore, kar je omogočilo nastanek diplomskega dela.

Posebno zahvalo pa izrekam svoji družini za njihovo neomajno podporo, razumevanje in spodbudo. Hvaležen sem jim za vso ljubezen, potrpežljivost in pomoč, ki so mi jo nudili, ne samo pri pisanju diplome ampak tudi skozi celoten študij.

Najlepša hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi kakorkoli pomagali in me spodbujali na tej poti. Še posebej Žigu Volavšku za pomoč pri razumevanju vseh funkcij in inštruiranju pri uporabi programske opreme SolidWorks (2024). Vaša pomoč in podpora sta bili ključnega pomena za uspešno dokončanje te diplomske naloge.

POVZETEK

V diplomski nalogi sem se osredotočil na konstrukcijsko zasnovo, izdelavo in nadgradnjo polnilke za izdelke živilske industrije, specifično za manjše obrate. Tema je bila izbrana zaradi pomanjkanja ustreznih polnilk na trgu, prilagojenih manjšim obratom, kot so manjše mesnice, kmečki turizmi in kmetije. Manjši obrati se soočajo s posebnimi izzivi, kot so omejene zmogljivosti, prostorske in finančne omejitve, upoštevanje česar je bil naš cilj pri zasnovi diplomske naloge.

Osredotočili smo se tudi na postavljene hipoteze, da (1) je polavtomatska polnilka hitrejša in natančnejša kot ročna, (2) uporaba prilagojenih komponent poveča zanesljivost, (3) optimizacija energetske učinkovitosti pripomore k zmanjšanju porabe energije ter (4) uvedba digitalizacije omogoča hitrejšo prototipiranje.

Uporabljene metodologije so vključevale pregled literature, analizo obstoječih polnilk, uporabo CAD orodja za razvoj prototipov, simulacije in praktične preizkuse. Digitalizacija je bila ključna za natančnejši in hitrejši razvoj. Ekonomska analiza pa je ocenila stroške izdelave polnilke.

Rezultati so pokazali, da izboljšana konstrukcijska zasnova omogoča natančnejše in hitrejšo polnjenje mesnih izdelkov, kar zmanjšuje operativne stroške in povečuje produktivnost. Nova polnilka je prilagodljiva in enostavna za vzdrževanje, kar je ključno za manjše obrate. Uporaba ležajev na pogonskih oseh, močnejšega elektromotorja in debelejših nosilnih sten je še dodatno izboljšala delovanje in zanesljivost polnilke.

Dokazal sem, da je mogoče z ustrezno konstrukcijsko zasnovo ustvariti polnilko, ki je prilagojena specifičnim potrebam manjših obratov v živilski industriji, izpolnjuje visoke higienske standarde, je enostavna za vzdrževanje in omogoča konkurenčno ter učinkovito poslovanje.

Ključne besede: *konstrukcijska zasnova, digitalizacija, prototipiranje, higienski standardi, 3D tiskanje, napredne tehnologije, ekonomska analiza, simulacije*

ABSTRACT

"CONSTRUCTION DESIGN, MANUFACTURE AND UPGRADE OF A FILLING MACHINE FOR FOOD INDUSTRY PRODUCTS FOR SMALLER ESTABLISHMENTS"

In my master's thesis, I focused on the structural design, manufacture and upgrade of fillers for food industry products, specifically for smaller establishments. The topic was chosen due to the lack of suitable fillers on the market to meet the needs of smaller production facilities such as small butchers, tourist farms and farms. Smaller establishments face specific challenges such as limited capacity, space and financial constraints and our goal was to take that in to account with design.

We also focused on the hypotheses set forth: (1) that a semi-automatic filling machine is faster and more accurate than a manual one, (2) the use of customized components increases reliability, (3) optimizing energy efficiency helps reduce energy consumption, and (4) the introduction of digitalization enables faster prototyping.

The methodologies used included a literature review, analysis of existing filling machines, CAD tools for prototype development, simulations, and practical tests. Digitalization was crucial for more accurate and faster development. The economic analysis assessed the manufacturing costs of the filling machine.

The results showed that the improved design allows for more precise and faster filling of meat products, reducing operational costs and increasing productivity. The new filling machine is adaptable and easy to maintain, which is essential for small operations. The use of bearings on drive shafts, a more powerful electric motor, and thicker support walls further improved the machine's performance and reliability.

I proved that it is possible to create a filling machine with an appropriate design that meets the specific needs of small operations in the food industry, complies with high hygiene standards, is easy to maintain, and allows for competitive and efficient business operations.

Keywords: *structural design, digitalisation, prototyping, hygienic standards, 3D printing, advanced technologies, economic analysis, simulations*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	13
1.1	Opis področja in opredelitev problema	13
1.2	Namen, cilji in osnovne trditve	14
1.3	Predpostavke in omejitve	15
2	Uporabljene raziskovalne metode	17
3	PREGLED OBSTOJEČIH POLNILNIH SISTEMOV	18
3.1	Polnilni sistemi v živilski industriji	18
3.1.1	Najpogostejše vrste polnilnih sistemov	18
3.1.2	Vrste polnilk glede na fazo snovi - viskoznost	21
3.1.3	Vrste polnilk za snovi v mesno predelovalnih izdelkih	22
3.2	Prednosti in slabosti različnih polnilnih sistemov	26
3.3	Zahteve manjših proizvodnih obratov	29
3.4	Finančne omejitve	30
3.5	Prostorske omejitve	32
4	DIGITALIZACIJA V PROCESU KONSTRUKCIJSKE ZASNOVE	34
4.1	Uvod v digitalizacijo	34
4.2	Uporaba CAD orodij za hitrejše prototipiranje	35
4.2.1	Simulacije in virtualno testiranje	36
4.2.2	Optimizacija dizajna z uporabo digitalnih orodij	37
5	IZBIRA izdelovalnih tehnologij in postopkov za izdelavo polnilke	39
5.1	Izbira materialov	39
5.2	Uporaba naprednih tehnologij izdelave	43
5.2.1	Napredno 3D tiskanje	43
5.2.2	Najpogostejše oblike 3D tiskanja	44
5.2.3	CNC obdelava za ključne komponente	47
5.2.4	3D skeniranje	50
6	KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA POLNILKE	51
6.1	Ideja in zasnova koncepta	51
6.1.1	Varianta 1	51
6.1.2	Varianta 2	52
6.1.3	Varianta 3	53

6.1.4	Izbira najustreznejše variante	54
6.2	Načrtovanje in CAD konstruiranje	55
6.3	3D skeniranje	57
6.4	Simulacije in analize	61
6.4.1	Potrebna moč pogonskega motorja.....	62
6.4.2	Življenjska doba ležajev	65
6.4.3	Ustreznost debeline pločevine vertikalnega nosilca.....	66
6.5	Nakup obstoječih komponent in standardnih delov.....	72
6.6	Izdelava namenskih kosov	73
6.6.1	Razrez	73
6.6.2	Krivljenje	74
6.6.3	Varjenje	75
6.6.4	Prilagoditev standardnih komponent	77
6.7	3D tiskanje	78
6.8	Elektro zasnova polnilke.....	79
6.9	Sestava polnilke ter integracija mehanizmov in komponent	81
6.10	Nadgradnja polnilke.....	83
6.10.1	Uporaba ležajev na pogonskih oseh namesto puš	83
6.10.2	Vgradnja močnejšega elektromotorja.....	85
6.10.3	Povečanje debeline nosilne stene	86
6.10.4	Funkcija delno avtomatskega delovanja.....	88
7	PREIZKUŠANJE IN ANALIZA	90
7.1	Metodologija preizkušanja.....	90
7.2	Zmogljivost polnilke	92
7.3	Primerjava s konkurenčnimi izdelki	94
7.4	Ustreznost glede na zahteve manjših obratov	96
8	Analiza opravljenega dela in stroškov	99
8.1	Kalkulacija stroškov	99
8.2	Določitev lastne in prodajne cene	102
8.3	Določitev točke preloma	103
9	SKLEP.....	105
10	VIRI.....	107
11	PRILOGE	111

KAZALO SLIK

Slika 1: Gravitacijsko polnjenje tekočin.....	18
Slika 2: Tlačna polnilka na komprimiran zrak	19
Slika 3: Vakuumska polnilka.....	19
Slika 4: Tehtalna polnilka.....	20
Slika 5: Aseptična polnilka.....	20
Slika 6: Različna modela ročne polnilke za predelano meso	23
Slika 7: Polavtomatska hidravlična polnilka	23
Slika 8: Avtomatska polnilka za klobase.....	24
Slika 9: Primer polnilke z vijačnim polnjenjem	25
Slika 10: Peristaltična polnilka	26
Slika 11: Izdelava delov polnilke s pomočjo CAD programa SolidWorks.....	36
Slika 12: Ashbyev diagram lastnosti materialov	39
Slika 13: Potek izbire ustreznega materiala.....	41
Slika 14: Shematski prikaz FDM tiskanja	45
Slika 15: Shematski prikaz SLA tiskanja	45
Slika 16: Shematski prikaz laserske tehnologije tiskanja s pomočjo prahu	46
Slika 17: Shematski prikaz MJ tehnike tiskanja.....	46
Slika 18: Shematski prikaz DED tehnike tiskanja.....	47
Slika 19: Shematski prikaz LOM tehnike tiskanja	47
Slika 20: 5 osni CNC obdelovalni stroj.....	48
Slika 21: Skeniranje modela s 3D skenerjem	50
Slika 22: Skica polnilke glede na varianto 1	52
Slika 23: Skica polnilke glede na varianto 2	53
Slika 24: Skica polnilke glede na varianto 3	54
Slika 25: Osnovne komponente polnilke.....	55
Slika 26: Zahtevnejše komponente polnilke.....	56
Slika 27: Posamezni sestavi polnilke	57
Slika 28: Skeniranje obstoječe komponente.....	58
Slika 29: Obdelava podatkov skeniranja	59
Slika 30: Končan tridimenzijski model.....	59
Slika 31: Uvoz skeniranega modela v program SolidWorks.....	60

Slika 32: Model s pomožnimi ravninami	60
Slika 33: Dodajanje stranskih ravnin.....	61
Slika 34: Končni model skeniranega objekta	61
Slika 35: Merjenje potrebne sile na ročico	62
Slika 36: Skica mehanskega dela reduktorja	63
Slika 37: Predpisane podpore na nosilec	66
Slika 38: Predpisane obremenitve na nosilec	67
Slika 39: Zamrežen nosilec	68
Slika 40: Deformacija in povečanje napetosti	68
Slika 41: Pojav koncentracije napetosti.....	69
Slika 42: Ponovna koncentracija napetosti.....	70
Slika 43: Pomiki na nosilcu	71
Slika 44: Odčitek napetosti v točki na nosilcu	72
Slika 45: CNC laserski rezalni stroj TruLaser 3030 fiber (L49)	74
Slika 46: Krivljenje pločevine s strojem FUTURA 160-30	75
Slika 47: Struženje jermenice zobatega jermena	77
Slika 48: CAD model dela za 3D tisk	78
Slika 49: 3D tiskalnik Prusa in programski urejevalnik Prusa Slicer.....	79
Slika 50: Rezinjenje modela in končan izdelek.....	79
Slika 51: Skica funkcionalnosti polnilke	80
Slika 52: Skica vezave vseh komponent.....	80
Slika 53: Umestitev elektro komponent v 3D model	81
Slika 54: Sestava polnilke z vsemi komponentami	81
Slika 55: Preizkusna vezava elektro komponent	82
Slika 56: Primer pogona s pušami	84
Slika 57: Naš pogon z ležaji na oseh	84
Slika 58: Povečana napetost ob uporabi 1,5 mm debele pločevine.....	86
Slika 59: Brez povečane napetosti ob uporabi 3 mm debele pločevine	87
Slika 60: Nizkonapetostni releji, potrebni za delno avtomatsko delovanje.....	89
Slika 61: Diagram metodologije preiskovanja Agile.....	90
Slika 62: Shema določanja lastne cene.....	102
Slika 63: Diagram sestave prodajne cene	103

KAZALO TABEL

Tabela 1: Različne vrste nerjavečega jekla.....	42
Tabela 2: Lastnosti nerjavečih jekel AISI 304 in AISI 316	42
Tabela 3: Računski podatki	63
Tabela 4: Tabela zahtev preizkušanja.....	91
Tabela 5: Prikaz podatkov testiranja	94
Tabela 6: Primerjava polnilke s konkurenčnimi polnilkami	95
Tabela 7: Primernost polnilke za manjše obrate.....	97
Tabela 8: Seštevek stroškov	100
Tabela 9: Izračun točke preloma	103

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Kazalniki zmogljivosti	96
Graf 2: Grafični prikaz ustreznosti polnilke	98
Graf 3: Prikaz stroškov po deležu.....	102
Graf 4: Točka preloma.....	104

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Delavniška risba osi	111
Priloga 2: Shema elektro vezave	112
Priloga 3: Delavniška risba nosilca senzorja	113
Priloga 4: Delavniška risba pokrivne pločevine	114
Priloga 5: Delavniška risba spodnje pločevine.....	115

SEZNAM KRATIC

CAD – computer aided design (računalniško podprto načrtovanje)

CAM – computer aided manufacturing (računalniško podprta izdelava)

CNC – computer numerical control (računalniško numerično krmiljenje)

FDM – fused deposition modeling (modeliranje z iztiskanjem)

SLA – stereolithography (stereolitografija)

LOM – laminated object manufacturing (proizvodnja laminiranih objektov)

MJ – material jetting (iztiskovanje materiala)

UV – ultraviolet (ultravijolična svetloba)

ISO – international organization for standardization (mednarodna organizacija za standardizacijo)

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Področje raziskovanja v tej diplomski nalogi je fokusirano na konstrukcijsko zasnovo, izdelavo in nadgradnjo polnilke za izdelke živilske industrije, v našem specifičnem primeru je to polnilka za izdelke iz predelanega mesa, ki je namenjena manjšim obratom. Živilska industrija je dinamično in raznoliko področje, ki zahteva natančno in učinkovito polnjenje izdelkov, kot so tekočine, paste, geli ali prah. Manjši obrati, v primerjavi z večjimi industrijskimi obrati, se srečujejo s posebnimi izzivi, kot so omejene zmogljivosti, prostorske omejitve in finančne omejitve, zato je treba razviti polnilko, ki je prilagojena njihovim specifičnim potrebam in hkrati izpolnjuje vse potrebne kriterije živilske industrije.

Problematika, ki je pritegnila našo pozornost, je predvsem pomanjkanje ponudbe in ekonomsko upravičene ponudbe polnilk, ki so namenjene manjšim obratom mesno predelovalne branže. Trenutne polnilke niso prilagojene manjšim obratom, saj povzročajo nepotreben izgubljeni prostor, zahtevajo visok finančni vložek, so manj učinkovite ali zahtevajo dodatne ročne prilagoditve pri polnjenju izdelkov, največkrat pa celotno ročno manipulacijo pri polnjenju izdelkov. Zaradi tega manjši obrati doživljajo povečane operativne stroške, zmanjšano produktivnost ali težave pri vzdrževanju polnilk bolj kompleksnega tipa.

Razsežnost problema je opazna v velikem številu manjših obratov v živilski industriji, ki se srečujejo s temi izzivi. Tukaj imamo v mislih tako lokalne mesnice, kmečke turizme, posamezne kmetije z dopolnilno dejavnostjo kot tudi posameznike, ki izdelek potrebujejo za lastno uporabo. Ravno pomanjkanje prilagodljivosti polnilk za manjše obrate negativno vpliva na njihovo uspešnost, konkurenčnost in poslovne rezultate. Poleg tega lahko to vodi do slabše kakovosti izdelkov, izgubljanja tržnega deleža, je časovno zamudno opravilo, zato pride posledično do dviga cen izdelkov in nezadovoljstva kupcev.

Z izboljšano konstrukcijsko zasnovo, izdelavo in opcijo kasnejše nadgradnje polnilke bi lahko zagotovili boljše prilagajanje potrebam manjših obratov, povečali učinkovitost proizvodnje, zmanjšali operativne stroške in izboljšali kakovost končnih izdelkov. To bi prispevalo k uspešnejšemu delovanju manjših obratov.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen te diplomske naloge je razviti in predstaviti konstrukcijsko zasnovo in izdelavo polnilke za izdelke živilske industrije z možnostjo nadgradnje, specifično polnilke za izdelke iz predelanega mesa, ki je hkrati posebej prilagojena potrebam manjših obratov. Cilj je ustvariti rešitev, ki bo omogočala učinkovito polnjenje izdelkov, povečala produktivnost obratov ter zmanjšala operativne stroške.

Glavni cilji te raziskave so:

Analiza obstoječega stanja: Pregled obstoječih polnilk ter identifikacija njihovih pomanjkljivosti in omejitev.

Konstrukcijska zasnova: Razvoj koncepta polnilke, ki bo prilagojen specifičnim potrebam manjših obratov, kot so zmogljivost, velikost, avtomatizacija in preprostost uporabe.

Izdelava prototipa: Izdelava prototipa na osnovi konstrukcijskega načrta, na katerem bomo preizkusili funkcionalnost, zanesljivost in učinkovitost polnilke.

Nadgradnja in optimizacija: Identifikacija možnosti za izboljšave in nadgradnjo polnilke na podlagi rezultatov preizkusov prototipa ter optimizacija delovanja polnilke za doseg najboljših rezultatov.

Na podlagi izvedenih analiz, raziskav ter razvoja prototipa polnilke za manjše obrate, bomo poskusili dokazati naslednje osnovne trditve oziroma hipoteze:

- **H1** – Polavtomatska polnilka je hitrejša in bolj natančna pri doziranju kot ročna ter omogoča povečanje učinkovitosti.
- **H2** – Uporaba prilagojenih komponent pri konstrukcijski zasnovi polnilke za izdelke živilske industrije v manjših obratih bo povečala zanesljivost delovanja in zmanjšala potrebo po vzdrževanju.
- **H3** – Optimizacija energetske učinkovitosti polnilke bo pripomogla k zmanjšanju porabe energije in s tem prispevala k trajnostnemu delovanju obrata.
- **H4** – Uvedba digitalizacije v procesu konstrukcijske zasnove in izdelave polnilke za izdelke živilske industrije v manjših obratih bo omogočila hitrejšo prototipiranje in optimizacijo dizajna ter posledično zmanjšala čas razvoja.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predpostavljamo:

- da bodo vse konstrukcijske rešitve sledile veljavnim standardom in regulativam v živilski industriji,
- da so specifikacije in zahteve za polnilko jasno določene glede na vrsto izdelkov, ki se polnijo,
- da so na voljo primerne surovine za izdelavo polnilke, ki bodo izpolnjevale higienske in varnostne standarde živilske industrije,
- da so različne tehnološke rešitve, ki jih morda želimo vključiti, dostopne in izvedljive
- da so manjši obrati, za katere je polnilka namenjena, opremljeni z ustrezno infrastrukturo in zmogljivostmi za integracijo polnilke,
- da bo polnilka delovala polavtomatsko, s pomočjo električnega in mehanskega sistema, kar bo omogočilo učinkovito in hitro polnjenje,
- da se bo pri izdelavi polnilke upoštevala ergonomija, da bo omogočena enostavna uporaba, vzdrževanje in čiščenje.

Omejitve:

- omejitve finančnih sredstev lahko vplivajo na razpoložljive možnosti konstrukcije, materialov in tehnologij,
- prostorske omejitve v obratu lahko vplivajo na velikost in postavitev polnilke,
- čas za izdelavo in nadgradnjo polnilke je lahko omejen, kar lahko vpliva na kompleksnost rešitev,
- omejitve lahko izhajajo iz specifičnih zahtev strank glede hitrosti polnjenja, natančnosti, vrste embalaže itd.,
- potrebno je upoštevati stroge standarde glede varnosti hrane in higiene v živilski industriji, izdelana mora biti iz primernih materialov, ki izpolnjujejo standarde živilske industrije,
- polnilka ne sme presegati določenega proračuna za izdelavo in mora biti cenovno dostopna za manjše obrate,

- polnilka ne sme zahtevati posebnih tehničnih veščin ali izobraževanja za uporabo, da bo primerna tudi za manj izkušene uporabnike.

2 UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE

Za začetek bomo preučili obstoječo literaturo in raziskave na področju polnjenja izdelkov v živilski industriji. To lahko vključuje tehnične članke, knjige, poročila, informacije, ki so dostopne preko spleta in standarde, ki obravnavajo različne vidike polnjenja izdelkov.

S primerjalno metodo bomo naredili pregled in analizo obstoječih polnilk za izdelke v živilski industriji, kar nam lahko prinese vpogled v njihovo zasnovo, delovanje, možnosti nadgradnje ter prednosti in slabosti. S tem bomo lahko identificirali možnosti za izboljšave, ki jih bo potrebno upoštevati pri konstrukcijski zasnovi naše polnilke.

Metodo sinteze pa bomo uporabili za preverjanje in preizkušanje učinkovitosti polnilke, in sicer s pomočjo izvedenih poskusov in testiranj na prototipu. To lahko obsega preverjanje natančnosti polnjenja, enakomernost polnjenja, preizkušanje trpežnosti in vzdržljivosti delov, ocenjevanje časovnih in energetskih zahtev ter preizkusno delovanje v realnih pogojih.

Z analizo podatkov ter inženirskimi simulacijami bomo s pomočjo programske opreme izvedli simulacije, ki nam bodo omogočile preverbo učinkovitosti posameznih delov polnilke oziroma koncepta polnilke.

Vključiti pa moramo tudi ekonomsko analizo, s katero bomo ocenili stroške projektiranja, izdelave in vzdrževanja polnilke, skupaj s finančno analizo, da se oceni smotrnost in donosnost naložbe.

3 PREGLED OBSTOJEČIH POLNILNIH SISTEMOV

3.1 Polnilni sistemi v živilski industriji

V živilski industriji obstaja več vrst polnilnih sistemov, ki se uporabljajo za polnjenje različnih izdelkov.

3.1.1 Najpogostejše vrste polnilnih sistemov

Gravitacijsko polnjenje: Pri tem sistemu se izdelek samodejno polni z izkoriščanjem gravitacije. Izdelek teče po polnilni cevi in nato izstopa v doliv, dokler nivo ne doseže želene količine, kot je razvidno na sliki 1. Ta metoda se pogosto uporablja pri polnjenju tekočin (Liquid Filling Machine – Different Types & Applications, b. d.).



Slika 1: Gravitacijsko polnjenje tekočin

VIR: (<https://pro-fruit.com/product/bottle-filler/>)

Tlačno polnjenje: Pri tej metodi gre za stiskanje ali tlačenje izdelka v embalažo preko tlačnih cevi (slika 2). Izdelek se lahko dovaja v embalažo s pomočjo komprimiranega zraka ali drugega plina, ki s pomočjo tlaka dovaja izdelek v embalažo. To se pogosto uporablja pri polnjenju gaziranih pijač, penečih izdelkov in drugih izdelkov, ki zahtevajo določeno stopnjo pritiska pri polnjenju (Shemesh Automation, 2023).



Slika 2: Tlačna polnilka na komprimiran zrak

VIR: (<https://mizihomachinery.com/product/pressure-filling-machine/>)

Vakuumsko polnjenje: Pri tej metodi se izdelek polni v zaprto embalažo z uporabo vakuumskih cevi (slika 3). Izdelek se med ustvarjanjem oziroma s pomočjo vakuma vnaša v embalažo, kar omogoča polnjenje z minimalnimi zračnimi mehurčki (Types of Filling Machines in the Food and Beverage Industry 1, 2023).



Slika 3: Vakuumska polnilka

VIR: (<https://kompo.com/produkciya/equipment/vacuum-fillers/>)

Polnjenje s pomočjo tehtanja: Pri tem sistemu se izdelek polni na podlagi teže (slika 4). Merilna naprava določa ustrezno količino izdelka, ki ga nato dozira v embalažo. Uporablja se pri polnjenju izdelkov, kjer je pomembno natančno obvladovanje količine, kot so slaščice, oreščki in drugi majhni izdelki (Naylor, 2022).



Slika 4: Tehtalna polnilka

VIR: (<https://www.accutekpackaging.com/packaging-solutions/filling-solutions/powder-and-dry-product-filling-solutions/powders-and-dry-products-0/vibratory-weigh-filler/>)

Aseptično polnjenje: Omogoča polnjenje sterilnih izdelkov, kar je ključno pri proizvodnji dolgoročno obstojnih živil. Aseptično polnjenje je napreden proces, s katerim se podaljša rok trajanja izdelkov brez uporabe konzervansov ali neželene toplotne obdelave. Proces je zasnovan tako, da zagotavlja sterilnost tako pakiranega izdelka kot embalaže (slika 5) (Aseptic Manufacturing & Sterile Fill-Finish, b. d.).



Slika 5: Aseptična polnilka

VIR: (<https://tropicalfood.net/en/aseptic-filler-ea-2c-sb/>)

3.1.2 Vrste polnilk glede na fazo snovi - viskoznost

Glede na viskoznost oziroma fazo snovi, ki jo je treba polniti, obstajajo različne vrste sistemov polnjenja, ki se uporabljajo v živilski industriji. Nekatere pogostejše oblike, glede na to kakšna snov se polni, vključujejo:

Polnilke za tekoče izdelke: Te polnilke se uporabljajo za polnjenje širokega spektra tekočih snovi, kot so voda, sokovi, mleko, olje, omake in drugi podobni izdelki. Primeri takšnih polnilk vključujejo gravitacijske polnilke, volumetrične polnilke, tlačne polnilke, prav tako pa tudi tehtalne polnilke, ki so prilagojene za polnjenje tekočin. Uporabljajo različne tehnike, kot so gravitacija, servo, tlačno gnani bati, vakum ali peristaltične črpalke, da zagotovijo natančno polnjenje brez razlitja.

Polnilke za goste izdelke: Za goste ali viskozne izdelke, kot so kreme, pudingi, paste, džemi in drugi podobni izdelki, se uporabljajo posebne polnilke. To so pogosto polnilke, ki omogočajo natančno doziranje in polnjenje gostih izdelkov, pri čemer se uporabljajo metode, kot so volumetrično polnjenje, potiskanje izdelka z zamaškom, tlačno polnjenje ali drugi sistemi, ki zagotavljajo ravnotežje med gostoto izdelka in njegovim pretokom.

Polnilke za gazirane pijače: Za polnjenje gaziranih pijač, kot so gazirane vode, brezalkoholne pijače in peneči napitki, se pogosto uporabljajo posebni polnilni sistemi, imenovani "kombinirane polnilke". Te polnilke omogočajo, da se izdelek polni v posode pod kontroliranim pritiskom in hkrati ohranja želeni nivo ogljikovega dioksida za ohranjanje mehurčkov.

Polnilke za praškaste izdelke: Ti stroji polnijo praškaste izdelke, kot so začimbe, moka ali prehranska dopolnila. Največkrat delujejo na osnovi doziranja s polžem ali pa imajo druge volumetrične oblike polnilnega sistema, kateri zagotavlja, da se v vsako embalažo razprši prava količina prahu.

Polnilke za trde izdelke: Idealne za majhne, posamične predmete, kot so tablete, bonboni ali semena, in ostale trde izdelke. Ti stroji uporabljajo vibracijske mize, senzorje za štetje in doziranje določenega števila predmetov v vsako embalažo.

Polnilke za pastozne in delno trdne izdelke: Nekateri izdelki, kot so maslo, margarina, kreme za kolače, čokoladni namazi in drugi podobni izdelki, se polnijo s posebnimi polnilnimi sistemi za pastozne izdelke. Te polnilke običajno uporabljajo različne tehnike, kot so polnjenje s potiskanjem izdelka, polnjenje s sesanjem, polnjenje z dozirnimi valji ali drugi načini, ki omogočajo zahtevano količino doziranja.

3.1.3 Vrste polnilk za snovi v mesno predelovalnih izdelkih

Polnilke za snovi na osnovi mesa spadajo v kategorijo polnilk za goste ali pastozne izdelke. Te snovi imajo visoko viskoznost, zato je potrebno uporabiti posebne polnilke, ki so zasnovane za polnjenje takšnih snovi. Poglavitna lastnost, ki jo morajo imeti polnilke za predelano meso je enakomerna porazdelitev polnjenja.

Polnilke za predelano meso bi lahko razdelili glede na način delovanja;

Ročne polnilke: Ročne polnilke so preproste naprave, ki omogočajo ročno polnjenje (slika 6). Delujejo na osnovi preprostega mehanskega principa, ki zahteva fizični napor uporabnika. Delujejo po principu ročnega stiskanja. Ročne polnilke so primerne za manjše obrate ali domačo uporabo, saj omogočajo enostavno uporabo in so cenovno dostopne. Vendar pa zahtevajo več fizičnega dela uporabnika in so precej manj zmogljive v primerjavi z avtomatskimi ali polavtomatskimi polnilkami.



Slika 6: Različna modela ročne polnilke za predelano meso

VIR: (<https://www.agro-clair.si/izdelek/rocna-polnilka-za-klobase/>)

Polavtomatske polnilke: Polavtomatske polnilke so manj avtomatizirane kot popolnoma avtomatski sistemi, delujejo pa na podoben način (slika 7). Uporabnik jih še vedno delno upravlja ročno, omogočajo pa večjo učinkovitost kot pri ročnem polnjenju. Polavtomatske polnilke omogočajo uporabniku več nadzora nad samim postopkom polnjenja in so običajno manj kompleksne ter cenejše od povsem avtomatskih sistemov. To je še posebej pomembno za manjše obrate, kjer je potrebna prilagodljivost in ni potrebna visoka produktivnost ter visoka stopnja avtomatizacije. Te naprave imajo običajno mehansko delovanje in nekaj dodatnih funkcij (elektronskih, pnevmatskih, hidravličnih), običajno so manj zmogljive od avtomatskih polnilk in zato primernejše za manjše proizvodne obrate ali obrtnike.



Slika 7: Polavtomatska hidravlična polnilka

VIR: (<https://boss catering equipment.co.za/product/hydraulic-sausage-filler-sf260/>)

Avtomatske polnilke: Delovanje avtomatskih polnilk je zasnovano na naprednih mehanskih in elektronskih sistemih. Te polnilke omogočajo hitro in natančno polnjenje z mesno maso ali drugimi sestavinami. Avtomatizacija procesa omogoča hitro, natančno in ekonomično proizvodnjo visokokakovostnih in ponovljivih izdelkov (slika 8). Avtomatske polnilke so zelo prilagodljive in omogočajo enostavno prilagajanje glede na različne vrste izdelka, velikosti in polnilne parametre. Prednosti avtomatskih polnilk vključujejo visoko stopnjo avtomatizacije, natančnost doziranja, večjo hitrost proizvodnje ter manjšo odvisnost od ročnega dela. To omogoča hitro in učinkovito proizvodnjo v večjih količinah. Namenjene so industrijski rabi, za večje obsege polnjenj.



Slika 8: Avtomatska polnilka za klobase

VIR: (Sausage Making Machine, b. d.)

Razdelimo pa jih lahko tudi glede na način polnjenja izdelka;

Ročno polnjenje: Operater ročno stiska ali vnaša mesno maso, s pomočjo preproste mehanske ročne polnilke. To je najbolj osnovna oblika polnjenja, ki je najpogostejša oblika za lastno uporabo in še vedno precej razširjena oblika v mikro in nekoliko manj v manjših obratih.

Električno polnjenje: Električne polnilke so opremljene z električnim pogonom, ki olajša stiskanje in doziranje mesne mase. Ta vrsta pogona ponuja večjo učinkovitost v primerjavi s popolnoma ročnim polnjenjem. Hkrati pa uporabnika razbremeni fizičnega napora.

Hidravlično polnjenje: Hidravlične polnilke uporabljajo hidravlični sistem za potiskanje, doziranje mesne mase. Ta pogon omogoča močnejše in bolj stabilno polnjenje, kar je koristno pri bolj kompaktnih masah in večjih proizvodnih kapacitetah.

Pnevmatsko polnjenje: Pnevmatске polnilke uporabljajo stisnjen zrak za delovanje, kar omogoča nadzorovano stiskanje in doziranje. Delujejo podobno kot hidravlične polnilke, pod pogojem, da imamo možnost dostopa do komprimiranega zraka.

Vijačno polnjenje: Uporablja se vijačni mehanizem (polž) za potiskanje izdelka (slika 9). To je pogosta vrsta pogona v avtomatskih in polavtomatskih polnilkah, saj hitrost in natančnost vijačnega polnjenja omogočata učinkovito in zanesljivo polnjenje predvsem na proizvodnih linijah.



Slika 9: Primer polnilke z vijačnim polnjenjem

VIR: (Powder filling: semi-automatic auger fillers, b. d.)

Peristaltično polnjenje: Peristaltične polnilke temeljijo na peristaltičnem gibanju ali stiskanju cevi, ki prenaša polnilni medij (slika 10). Vijačni mehanizem ali rotor stiska cev v točno določenem zaporedju, kar ustvarja premikajočo se stiskajočo cono. Ko cev stisnemo, se tekočina potiska naprej, kar omogoča natančno doziranje v embalažo.

Peristaltične polnilke so pogosto uporabljene za polnjenje izdelkov, kjer je potrebno natančno doziranje in minimalna kontaminacija izdelka in sistema (Persiltatic Filling Machines, b. d.).



Slika 10: Peristaltična polnilka

VIR: (Automatic Peristaltic Fillers, b. d.)

3.2 Prednosti in slabosti različnih polnilnih sistemov

Vsak polnilni sistem ima svoje prednosti in slabosti, odvisno od specifičnih potreb in zahtev proizvodnje ter vrste izdelkov, ki jih polnimo. Spodaj so navedene nekatere splošne prednosti in slabosti različnih polnilnih sistemov.

Gravitacijsko polnjenje:

Prednosti:

- preprosta zasnova; gravitacijski polnilni sistemi so pogosto preprosti in manj občutljivi na okvare,
- nizki stroški vzdrževanja; zaradi enostavnosti so stroški vzdrževanja običajno nižji,
- primerno za tekoče izdelke; učinkovito se uporablja za polnjenje tekočin brez trdnih delcev,
- ni potrebe po dodatni energiji.

Slabosti:

- ni primerno za goste izdelke; slabše deluje pri polnjenju gostih ali viskoznih snovi,
- manj natančno; v primerjavi z nekaterimi drugimi sistemi je manj natančno pri doziranju majhnih količin,

- ni primerno za polnjenje pod pritiskom; ne more doseči visokih pritiskov, kar je potrebno pri nekaterih izdelkih,
- omejena hitrost polnjenja; hitrost polnjenja je lahko v primerjavi z nekaterimi drugimi sistemi nižja.

Tlačno polnjenje:

Prednosti:

- učinkovito za gazirane izdelke; odlično se obnese pri polnjenju gaziranih pijač in drugih izdelkov, ki zahtevajo določen pritisk,
- hitro polnjenje; lahko doseže visoke hitrosti polnjenja zaradi uporabe tlačnega sistema,
- manjša izpostavljenost zraku; pritisk zmanjšuje možnost oksidacije izdelkov,
- prilagodljivost; lahko se prilagodi različnim velikostim in vrstam embalaže.

Slabosti:

- višji stroški vzdrževanja; zahteva redno vzdrževanje tlačnih sistemov,
- omejeno za nizkotlačne izdelke; ni vedno najboljša izbira za izdelke, ki ne zahtevajo visokega tlaka,
- zahteva stalen dotok plina; odvisen je od zanesljivosti oskrbe s stisnjenim zrakom ali drugim plinom,
- ni primerno za občutljive izdelke; neustrezno ravnanje s pritiskom lahko poškoduje nekatere občutljive izdelke.

Vakuumsko polnjenje:

Prednosti:

- podaljšan rok trajanja; omogoča polnjenje pod vakuumom, kar zmanjšuje oksidacijo in podaljšuje rok trajanja izdelkom,
- manjše število zračnih mehurčkov; zagotavlja manjše število zračnih mehurčkov v izdelku, kar izboljšuje videz in kakovost,
- primerno je za občutljive izdelke; uporabno pri polnjenju občutljivih snovi,

- natančno doziranje; omogoča natančno doziranje izdelka.

Slabosti:

- višji stroški opreme; oprema za vakuumsko polnjenje je lahko dražja v primerjavi z drugimi sistemi,
- omejena hitrost polnjenja; hitrost polnjenja je lahko nekoliko nižja, zaradi potrebe po ustvarjanju vakuumskih pogojev,
- zahteva natančno nastavitvev; da se prepreči deformacija embalaže in izdelka zaradi vakuumskih pogojev je potrebno natančno nastaviti nastavitve,
- ni primerno za vse izdelke; neustrezno je za snovi z velikimi trdnimi delci ali z visoko viskoznostjo.

Polnjenje s pomočjo tehtanja:

Prednosti:

- natančno doziranje; omogoča visoko natančno doziranje glede na težo,
- prilagodljivost; prilagodi se različnim zahtevam glede velikosti in teže pakiranja,
- učinkovito za majhne količine polnjenj,

Slabosti:

- ni najhitrejši sistem; hitrost polnjenja je lahko nižja v primerjavi z ostalimi sistemi,
- občutljiv na spremembo gostote izdelka; sprememba gostote izdelka lahko vpliva na natančnost doziranja,
- zahteva natančno kalibracijo tehtnice; potrebuje precizno kalibracijo za zagotovitev natančnosti.

Aseptično polnjenje:

Prednosti:

- podaljšan rok trajanja; zagotavlja podaljšanje roka trajanja izdelkov, saj preprečuje kontaminacijo,

- ohranjanje hranilne vrednosti; omogoča ohranjanje hranilne vrednosti in kakovosti izdelkov brez potrebe po konzervansih,
- primerno za tekoče izdelke; uporabno pri polnjenju tekočih izdelkov, kjer je ključna sterilnost,
- zmanjšanje tveganja za alergene; zmanjšuje tveganje za vnos alergenov zaradi strogih aseptičnih pogojev.

Slabosti:

- višji stroški opreme; oprema za aseptično polnjenje je običajno dražja,
- zahteva visoke standarde higiene; zahteva strogo upoštevanje higienskih standardov v proizvodnem okolju,
- kompleksnost procesa; postopek je lahko bolj kompleksen in zahteva posebej usposobljeno osebje,
- omejeno za nekatere vrste izdelkov; ni vedno najboljša izbira za izdelke s trdimi delci ali tistimi, ki ne prenesejo aseptičnih pogojev.

3.3 Zahteve manjših proizvodnih obratov

Za manjši proizvodni obrat, ki se ukvarja s polnjenjem izdelkov iz mesa, je pomembno, da polnilka zadovolji specifične potrebe in izzive, ki se pojavljajo pri predelavi mesa. Spodaj smo navedli nekatere potencialne zahteve za polnilko mesne mase v manjšem obratu.

- A. HIGIENA IN ČIŠČENJE: Polnilka mora biti zasnovana tako, da omogoča enostavno čiščenje in vzdrževanje higienskih standardov. Materiali, uporabljeni za polnilko, morajo biti odporni na korozijo in enostavni za čiščenje.
- B. NATANČNOST DOZIRANJA: Pomembno je, da polnilka omogoča natančno doziranje izdelka. To je ključno za zagotavljanje enakomerne kakovosti izdelkov in izpolnjevanje določenih standardov glede mase in embalaže.

- C. PRILAGODLJIVOST: Polnilka mora biti prilagodljiva glede različnih viskoznosti polnilnega medija in vrste embalaže.
- D. VZDRŽLJIVOST IN ZANESLJIVOST: Polnilka mora biti zanesljiva ter vzdržljiva, da lahko opravlja svoje funkcije brez večjih zastojev ali okvar. To je še posebej pomembno v manjših obratih, kjer morda ni rezervne opreme, hkrati pa velja tudi, da stroški pogostih popravil niso zanemarljiv faktor.
- E. ERGONOMIJA: Upoštevati je treba ergonomske vidike, zlasti če so operaterji vključeni v postopek. Naprava naj bo enostavna in priročna za uporabo.
- F. ENOSTAVNA NASTAVITEV: Polnilka mora omogočati enostavno prilagajanje parametrov glede na potrebe proizvodnje. To vključuje hitre in enostavne spremembe glede na različne polnilne mase ali pakiranja.
- G. OHRANJANJE KAKOVOSTI: Polnilka mora zagotavljati, da se med postopkom polnjenja ohranja kakovost mesa, vključno s svežino, teksturo in higieno.
- H. SKLADNOST Z REGULATIVAMI: Pomembno je, da polnilka izpolnjuje vse regulativne zahteve v zvezi z varnostjo hrane, higienskimi standardi in drugimi predpisi, ki veljajo za živilsko industrijo.
- I. PRILAGODLJIVOST ZMOGLJIVOSTI: Polnilka naj omogoča prilagodljivost zmogljivosti, da lahko manjši obrat učinkovito upravlja s spremenljivimi količinami proizvodnje.
- J. TRAJNOST IN VARNOST: Materiali in komponente polnilke naj bodo trajni in varni za stik z živali. Hkrati pa mora biti polnilka varna za uporabnika.

3.4 Finančne omejitve

Finančne omejitve za nakup in vzdrževanje polnilke za izdelke iz mesne mase v manjšem obratu so odvisne od različnih dejavnikov, vključno s proračunom obrata, vrsto polnilke, ki jo potrebujejo ter dodatnimi stroški, povezanimi s postavitvijo in vzdrževanjem opreme. Spodaj so nekatere finančne omejitve, ki jih je potrebno upoštevati.

- A. CENA POLNILKE: Prva in očitna finančna omejitev je cena same polnilke. Različne vrste polnilk imajo različne nabavne stroške, odvisno od njihovih funkcionalnosti, zmogljivosti in tehnoloških značilnosti. Manjše obrate lahko pri nakupu nove opreme omejuje proračun, ki je temu namenjen.
- B. STROŠKI NAMESTITVE: Poleg cene polnilke je treba upoštevati tudi stroške namestitve. To vključuje stroške dostave, postavitve, prilagoditve obrata, elektro in strojne priključke ter v skrajnem primeru celo morebitne gradbene prilagoditve.
- C. OPERATIVNI STROŠKI: Vzdrževanje, servisiranje in morebitni popravki polnilke prinašajo operativne stroške. Finančne omejitve se pojavijo pri vzdrževanju opreme, nabavi nadomestnih delov ter plačevanju usposobljenega osebja za vzdrževanje.
- D. USPOSABLJANJE OSEBJA: Usposabljanje operaterjev za pravilno uporabo in vzdrževanje polnilke lahko predstavlja dodaten strošek. Finančne omejitve lahko vplivajo na to kako intenzivno in pogosto je mogoče izvajati usposabljanje.
- E. ENERGIJSKI STROŠKI: Pogosto se spregledajo energijski stroški, ki so povezani z delovanjem strojev in naprav. To vključuje stroške električne energije ter ostalih energentov, ki so potrebni za delovanje stroja, kar lahko vpliva na celotne operativne stroške obrata.
- F. NEPRIČAKOVANI STROŠKI: Nepredvideni stroški, kot so popravki, nadgradnje, zastoji, izredna popravila in morebitni dodatni stroški, ki se lahko pojavijo med uporabo polnilke, lahko prav tako predstavljajo finančne omejitve.

- G. UČINKOVITOST IN PRODUKTIVNOST: Oceniti je potrebno tudi kako učinkovita in produktivna je polnilka in ali bo polnilka povečala proizvodnjo in zmanjšala čas polnjenja, saj se lahko to odrazi v boljši ekonomski uspešnosti podjetja.

Pred nakupom polnilke je ključno skrbno oceniti vse finančne vidike ter upoštevati ne le stroške same opreme temveč tudi vse povezane stroške, ki se lahko pojavijo v življenjskem ciklu opreme. To pomaga pri zagotavljanju, da se oprema sklada s proračunom obrata, hkrati pa čimbolj minimaliziramo nepričakovane stroške.

3.5 Prostorske omejitve

Prostorske omejitve za postavitve polnilke v manjšem obratu so lahko pomembne, saj je razpoložljiv prostor v obratu največkrat omejen. Tukaj so navedene nekatere prostorske omejitve, ki jih velja upoštevati.

- A. VELIKOST POLNILKE: Fizične dimenzije polnilke so ključne pri oceni ali bo oprema ustrezala razpoložljivemu prostoru. Velikost polnilke, vključno s širino, dolžino in višino, mora biti usklajena s prostorskimi omejitvami obrata.
- B. POTREBNA POSTAVITEV: Polnilke pogosto zahtevajo določeno postavitve za optimalno delovanje. Upoštevati je potrebno, ali potrebujemo dodatne pripomočke ali naprave, ki lahko zahtevajo dodaten prostor.
- C. PROSTOR ZA MANIPULACIJO, MANIPULACIJO Z EMBALAŽO IN GOTOVIMI IZDELKI: Zagotoviti je potrebno tudi prostor za manipulacijo, hkrati pa tudi prostor za manipulacijo z embalažo in gotovimi izdelki, kot so prostori za skladiščenje ter prostor za končno pakiranje.
- D. PROSTORI ZA VZDRŽEVANJE IN POPRAVILA: Potrebno je predvideti tudi prostor za vzdrževanje in morebitna popravila, predvsem kadar imamo večje stroje in naprave. Dostop do ključnih delov opreme je pomemben za učinkovito vzdrževanje.

- E. ERGONOMSKE ZAHTEVE: Upoštevati je potrebno tudi ergonomske vidike prostora, še posebej, če so operaterji vključeni v postopek. Prostor mora omogočati enostaven dostop do opreme in izdelkov ter ustrezno razporeditev delovnih postaj.
- F. IZVEDBA ELEKTRO IN STROJNIH INSTALACIJ: Predvideti je potrebno prostor za elektroinštalacije in ostale potrebne strojne priključke, ki so potrebni za delovanje polnilke. To vključuje tudi ustrezno načrtovanje zahtevanih napeljav.
- G. SKUPNA LOGISTIKA PROIZVODNJE: Prostor mora biti optimiziran za celotno logistiko proizvodnje, vključno s pretokom surovin, proizvodnjo, polnjenjem, embaliranjem in skladiščenjem končnih izdelkov.
- H. PRILAGODLJIVOST PROSTORA: Pomembno je razmišljati tudi o prilagodljivosti prostora za morebitne spremembe v proizvodnji ali dodatno opremo v prihodnosti.

Za postavitev polnilke je treba torej skrbno načrtovati prostor in ga prilagoditi specifičnim potrebam proizvodnje. To vključuje skrbno analizo prostorskih omejitev in prilagodljivosti, da se doseže učinkovita postavitev opreme.

4 DIGITALIZACIJA V PROCESU KONSTRUKCIJSKE ZASNOVE

4.1 Uvod v digitalizacijo

Digitalizacija igra ključno vlogo v sodobnem procesu konstrukcijske zasnove, ki omogoča prehod od tradicionalnih analognih pristopov k bolj učinkovitim in inovativnim rešitvam. S pomočjo računalniško podprtega načrtovanja (CAD) se konstruktorji lahko poslužujejo digitalnih orodij za ustvarjanje natančnih 3D-modelov, kar omogoča hitrejša in bolj prilagodljivo oblikovanje. Digitalizacija pa ne pomeni le prehoda na elektronske načrte, temveč tudi uporabo simulacij in virtualnega testiranja, ki omogočajo natančno preverjanje trdnosti, obnašanja materialov ter druge funkcionalnosti brez potrebe po fizičnih prototipih. S topološko optimizacijo in analizo obnašanja materiala pa se dosežejo izboljšave v učinkovitosti konstrukcije. Uporaba digitalnih orodij pri konstrukcijski zasnovi prinaša ne samo večjo natančnost in hitrost, temveč tudi možnost sistematičnega raziskovanja različnih variant, kar vodi v bolj inovativne in konkurenčne izdelke na trgu. Digitalizacija tako oblikuje sodoben pristop k konstrukcijskemu načrtovanju, ki omogoča boljše izdelke, zmanjšuje stroške in povečuje konkurenčnost podjetij (Digitalizacija je steber, na katerem sloni gospodarstvo, 2023).

Digitalizacija nam omogoča integracijo digitalnih tehnologij v različna področja družbe in gospodarstva. Gre za uporabo digitalnih tehnologij, kot so računalniki, senzorji, avtomatizacija ter robotika in v zadnjem času tudi umetna inteligenca. Na področju strojništva lahko opazimo, kako digitalizacija omogoča avtomatizacijo proizvodnih procesov, sledenje in analizo podatkov v realnem času ter optimizacijo delovanja naprav. S tem se ustvarja potencial za kreiranje naprednih in pametnih rešitev v industriji. Digitalizacija tako odpira vrata novim priložnostim ter oblikuje sodobno, tehnološko napredno družbo (Gorenšek, 2019).

Seveda pa se pri digitalizaciji soočamo tudi z nekaterimi izzivi in omejitvami. Kljub temu pa se moramo v primeru ne uvedbe zavedati, da lahko pride do nezmožnosti sledenja napredku konkurence ali težav pri doseganju tržnih pričakovanj.

Precejšen del obstoječe proizvodne infrastrukture je še precej tog, z zastarelimi sistemi, kar je velika ovira digitalizacije, saj je infrastruktura nefleksibilna in nezdružljiva z naprednimi tehnologijami.

Problem pa nastane tudi pri različni hitrosti razvoja in zastaranju opreme. Tehnologija napreduje veliko hitreje kot tradicionalna proizvodna oprema, pričakovana življenjska doba opreme znaša približno 10 let, predvidena doba zastaranja pa od 3 do 5 let.

Največji izziv digitalizacije v industriji pa je vsekakor pomanjkanje ustreznega znanja. Poznamo različne pristope za odpravljanje težav, ki so pogojeni z znanjem. Največ lahko k temu doprinesemo z rednimi internimi tečaji in delavnicami, hkrati pa tudi z izobraževanjem s strani zunanjih strokovnjakov.

4.2 Uporaba CAD orodij za hitrejše prototipiranje

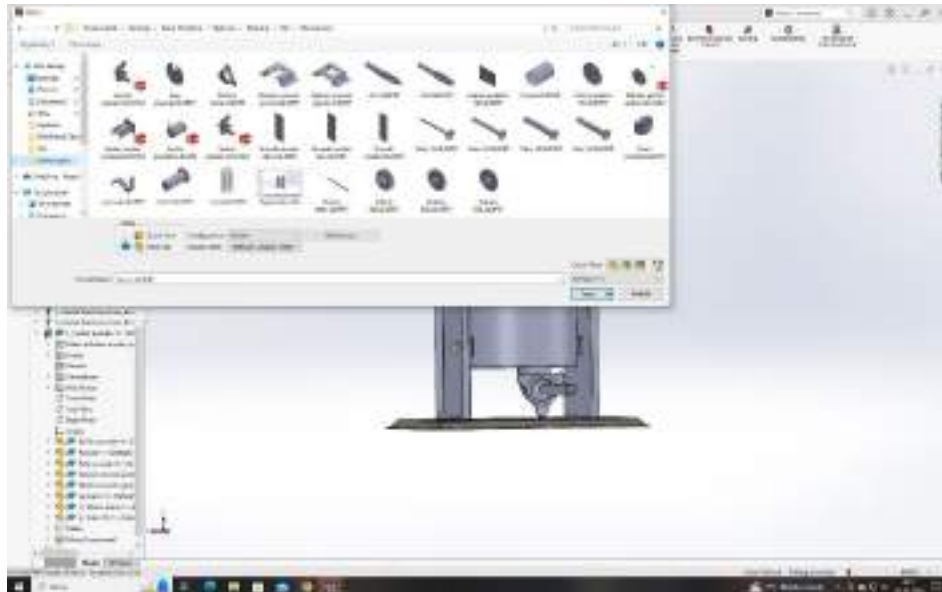
Uporaba CAD orodij za hitrejše prototipiranje predstavlja ključen korak v sodobnem inženirstvu. CAD omogoča inženirjem, oblikovalcem in drugim strokovnjakom ustvarjanje natančnih digitalnih modelov izdelkov ali komponent, kar pospešuje celoten razvojni proces.

Ena od ključnih prednosti uporabe CAD orodij je možnost hitrega oblikovanja. Inženirji lahko enostavno spreminjajo parametre modela, testirajo različne variacije ter takoj vidijo rezultate. To zmanjšuje čas, ki bi ga sicer porabili za ročno risanje ali izdelavo fizičnih prototipov, kar pomeni hitrejši razvoj izdelka.

Poleg tega CAD omogoča tudi lažje sodelovanje med različnimi oddelki in strokovnjaki, saj lahko vsi dostopajo do istega digitalnega modela. To prispeva k boljši komunikaciji in usklajevanju med ekipami, kar je ključnega pomena pri kompleksnih projektih.

Pri strojniških aplikacijah CAD orodja omogočajo tudi analizo konstrukcije, simulacije obnašanja materialov ter preverjanje združljivosti in montaže. S tem se izognemo morebitnim napakam v fazi prototipiranja in kasnejšim popravkom, kar dodatno prispeva k hitrejšemu razvoju in manjšim stroškom proizvodnje.

Pri razvoju izdelka se uporaba CAD orodij (slika 11) šteje za ključno orodje pri doseganju inovacij ter optimizaciji razvojnih procesov na področju inženirstva in oblikovanja.



Slika 11: Izdelava delov polnilke s pomočjo CAD programa SolidWorks

VIR: (Lasten)

4.2.1 Simulacije in virtualno testiranje

Uporaba simulacij in virtualnega testiranja s pomočjo CAD programov predstavlja ključen mejnik v razvoju novega izdelka, saj omogoča inženirjem celovito razumevanje in analizo njegovega obnašanja še pred fizično izdelavo prototipov. To zmanjšuje stroške, skrajšuje čas razvoja ter izboljšuje končno kakovost izdelka.

S pomočjo CAD simulacij je mogoče preizkusiti različne scenarije obremenitev, temperature, tlaka in drugih dejavnikov, kar omogoča natančno oceno trdnosti, trajnosti in splošne zmogljivosti izdelka. Virtualno testiranje posnema realne pogoje delovanja, kar omogoča identifikacijo potencialnih težav že v zgodnjih fazah razvoja.

Ena od ključnih lastnosti simulacij v CAD okolju je tudi optimizacija oblikovanja. Inženirji lahko hitro preizkušajo različne koncepte, materiale in konstrukcijske rešitve, pri tem pa spremljajo kako se spremembe odražajo na končnih rezultatih. To vodi k učinkovitejšemu oblikovanju in zmanjšanju potrebe po dolgotrajnih in dražjih popravkih kasneje v razvojnem procesu.

S pomočjo simulacij je mogoče tudi napovedati obnašanje izdelka v različnih pogojih uporabe, kar je ključnega pomena pri načrtovanju zahtevnih in specializiranih izdelkov. Virtualno testiranje omogoča boljšo prilagodljivost in hitrejši odziv na spremembe zahtev naročnikov ali trga, kar povečuje konkurenčnost podjetja.

S skrbno uporabo simulacij in virtualnega testiranja v CAD okolju so inženirji zmožni ustvariti boljše, bolj zanesljive in inovativne izdelke, pri čemer hkrati optimizirajo časovne in finančne vire. To postavlja simulacije v ospredje razvoja sodobne inženirske prakse.

4.2.2 Optimizacija dizajna z uporabo digitalnih orodij

Vključitev optimizacije dizajna z uporabo digitalnih orodij lahko še dodatno izboljša proces razvoja. Z integracijo teh optimizacijskih pristopov v postopek izdelave polnilke lahko ustvarimo bolj učinkovite, trdne in inovativne izdelke z manjšimi stroški in krajšim razvojnim časom. Digitalna orodja, kot je SolidWorks (2024), nam nudijo širok nabor možnosti za takšno napredno optimizacijo dizajna.

V kolikor povzamemo konkreten primer optimizacije dizajna pri izdelavi polnilke, lahko le to razdelimo v pet podskupin.

Parametrična optimizacija: Z uporabo CAD orodja lahko prilagodimo ključne parametre polnilke, kot so dimenzije, oblika in razporeditev komponent. Ob spreminjanju parametrov hkrati preverjamo kako se to odraža na učinkovitosti polnilke, hitrosti polnjenja ter kompatibilnosti z ostalimi napravami.

Topološka optimizacija: Digitalno orodje samodejno, na osnovi lastnih logaritmov, prilagodi obliko za doseganje optimalne porazdelitve materiala.

To lahko vključuje odstranitev nepotrebnega materiala, kar zmanjšuje težo polnilke ter hkrati ohranja njeno trdnost in funkcionalnost.

Topološka optimizacija se najpogosteje uporablja v inženiringu, zlasti pri oblikovanju lahkih, trdnih in učinkovitih struktur, kot so nosilci, okvirji, plastična ohišja in druge komponente.

Simulacije in analize: Izvajamo simulacije delovanja polnilke pod različnimi pogoji, na primer ob različnih napetostih, tokovih polnjenja, temperaturi, polnilni masi, viskoznosti itd.

Kasneje analiziramo rezultate simulacij, da preverimo ali polnilka deluje optimalno in ali izpolnjuje vse podane zahteve.

Raziskovanje materialov: Preučimo različne materiale, ki bi se lahko uporabili za izdelavo polnilke. Raziskujemo njihove termične, kemične in fizikalne lastnosti, trajnost in navsezadnje možnost recikliranja.

Glavni cilj je seveda v prvi vrsti izbrati materiale, ki bodo pripomogli k boljši učinkovitosti in trajnosti polnilke.

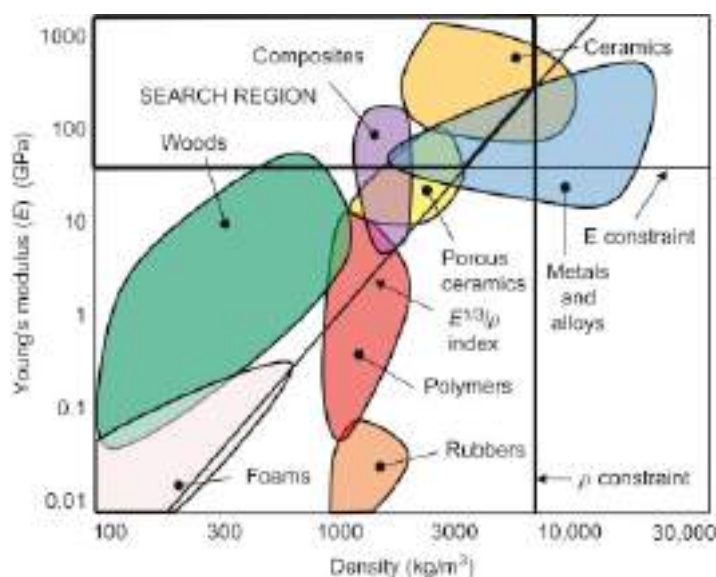
Večkriterijska optimizacija: Upoštevamo več različnih kriterijev hkrati, kot so hitrost polnjenja, teža, cena proizvodnje, trajnost, varnost, kapaciteta itd., da dosežemo optimalen dizajn polnilke, ki bo zadovoljil različne potrebe in zahteve.

S pomočjo virtualnih prototipov lahko hitro preizkusimo različne koncepte in oblikovne spremembe, brez fizičnega izdelovanja vsakega prototipa posebej. Tako lahko optimiziramo obliko in funkcionalnost polnilke že v zgodnjih fazah razvoja.

5 IZBIRA IZDELOVALNIH TEHNOLOGIJ IN POSTOPKOV ZA IZDELAVO POLNILKE

5.1 Izbira materialov

Poznamo različne metode izbire materialov, pri katerih se velikokrat poslužujemo raznih diagramov, ki nam olajšajo izbor. Eden izmed bolj prepoznanih in uporabljenih diagramov je tako imenovan Ashbyev diagram ali graf materialnih lastnosti (slika 12). Običajno vključuje dva parametra materiala na osi x in y, na primer gostoto in trdnost, ter prikazuje območje, v katerem se nahajajo določeni materiali. Prikazuje odnose med različnimi lastnostmi materialov in nam omogoča, da hitro primerjamo in ocenimo različne materiale ter jih izberemo glede na naše potrebe (Jahan, Edwards in Bahraminasab, 2016).



Slika 12: Ashbyev diagram lastnosti materialov

VIR: (Jahan, Edwards in Bahraminasab, 2016)

Pri izbiri materiala za izdelavo polnilke je bilo ključno upoštevati več dejavnikov, ki vplivajo na učinkovitost, higienske standarde in trajnost naprave. Kot prvi korak smo določili specifične zahteve in funkcionalnosti polnilke, na primer obseg polnjenja, vrste polnil in morebitne posebne zahteve za čiščenje in vzdrževanje. Zato smo se poslužili nekoliko preprostejšega diagrama, prilagojenega našim zahtevam, kot je prikazano na sliki 13.

A. Higijenske lastnosti

Material je moral izpolnjevati visoke higijenske standarde, saj se polnilka uporablja pri predelavi mesa (Batagelj, 2011).

B. Trdnost in vzdržljivost

Material je moral imeti zadostno trdnost in vzdržljivost za obvladovanje obremenitev in obrabe med obratovanjem (Preizkušanje materiala, b. d.).

C. Odpornost na korozijo

Zaradi stika z vlažnimi in kislimi živili je pomembno, da je bil material odporen na korozijo (Preizkušanje materiala, b. d.).

D. Odpornost na kemične sredine

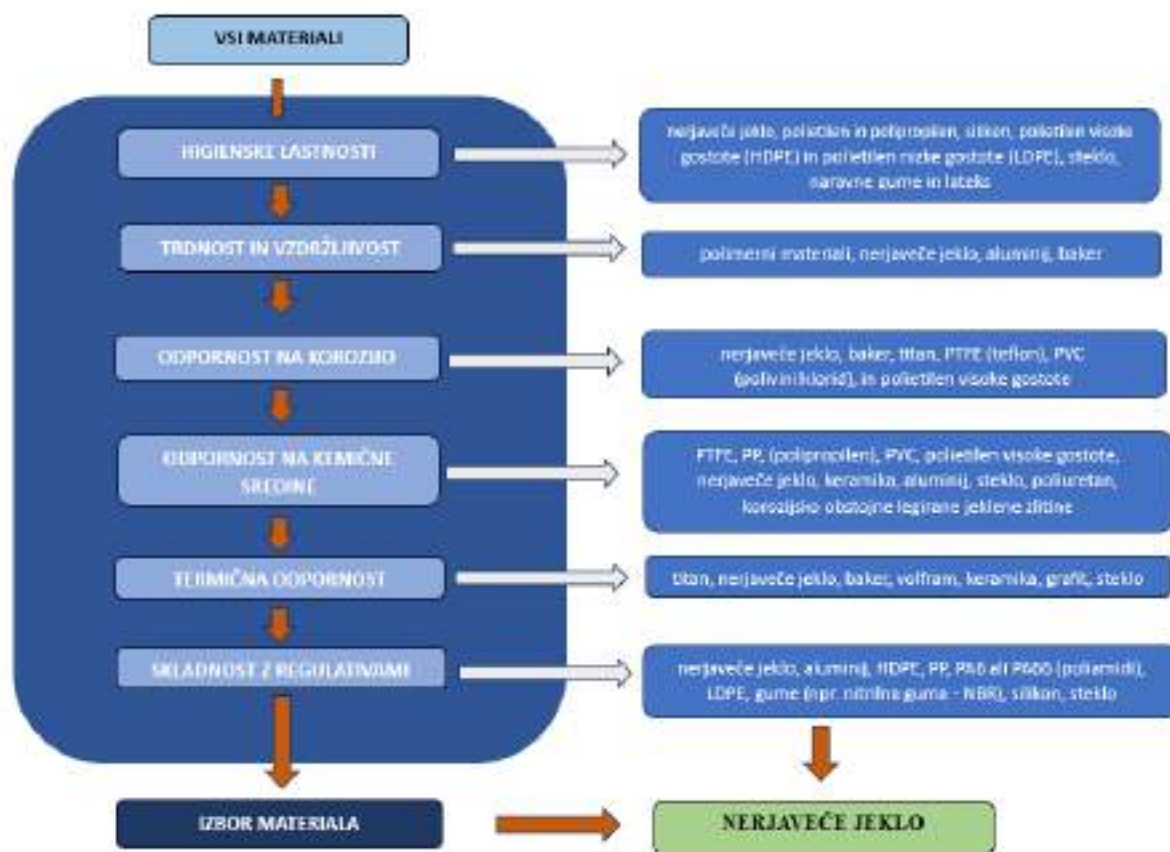
Material je moral biti odporen na morebitne kemične sestavine, ki se uporabljajo pri čiščenju in razkuževanju polnilke (Preizkušanje materiala, b. d.).

E. Termična odpornost

Glede na to, da lahko pri obdelavi mesa pride do različnih temperaturnih pogojev, je pomembno, da je bil material termično odporen in je ohranjal svoje lastnosti pri različnih temperaturah.

F. Skladnost z regulativami

Material je moral prav tako izpolnjevati vse regulativne standarde, ki veljajo v prehranski industriji (ISO 22000, b. d.; Obveznosti nosilcev živilske dejavnosti, 2023).



Slika 13: Potek izbire ustreznega materiala

VIR: (Lasten)

Glede na vse podane zahteve smo prišli do zaključka, da je najbolj primeren material za naš izdelek nerjaveče jeklo, katerega pa smo morali izbrati med različnimi razredi nerjavečega jekla (tabela 1) (Aalco Metals, 2023).

Tabela 1: Različne vrste nerjavečega jekla

VRSTE NERJAVEČEGA JEKLA	RAZREDI	LASTNOSTI	UPORABA
Avstenitno	303, 304, 316, 310 in 321	• Večinoma vsebuje krom in nikelj • Nemagnetno po žarenju • Odporno proti koroziji	• Posoda za kuhanje • Prehrabena oprema
Feritno	409 in 430	• Nizek delež niklja • Magnetno • Odporno proti koroziji • Stroškovno učinkovito	• Kuhinjski pripomočki • Izpušni sistemi • Peči
Dupleks	318L, LDX 2101, LDX 2304, 2507 in 4501	• Dvojna mikrostruktura, sestavljena iz feritnega in avstenitnega nerjavečega jekla • Boljša trdnost in duktilnost • Nizki stroški	• Cevi • Izmenjevalci toplote • Tlačne posode
Martenzitno	410 in 420	• Uporabno za aplikacije, ki zahtevajo višjo trdoto • Zmerna do dobra odpornost proti koroziji • Lahko se kali z toplotno obdelavo	• Jedilni pribor • Kirurški instrumenti • Industrijska rezila Škarje

VIR: (Lasten)

Glede na naše zahteve in lastnosti nerjavečih jekel, smo izbirali med dvema ožjima kandidatom, in sicer med AISI 304 (EU 1.4301) in AISI 316 (EU 1.4401), katerih glavne lastnosti pa smo povzeli v tabeli 2.

Tabela 2: Lastnosti nerjavečih jekel AISI 304 in AISI 316

	304	316
KEMIJSKA SESTAVA	17.5-19.5% kroma, 8-10.5% niklja, 2% mangana, 1% silikon, 0.11% dušika, 0.07% ogljika, 0.05% fosforja, 0.03% žvepla	povečana vsebnost niklja in molibdena
RAZLIKA V LASTNOSTIH	korozijsko odporno	boljša korozivna odpornost odpornost na kemikalije, slano vodo
SPOSOBNOST OBLIKOVANJA	dobra	zaradi vsebnosti molibdena nekoliko zmanjšana
CENA	cenejše	do 40% dražje

VIR: (Lasten)

Na podlagi teh meril smo se odločili primarno uporabiti nerjaveče jeklo tipa AISI 304 (ameriški standard) ali EN 1.4301 (evropski standard).

5.2 Uporaba naprednih tehnologij izdelave

Napredna tehnologija izdelave predstavlja revolucionarno področje, ki združuje inovativne metode, kot so 3D tiskanje, 3D skeniranje, avtomatizacija proizvodnje, robotika in umetna inteligenca, za ustvarjanje izjemno učinkovitih in natančnih proizvodnih procesov. S poudarkom na optimizaciji virov, zmanjšanju odpadkov in hitrejši proizvodnji. Tehnologija napredne izdelave spreminja način razmišljanja o proizvodnji in hkrati odpira vrata neomejenim možnostim za inovacije v številnih industrijah (Maltar, 2020).

5.2.1 Napredno 3D tiskanje

Uporaba 3D tiskanja omogoča izdelavo kompleksnih oblik in struktur, kar lahko prispeva k boljši funkcionalnosti in učinkovitosti. Na voljo za 3D tiskanje so nam različni materiali, kot so kovine, keramika in polimeri (Gogić, 2021).

3D tiskanje temelji na aditivni proizvodnji, in sicer gre za postopek izdelave tridimenzionalnih predmetov s plastenjem materiala po plasteh na podlagi digitalnega modela. Ta tehnologija se je izkazala za izjemno koristno pri izdelavi kompleksnih delov in prototipov. V primerjavi z obstoječimi tehnologijami nam nudi ogromno prednosti.

- A. OBLIKOVANJE BREZ OMEJITEV: 3D tiskanje omogoča izdelavo kompleksnih oblik, katere bi težko ali nemogoče dosegli z drugimi tradicionalnimi proizvodnimi metodami. To nam omogoča večjo svobodo pri ustvarjanju in optimizaciji delov.
- B. HITROST PROTOTIPIRANJA: Proces 3D tiskanja omogoča hitro izdelavo prototipov. To je zelo koristno pri razvoju kompleksnih delov, saj omogoča hitro preizkušanje in izboljšanje modelov brez potrebe po dragih orodjih ali dolgih čakalnih dobah.
- C. OPTIMIZACIJA MATERIALOV: 3D tiskanje omogoča uporabo različnih materialov, kar pomeni, da se lahko materiali izberejo glede na potrebe kompleksnega dela, kar prispeva k izboljšanju njegovih mehanskih lastnosti.

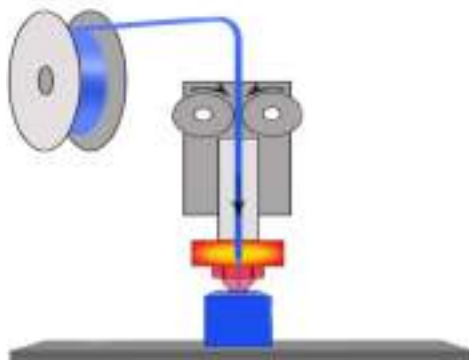
- D. NIZKI STROŠKI PRI MAJHNIH SERIJAH: 3D tiskanje je pogosto stroškovno učinkovito za izdelavo majhnih serij kompleksnih delov, saj ni potrebno izdelati orodij ali oblik za vsako korekcijo posebej. To je zlasti pomembno pri razvoju prototipov in pri proizvodnji po meri.
- E. INTEGRACIJA FUNKCIONALNOSTI: S 3D tiskanjem je mogoče združiti več funkcionalnih delov v enem samem tiskanem kosu. To pomeni, da je mogoče ustvariti kompleksne dele, ki imajo vgrajene funkcije, kar lahko zmanjša število sestavnih delov in poveča učinkovitost.
- F. PERSONALIZACIJA: 3D tiskanje omogoča enostavno prilagajanje delov glede na specifične zahteve posameznega projekta ali uporabnika. To je še posebej koristno pri izdelavi medicinskih vsadkov, orodjih, ki so prilagojena posameznikom in drugih specializiranih aplikacijah.

Kljub številnim prednostim ima 3D tiskanje tudi nekatere omejitve, kot so omejena hitrost proizvodnje pri večjih serijah in nekatere omejitve glede materialov. Vendar pa je tehnologija v stalnem razvoju, kar odpira vrata za nove in inovativne načine uporabe 3D tiskanja.

5.2.2 Najpogostejše oblike 3D tiskanja

- FDM (FUSED DEPOSITION MODELING)

S pomočjo taljenja filamenta, ki se natančno nanaša na delovno površino 3D tiskalnika, ustvarimo končni izdelek plast za plastjo, kot je prikazano na sliki 14 (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).

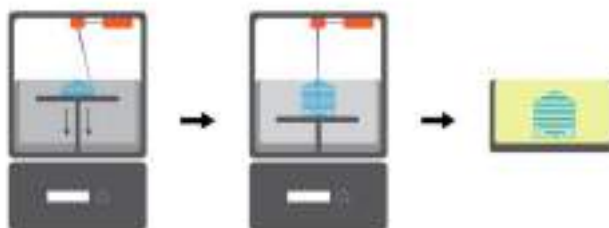


Slika 14: Shematski prikaz FDM tiskanja

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

- FOTOPOLIMERIZACIJA (SLA & DLP)

S pomočjo bodisi laserja (SLA – slika 15) ali projektorja (DLP) strujemo plasti smole in tako oblikujemo izdelek (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).

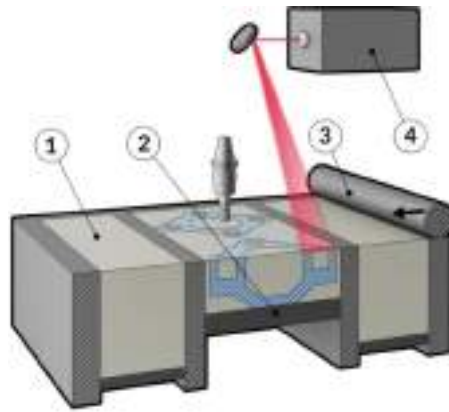


Slika 15: Shematski prikaz SLA tiskanja

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

- LASERSKA TEHNOLOGIJA (SLS & SLM)

Z laserjem topimo plasti prahu, ki se spojijo v želeno obliko (slika 16) (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).

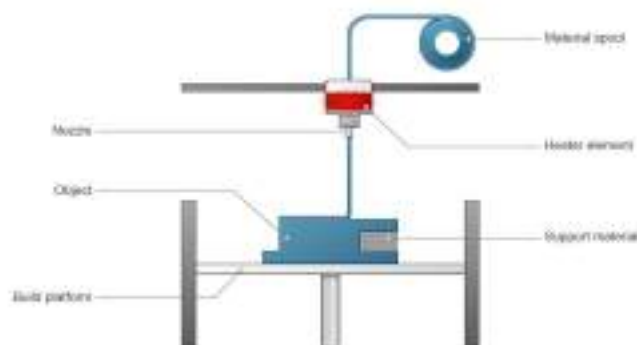


Slika 16: Shematski prikaz laserske tehnologije tiskanja s pomočjo prahu

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

- MJ – MATERIAL JETTING

Deluje podobno kot FDM tiskalnik, le da nanese več slojev hkrati, ki se utrjujejo s pomočjo UV svetlobe (slika 17) (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).

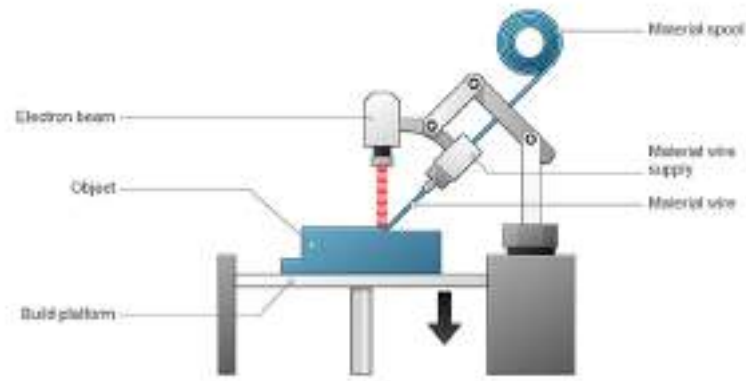


Slika 17: Shematski prikaz MJ tehnike tiskanja

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

- DED – DIRECT ENERGY DEPOSITION

Ta metoda omogoča tiskanje kovinskih izdelkov s postopkom navarjanja materiala (slika 18) (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).

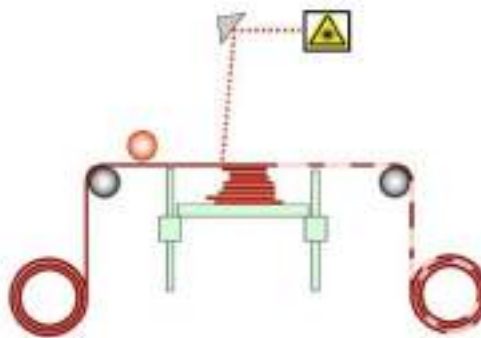


Slika 18: Shematski prikaz DED tehnike tiskanja

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

- LOM – LAMINATED OBJECT MANUFACTURING

Uporablja laminirane plasti, ki se najprej zlepijo in nato obdelajo z laserjem (slika 19) (Tehnologije 3D tiskanja, 2023).



Slika 19: Shematski prikaz LOM tehnike tiskanja

VIR: (Tehnologije 3D tiskanja, 2023)

5.2.3 CNC obdelava za ključne komponente

Proces obdelave s CNC (računalniško numerično krmiljenje) za ključne komponente vključuje natančno odstranjevanje materiala iz surovih kosov z uporabo strojev, ki jih nadzira računalnik. Najprej se ustvari digitalni model komponente s pomočjo CAD (računalniško podprto konstruiranje). Ta model se nato prevede v G-kodo, jezik, ki ga stroj razume. Surovi kos materiala je pritrjen na CNC stroj, nato pa se, s pomočjo rezkalnih orodij, vrtalnikov in drugih orodij, računalniško krmiljeno odstranjuje material v skladu z natančnimi specifikacijami oblike in dimenzij. Proces omogoča visoko stopnjo avtomatizacije, kar zagotavlja doslednost in natančnost proizvedenih komponent ter omogoča izdelavo kompleksnih geometrij in detajlov

(DeGarmo, Black, in Kohser, 2008). Z napredkom CNC tehnologije je prišlo do večosne obdelave, ki nam omogoča obdelavo in izdelavo že zelo kompleksnih oblik izdelka (slika 20).

CNC obdelava je ključna za proizvodnjo visokokakovostnih komponent v različnih panogah, vključno z najzahtevnejšimi, kot so avtomobilska, letalska in medicinska industrija.



Slika 20: 5 osni CNC obdelovalni stroj

VIR: (Zaya, 2020)

Glavne prednosti CNC obdelave

A. HITROST

CNC stroji so se od svojega začetka v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja izjemno izboljšali. Dodatek računalniškega nadzora in upravljanja je močno pospešil zmogljivosti CNC strojev za zagotavljanje višje kakovosti pri višjih hitrostih.

Ker zahteva hitro prototipiranje pristne modele s hitrimi časi izdelave, je CNC obdelava iz očitnih razlogov ena najbolj priljubljenih metod v industriji. Od trenutka nastavitve do dejanske izvedbe lahko s pomočjo CNC strojev prevedemo tridimenzionalne CAD/CAM modele v G-kodo in začnemo s proizvodnjo končnega dela v le nekaj urah.

B. ZMANJŠANA POTREBA PO KOMPLEKSNEM ORODJU

Pri proizvodnih tehnikah, kot sta tlačno litje in brizganje plastike, običajno potrebujemo trdno orodje iz jeklenih zlitin, kar pomeni visoke stroške. Izdelava teh orodij lahko traja tedne,

odvisno od kompleksnosti oblikovanja in želene oblike. Napake v podrobnostih teh orodij se bodo samodejno odražale tudi v njihovih kopijah.

CNC obdelava pa ne zahteva fiksnega orodja. Proces zahteva le CAD/CAM oblikovanje, računalniško programsko opremo in nekaj rezkalnih orodij za izvedbo proizvodnje. Zaradi tega je CNC obdelava precej hitrejša, stroškovno učinkovita in natančna metoda za hitro prototipiranje.

C. NATANČNOST IN TOČNOST

Noben drug proizvodni proces v industriji ne more doseči natančnosti in točnosti, ki ju ponujajo CNC stroji. V sodobnih proizvodnih središčih je CNC najučinkovitejši način za doseganje najvišje stopnje natančnosti, z odstopanji v soseski 0,05 mm ali manj.

CNC stroji ponujajo tudi visoko prilagodljivo in ponovljivo natančnost. Zagotavljajo, da so vsi proizvedeni prototipi po videzu in delovanju skoraj identični. Tolerance, dosegljive s CNC stroji, so tako natančne, da so primerne za skoraj vse komercialne aplikacije, v katerih bi jih lahko uporabljali.

D. NADZOR IN PRILAGODITVE

Sprememba nekaj vrstic v programski opremi lahko v nekaj sekundah prilagodi celoten proizvodni proces, da ustreza novim specifikacijam. Programska G-koda omogoča zelo interaktivno in nadzorovano prototipiranje, kar omogoča uporabnikom izvajanje več oblikovnih različic z enostavnim izpopolnjevanjem in prilagajanjem določenih specifikacij brez dodatnih stroškov. To je velika prednost v primerjavi s konvencionalnimi tehnikami proizvodnje in prototipiranja, kjer lahko spremembe zahtevajo nova orodja ali drage spremembe že obstoječih.

E. RAZNOLIKOST MATERIALOV

CNC stroji lahko obdelujejo različne vrste materialov za proizvodnjo, pod pogojem, da je material dovolj močan in se ne deformira pod pritiskom orodja pri obdelavi.

Na ta način se lahko izdela isti dizajn iz več različnih materialov ter se tako oceni hitreje kateri model ima najboljše mehanske, funkcionalne in fizikalne lastnosti za končno uporabo.

5.2.4 3D skeniranje

Napredno 3D skeniranje je tehnologija (slika 21), ki omogoča zajemanje tridimenzionalnih podatkov iz fizičnih objektov. Te podatke lahko nato uporabimo za izdelavo digitalnih modelov, analizo strukture ali ustvarjanje prototipov.

Napredno 3D skeniranje temelji na različnih metodah za pridobivanje tridimenzionalnih podatkov. Med njimi so:

- **Lasersko skeniranje:** Uporablja laserske žarke za merjenje razdalj do objekta in ustvarjanje natančne 3D mreže.
- **Svetlobna projekcija:** Projicira svetlobo na objekt in meri spremembe v vzorcu, ki jih zazna kamera, kar omogoča pridobivanje podatkov o geometriji.
- **Strukturirana svetloba:** Ta metoda vključuje uporabo strukturiranega vzorca svetlobe, ki se nato zazna s kamero za oblikovanje 3D podatkov.
- **Fotogrametrija:** Uporablja fotografije objekta iz različnih zornih kotov za izračun tridimenzionalne oblike.



Slika 21: Skeniranje modela s 3D skenerjem

VIR: (3D Laser Scanners: A Buyer's Guide for Professionals, b. d.)

Prednosti 3D skeniranja vključujejo natančno zajemanje podrobnosti, hitrost zajemanja podatkov ter možnost ustvarjanja digitalnih modelov za nadaljnjo uporabo v različnih industrijskih kontekstih, na primer pri oblikovanju, arhitekturi, medicini, proizvodnji in celo kulturni dediščini.

6 KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA POLNILKE

6.1 Ideja in zasnova koncepta

V procesu izdelave polnilke smo se morali najprej osredotočiti na sam razvoj in definiranje temeljnih zamisli. V tej fazi smo poskušali identificirati izzive, potrebe trga oziroma uporabnikov ter možnosti nadgradenj. Raziskali smo obstoječe rešitve, da smo pridobili vpogled v zahteve in pričakovanja. Cilj je bil določiti osnovne funkcionalnosti, obliko ter osnovne tehnične specifikacije, ki so nam služile kot osnova za nadaljnji razvoj in načrtovanje.

V ta namen smo naredili nekaj konceptnih skic, ki so nam služile za lažje razumevanje in lažjo odločitev o najboljši izvedbi polnilke.

6.1.1 Varianta 1

Prva ideja je bila, da sta tako posoda kot bat pravokotne oblike, predvsem zaradi najenostavnejše izdelave in stroškovno najcenejše izvedbe ter možnosti hitre izdelave in poenostavljenega konstruiranja. Vse skupaj bi ležalo na osnovni plošči, motor bi se nahajal na zadnjem delu.

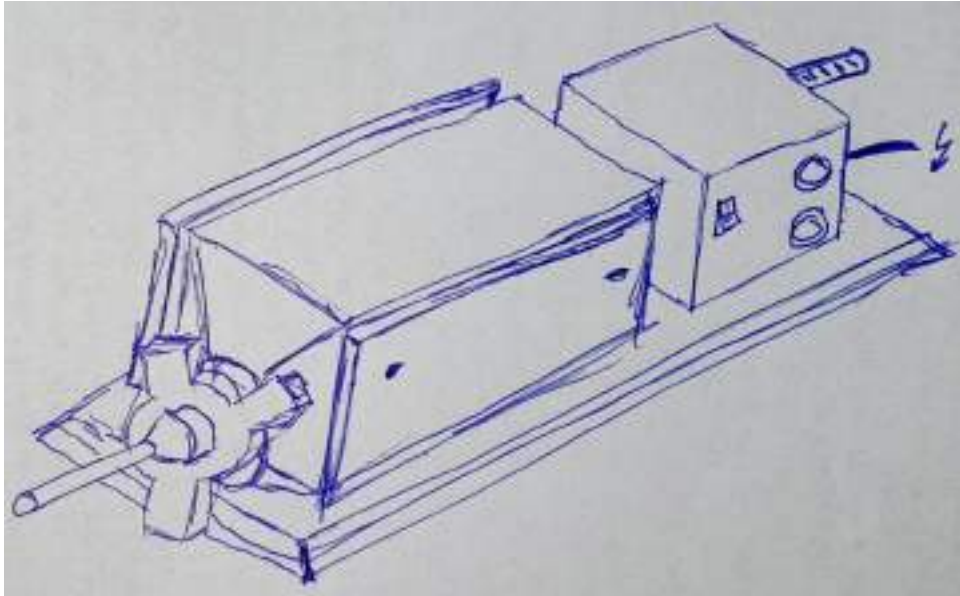
Prednosti:

- enostavna izdelava,
- stroškovna učinkovitost,
- nizka izvedba,
- skoraj ni možnosti prevrnitve.

Slabosti:

- oteženo čiščenje, nevarnost stika elektro komponent s tekočino,
- dolga izvedba,
- posedanje in uhajanje mase, če bata ne zapremo dovolj hitro.

Idejno izvedbo prve variante prikazuje slika 22.



Slika 22: Skica polnilke glede na varianto 1

VIR: (Lasten)

6.1.2 Varianta 2

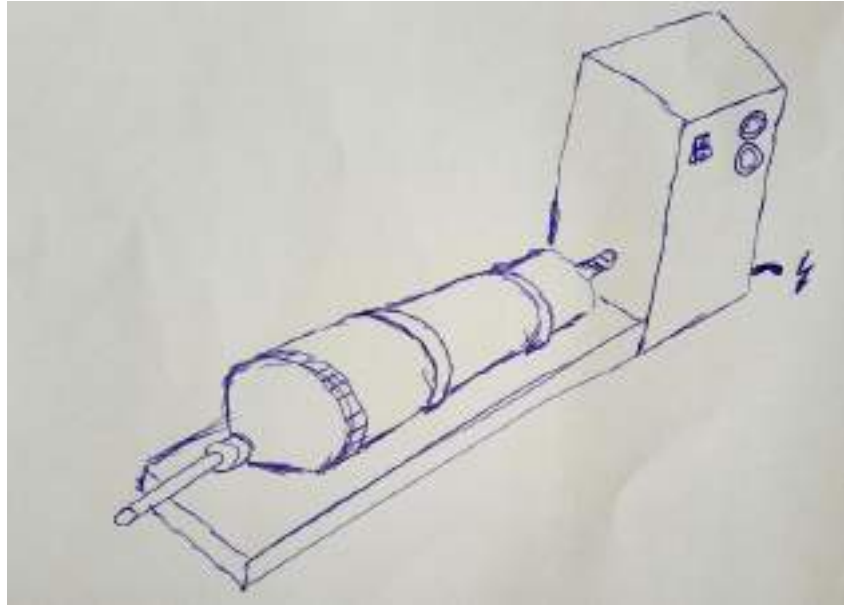
Pri drugi varianti smo se odločili ponovno za ležečo izvedbo, s to spremembo, da bi bila posoda in bat, zaradi lažjega čiščenja, okrogle oblike, zaradi zmanjšanja same dolžine polnilke pa bi se pogon nahajal vertikalno nad polnilno posodo, kot prikazuje skica na sliki 23.

Prednosti:

- nizka izvedba,
- lažje čiščenje posode,
- nekoliko krajša izvedba,
- možnost prevrnitve je minimalna.

Slabosti:

- oteženo čiščenje zaradi bližine pogona,
- oteženo polnjenje in manipulacija zaradi lokacije pogona,
- možnost uhajanja mase ob polnitvi.



Slika 23: Skica polnilke glede na varianto 2

VIR: (Lasten)

6.1.3 Varianta 3

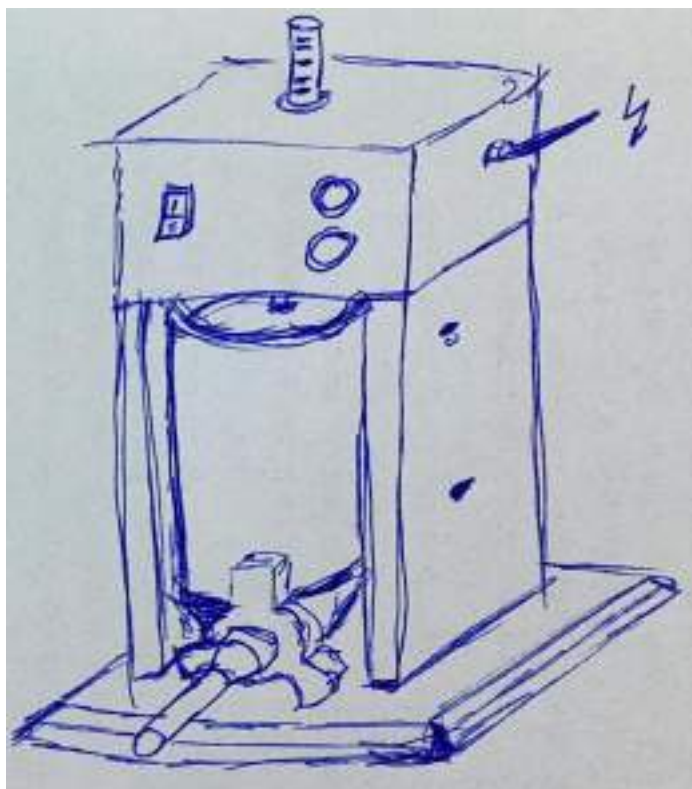
Pri tretji ideji smo se odločili za navpično izvedbo posode. Posodo smo zasnovali v okrogli obliki, s pogonom na vrhu polnilke, kot prikazuje skica na sliki 24.

Prednosti:

- doseganje higienskih standardov – enostavno čiščenje,
- kompaktna izvedba,
- masa ne uhaja iz posode,
- poenostavljena polnitev in manipulacija.

Slabosti:

- pogonski del na vrhu lahko povzroči uhajanje delcev ali tekočin v maso,
- dražja izdelava,
- potrebna je konstrukcijska zasnova za preprečitev prevrnitve.



Slika 24: Skica polnilke glede na varianto 3

VIR: (Lasten)

6.1.4 Izbira najustreznejše variante

Za izbiro najustreznejše variante smo pretehtali nekaj kriterijev. Ker gre za živilsko industrijo, je higiena daleč na prvem mestu, saj lahko le tako preprečimo nastanek kakršnihkoli okužb, ki bi bile posledica slabo vzdrževane opreme. V tem pogledu je vsekakor v prednosti tretja ideja. Vendar pa pri njej obstaja nevarnost, da bi iz pogonskega dela v maso padali majhni delčki ali kakšne tekočine. Vendar to lahko rešimo z zasnovo ustrezno zatesnjene pregrade oz. zaščite, ki ločuje pogonski del od ostalega dela. Hkrati pa so na voljo masti za mazanje pogonov, ki so primerne za uporabo v živilski industriji in ni nevarnosti, če pridejo v stik z živili. Prav tako lahko izberemo prenose, ki ne potrebujejo mazanja in tako popolnoma izločimo možnost nastanka razlitja maziva.

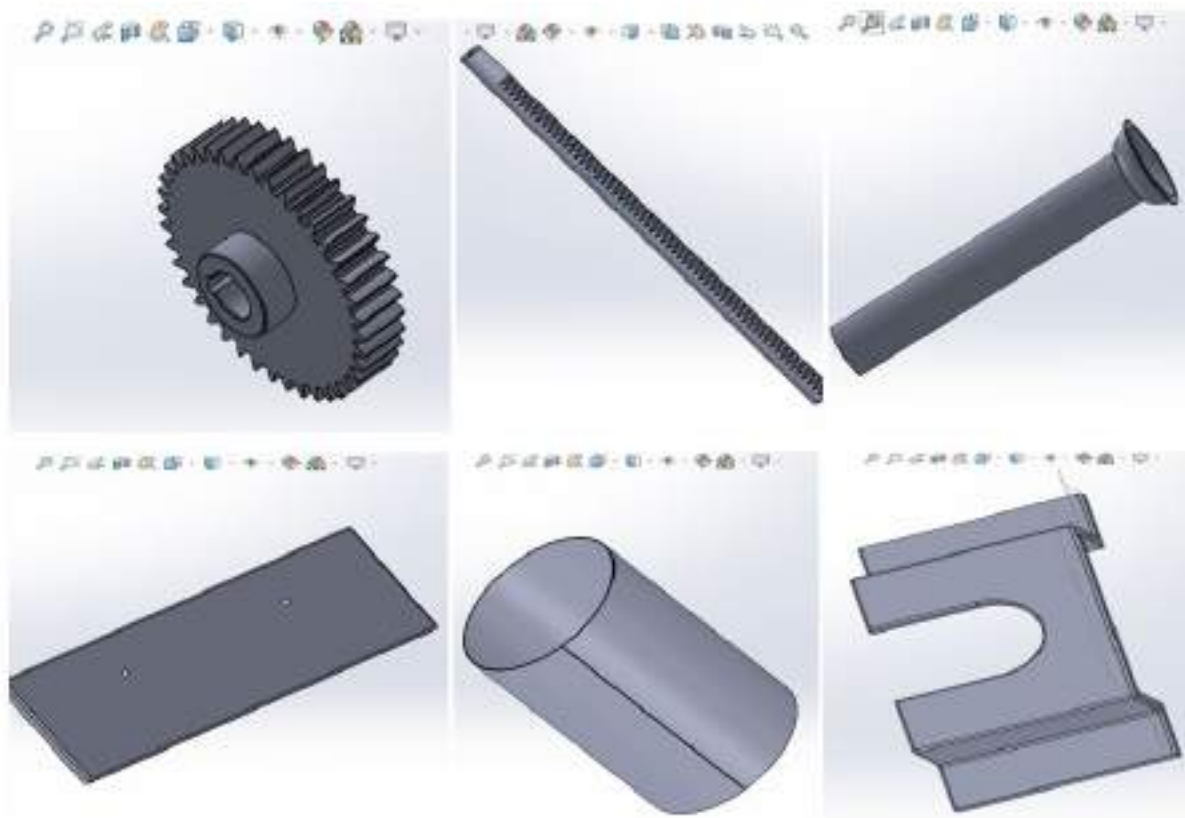
Tretja izvedba prav tako potrebuje za obratovanje manjšo površino na mizi. Na ta način lahko bolj učinkovito izrabimo ostali prostor.

Zaradi vsega naštetega lahko zaključimo, da je tretja varianta najustreznejša, zato jo bomo uporabili pri nadaljnjem razvoju.

6.2 Načrtovanje in CAD konstruiranje

Ko smo sprejeli odločitev o obliki in osnovnih tehničnih karakteristikah polnilke, smo pričeli s konstruiranjem 3D modela s pomočjo CAD programskega orodja SolidWorks (2024).

Najprej smo morali konstruirati osnovno konstrukcijo ter osnovne komponente, kot so prikazane na sliki 25, na osnovi naše ideje in skice.



Slika 25: Osnovne komponente polnilke

VIR: (Lasten)

V nadaljevanju smo z razvojem same konstrukcijske zasnove prišli do nekoliko zahtevnejših elementov konstruiranja. Pri standardnih komponentah smo si pomagali z nekaterimi že obstoječimi CAD modeli, kot so določene elektro komponente, ostale pa smo morali modelirati sami. Na sliki 26 je prikazanih še nekaj nekoliko bolj zahtevnih elementov, ki bodo na koncu tvorili celoto.



Slika 26: Zahtevnejše komponente polnilke

VIR: (Lasten)

Po konstruiranju posameznih komponent smo se lotili sestavov posameznih gradnikov polnilke, kot prikazuje slika 27. Pri sestavi posameznih komponent smo velikokrat naleteli na neujemanje posameznih delov, kar je pomenilo, da smo morali izvajati popravke na sami konstrukcijski zasnovi posameznih delov. Hkrati smo morali prilagajati zadeve ter ves čas paziti, da polnilka ne izgubi svoje funkcionalnosti. Navsezadnje smo dobili ustrezen 3D CAD model polnilke, ki je, glede na preverjanja s programskim orodjem SolidWorks (2024), funkcionalen in v njem ne prihaja do navskrižja med posameznimi komponentami.



Slika 27: Posamezni sestavi polnilke

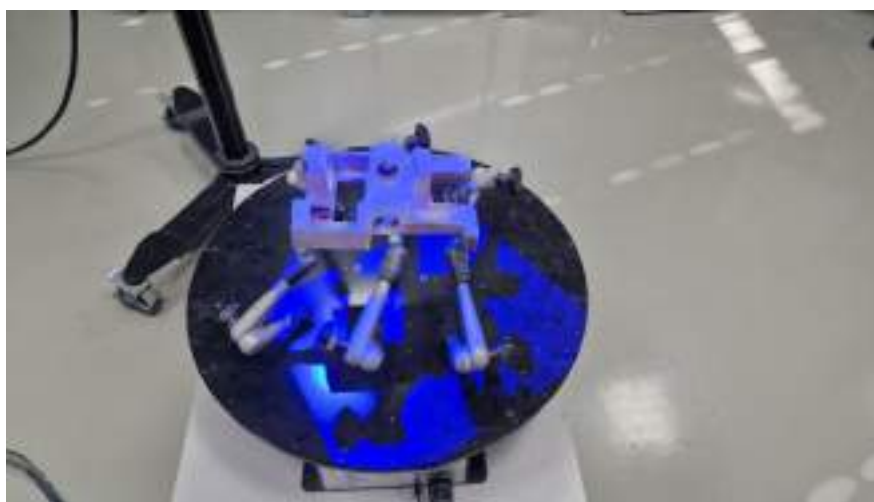
VIR: (Lasten)

6.3 3D skeniranje

Gleda na to, da smo pri konstruiranju naše polnilke uporabili obstoječe ohišje pogona, smo le tega s pomočjo 3D skeniranja pretvorili v digitalno obliko, kar nam je prihranilo čas ter nam hkrati omogočilo natančnost, ki je z ročnim merjenjem, zaradi kompleksnosti oblike, ne bi mogli doseči.

Postopek 3D skeniranja je vseboval več korakov:

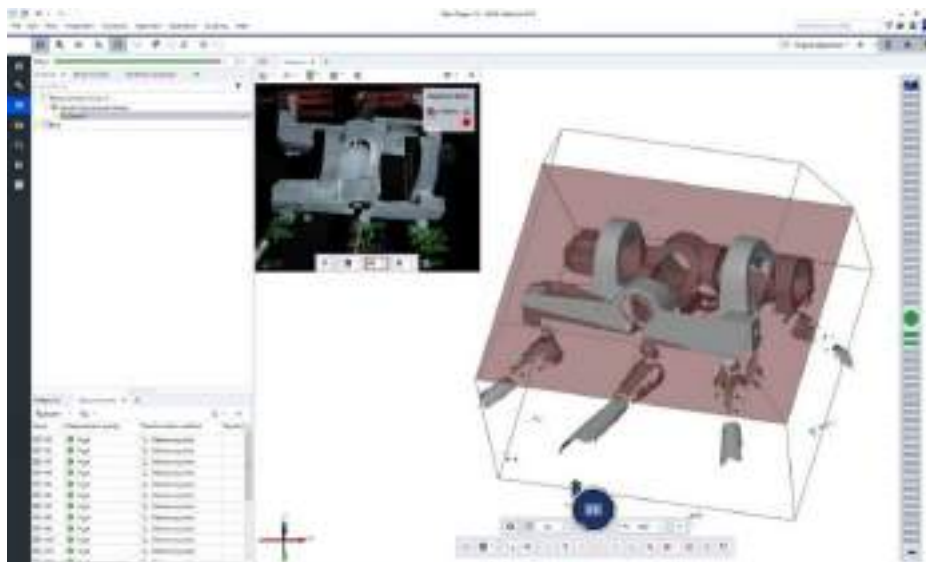
1. **Priprava objekta skeniranja:** Pred začetkom skeniranja je bilo potrebno pripraviti objekt (slika 28). To je vključevalo odstranjevanje odsevajočih materialov, uporabo sm namenskega pršila za zmanjšanje odsevnosti ter zagotavljanje dobre osvetljenosti objekta.
2. **Nastavitev opreme:** Postavili smo 3D skener ter mizo z namenskimi nosilci. Nastaviti je bilo potrebno parametre skeniranja, kot so resolucija in hitrost zajemanja.
3. **Izvedba skeniranja:** Sistem je začel zajemati tridimenzionalne podatke o objektu. Objekt je bilo potrebno skenirati z več zornih kotov, zato se je pozicija 3D skenerja spreminjala.



Slika 28: Skeniranje obstoječe komponente

VIR: (Lasten)

4. **Zajem podatkov:** Med skeniranjem se zbirajo podatki o razdaljah in teksturah objekta. Sistem lahko zajame posamezne točke v prostoru, kar tvori oblak točk, ki predstavljajo objekt. Glede na kvaliteto opreme je to lahko milijon ali več točk.
5. **Obdelava podatkov:** Zbrani podatki so se nato obdelali s pomočjo specializirane programske opreme, kot je prikazano na sliki 29. To je vključevalo združevanje posameznih skenov, odstranjevanje neželenih artefaktov ter ustvarjanje končnega tridimenzionalnega modela, kot je prikazan na sliki 30.



Slika 29: Obdelava podatkov skeniranja

VIR: (Lasten)

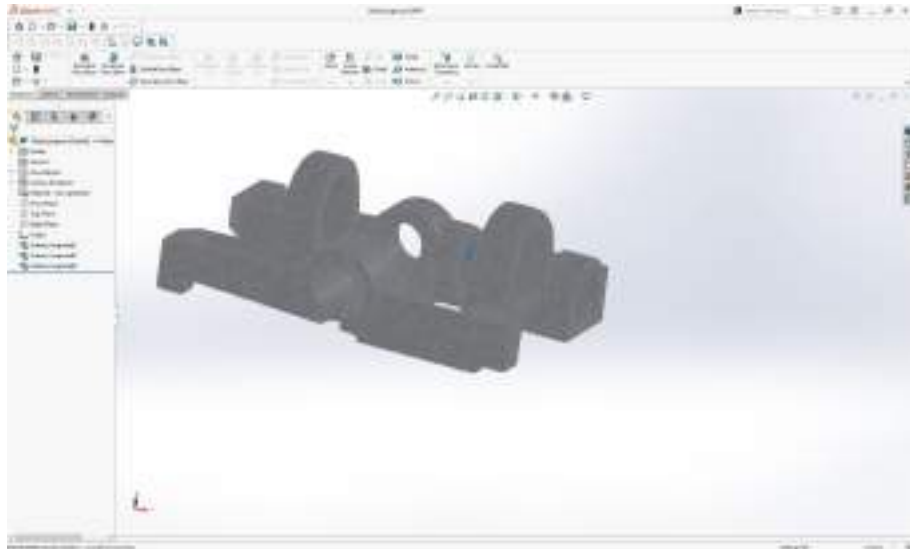


Slika 30: Končan tridimenzionalni model

VIR: (Lasten)

Pomembno je vedeti, da je natančnost rezultatov odvisna od kakovosti opreme, postopkov priprave, izbire tehnologije in strokovnosti izvajalca skeniranja.

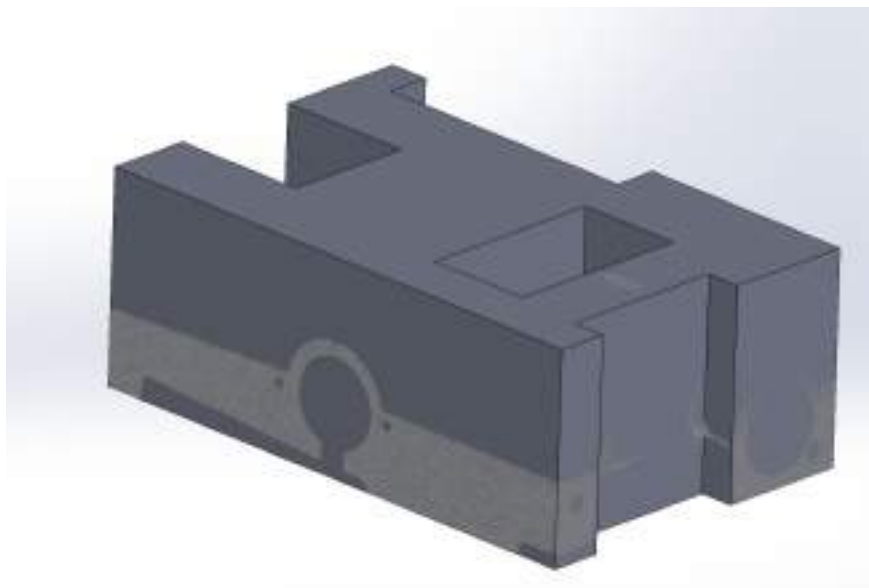
6. **Analiza in uporaba:** Končni 3D model se lahko uporabi za različne namene in v različnih digitalnih oblikah. V našem primeru smo kreirali »stl« datoteko, zaradi lažje obdelave v programu SolidWorks (2024), kjer smo jo za lažjo obdelavo podatkov uvozili kot mesh surface (zamrežena površina) (slika 31).



Slika 31: Uvoz skeniranega modela v program SolidWorks

VIR: (Lasten)

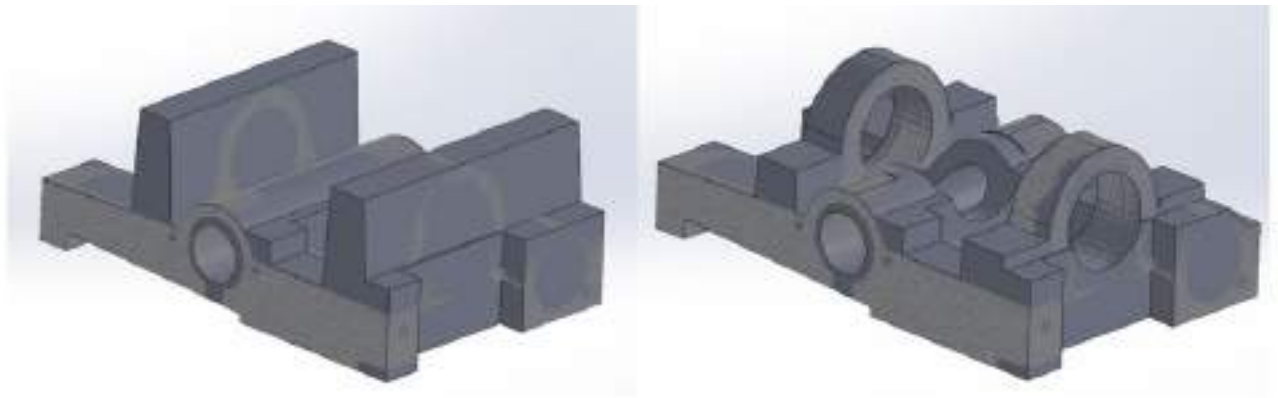
Model je bilo potrebno po uvozu še dodatno obdelati, saj je še vedno vseboval določene nepravilnosti, poleg tega pa so imele površine hrapavo obliko (enako kot fizična komponenta) in so bile zato neprimerne za modeliranje. V modelu si namreč želimo, da so površine parametrične ter idealne – brez realnih tekstur. Na ta način jih lažje povezujemo med seboj, merimo in spreminjamo. Zato smo uporabili postopek vzratnega inženiringa. Odločili smo se, da bomo model izdelali tako, da najprej naredimo surovec, nato pa od njega postopoma odvezujemo material. Najprej smo si na uvoženem modelu naredili pomožne ravnine in naredili prvi približek surovca z že izdelanimi izrezi v tlorisu (slika 32).



Slika 32: Model s pomožnimi ravninami

VIR: (Lasten)

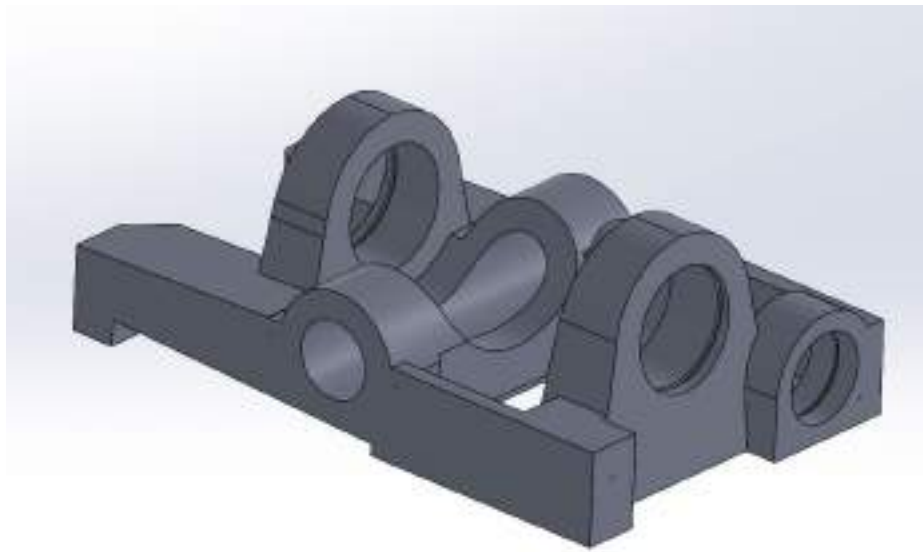
Sledilo je dodajanje izrezov v stranskem risu in narisu (slika 33).



Slika 33: Dodajanje stranskih ravnin

VIR: (Lasten)

Na koncu smo izdelali še izreze posameznih manjših elementov in tako je nastal končni 3D model skeniranega objekta (slika 34).



Slika 34: Končni model skeniranega objekta

VIR: (Lasten)

6.4 Simulacije in analize

Postopek simulacij in analiz je vključeval uporabo računalniških orodij za modeliranje in preverjanje delovanja izdelka pred samo fizično izdelavo. Tako smo prihranili na času in predvsem na stroških, hkrati pa smo lahko identificirali pomanjkljivosti in jih že med fazo konstruiranja tudi odpravili. S pomočjo preračunov in simulacij smo tudi že vnaprej povsem

definirali in optimizirali potrebne oblike in dimenzije posameznih elementov in podsklopov polnilke. Tako smo preračunali naslednje stvari:

- potrebno moč pogonskega motorja,
- življenjsko dobo ležajev,
- ustreznost debeline pločevine vertikalnega nosilca.

6.4.1 Potrebna moč pogonskega motorja

Da bi dobili potrebno moč pogonskega motorja, smo morali najprej sploh vedeti kakšno je razmerje sil na zobniku, ki poganja bat. V ta namen smo izvedli manjši test, pri katerem smo merili sile, ki se pojavijo na batu. Test smo izvedli tako, da smo na gred namestili ročico in potezno tehtnico. Test nam prikazuje slika 35.



Slika 35: Merjenje potrebne sile na ročico

Vir: (Lasten)

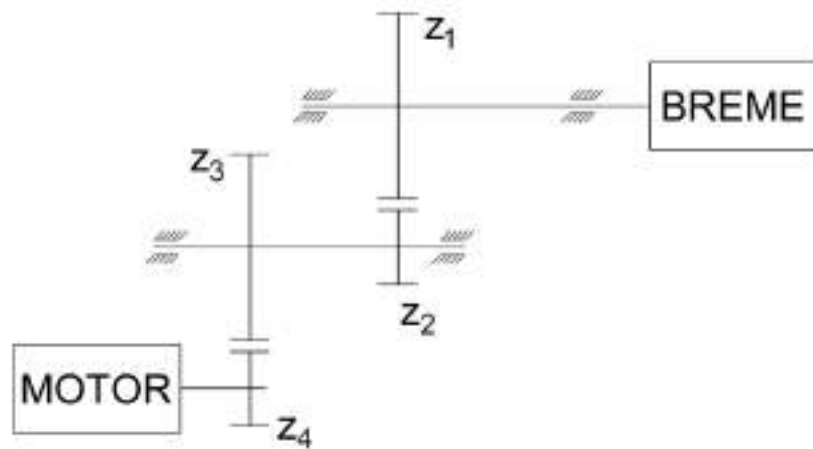
Izmerili smo, da je največja obremenitev ročice ustrezala masi 16,03 kg, ki je delovala na ročici dolžine 50 cm. Iz tega lahko ugotovimo, da je potreben moment na os, ki poganja zobato letev, enak (Dajčman, 2021):

$$T_1 = m \cdot g \cdot r = 16,03 \cdot 9,81 \cdot 0,5 = 78,62 \text{ Nm}$$

Pri čemer je:

- T_1 = moment na prvi osi
- m = masa bremena
- g = težnostni pospešek
- r = ročica

Potem smo izračunali kolikšen moment potrebujemo na osi motorja. Med motorjem in pogonsko osjo zobate letve imamo 2 zobniška para, zato si lahko narišemo naslednji mehanski model reduktorja (slika 36).



Slika 36: Skica mehanskega dela reduktorja

VIR: (Lasten)

Podatke smo podali v tabeli številka 3.

Tabela 3: Računski podatki

Podatek	Vrednost
z_1	55
z_2	8
z_3	27
z_4	27
T_1	78,62 Nm
μ_z	0,98
μ_l	0,97

VIR: (Lasten)

$z_{1,2,3,4}$ – število zob posameznega dobniaka

Potrebni moment na gredi motorja znaša (Dajčman, 2021):

$$T_m = \frac{T_1}{i_{sk} \cdot \mu_z^2 \cdot \mu_l^4}$$

Pri čemer je:

- T_m = moment na gredi motorja
- i_{sk} = skupno prestavno razmerje reduktorja
- μ_z = izkoristek posamezne zobniške dvojice
- μ_l = izkoristek posameznega ležaja

Za izračun momenta smo morali tako izračunati še skupno prestavno razmerje reduktorja (Dajčman, 2021):

$$i_{sk} = i_1 \cdot i_2$$

Kjer i_1 in i_2 predstavljata prestavno razmerje posamezne zobniške dvojice. Izračunata se kot (Dajčman, 2021):

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{55}{8} = 6,875$$

$$i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{27}{27} = 1$$

Sedaj lahko izračunamo skupno prestavno razmerje (Dajčman, 2021):

$$i_{sk} = i_1 \cdot i_2 = 6,875 \cdot 1 = 6,875$$

Na koncu pa še moment na motorni gredi (Dajčman, 2021):

$$T_m = \frac{T_1}{i_{sk} \cdot \mu_z^2 \cdot \mu_l^4} = \frac{78,62}{6,875 \cdot 0,98^2 \cdot 0,97^4} = 13,46 \text{ Nm}$$

Če upoštevamo, da se bo motor vrtel z $n_m = 1350 \text{ min}^{-1}$ in ima prigraden reduktor $i_m = 18$, znaša potrebna moč motorja (Dajčman, 2021):

$$P = \frac{T_m \cdot \omega}{i_m} = \frac{T_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_m}{i_m} = \frac{13,46 \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{1350}{60}}{18} = 105,66 \text{ W}$$

To je minimalna potrebna moč motorja, ki jo moramo zagotoviti na pogonski gredi, ker želimo upoštevati še izkoristek motorja ter varnostni faktor in motorja ne želimo vedno obremenjevati na 100 %, da podaljšamo njegovo življenjsko dobo. Obenem pa dopuščamo možnost za naknadno povečanje volumna posode ali zmanjšanje premera tulca, zato smo izbrali motor z močjo 400 W. Ta nam omogoča dovolj rezerve moči za morebitne spremembe.

6.4.2 Življenjska doba ležajev

Preverili smo najbolj kritičen ležaj. To je ležaj, ki je najbližje zobati letvi. Čeprav se ta vrti najpočasneje, ga preverjamo, ker je najbolj obremenjen. V nadaljevanju bomo videli, da ima obremenitev ležaja večji vpliv kot njegovo število vrtljajev. Preverjamo torej enoredni kroglični ležaj 6005, ki ima dinamično nosilnost $C = 11,9 \text{ kN}$ (Kraut, 2021):

Ležaj se vrti z:

$$n_l = \frac{n_m}{i_m \cdot i_{sk}} = \frac{1350}{18 \cdot 6,875} = 10,90 \text{ min}^{-1}$$

Za izračun življenjske dobe moramo poznati še obremenitev ležaja. Ležaj je obremenjen samo radialno. Te obremenitve so seštevek dveh prispevkov radialnih obremenitev zobnikov. Manjši (pogonski zobnik zobate letve) je obremenjen z radialno silo (Kraut, 2021):

$$F_{r1} = \frac{T_1}{r_{d1}} = \frac{78,62}{0,0135} = 5823,7 \text{ N}$$

Kjer je r_{d1} polmer delilnega kroga zobnika 1.

Večji zobnik je obremenjen s silo (Kraut, 2021):

$$F_{r2} = \frac{T_1}{r_{d2}} = \frac{78,62}{0,11} = 714,7 \text{ N}$$

Kjer je r_{d2} polmer delilnega kroga zobnika 2.

Skupno obremenitev ležaja dobimo preko ravnotežnih enačb na osi 1. Računa zaradi preglednosti postopka na tem mestu ne bomo navajali, uporabimo pa sledečo enačbo (Kraut, 2021):

$$F_l = \sqrt{F_{r1}^2 + F_{r2}^2}.$$

Skupna obremenitev ležaja znaša $F_l = 5868,1 \text{ N}$.

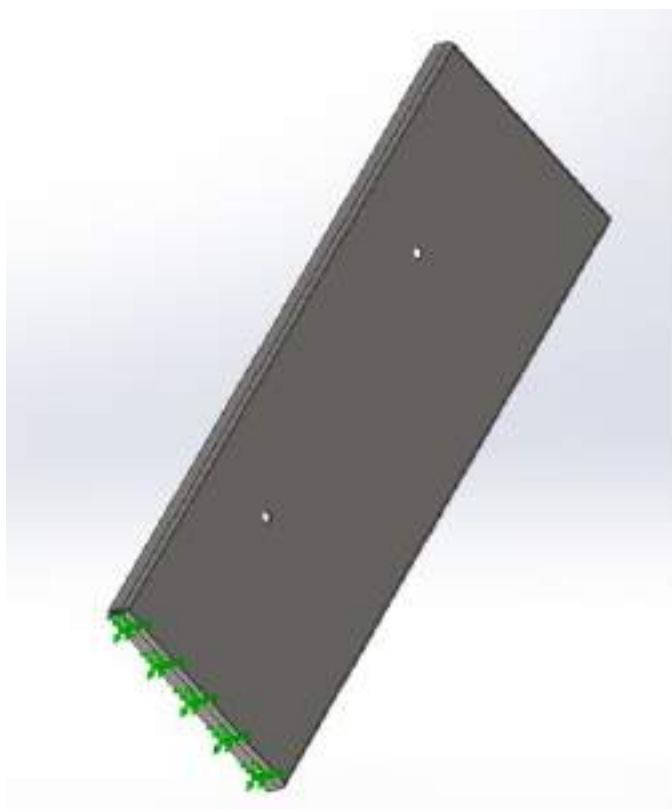
Sedaj lahko izračunamo število obratovalnih ur, ki jih zdrži ležaj (Kraut, 2021):

$$L = \frac{10^6}{60 \cdot n_l} \cdot \left(\frac{C}{F_l}\right)^m = \frac{10^6}{60 \cdot 10,9} \cdot \left(\frac{11,9}{5,68}\right)^3 = 14.095,63 \text{ h}$$

6.4.3 Ustreznost debeline pločevine vertikalnega nosilca

Ustreznost debeline pločevine stranskega vertikalnega nosilca smo preverili s pomočjo simulacije. Izvedli smo jo kar znotraj programa SolidWorks (2024), z vmesnikom Simulation.

Simulacijo smo izdelali na osnovi dveh debelin pločevine nosilca, katere smo predvideli v konstrukcijski zasnovi, ki je sprva znašala 1,5 mm. Najprej smo na model predpisali podpore. Ker je nosilec privijačen v spodnjo ploščo, smo predpostavili, da se tam pojavi fiksna podpora, kar nam prikazuje slika 37.



Slika 37: Predpisane podpore na nosilec

VIR: (Lasten)

Nosilec je po stranicah preko lukenj obremenjen s silo teže posode in njene vsebine ter s pritiskno silo, ki jo povzroča zobata letev z batom na vsebino. Ta sila je v maksimalnem primeru enaka seštevku radialne sile zobnika na zobato letev in teže posode z vsebino. Ker imamo dva nosilca, se ta sila enakomerno razdeli med njiju. Tako smo na luknji predpisali silo 2200 N. Nosilec je dodatno na vrhu obremenjen še s težo pogonskega dela, ki znaša približno 500 N, kar pomeni, da je vsak nosilec na vrhu obremenjen s silo 250 N. Model s predpisanimi obremenitvami nam prikazuje slika 38.



Slika 38: Predpisane obremenitve na nosilec

VIR: (Lasten)

Za določitev optimalne velikosti mreže končnih elementov bi morali izvesti konvergenčno analizo, vendar je zaradi preglednosti tukaj ne bomo prikazovali. Izbiro smo prepustili kar programu samemu. Zamrežen kos nam prikazuje slika 39.



Slika 39: Zamrežen nosilec

VIR: (Lasten)

Material nosilca je nerjaveče jeklo 1.4301, ki ima natezno trdnost 600 MPa ter mejo plastičnosti 230 MPa.

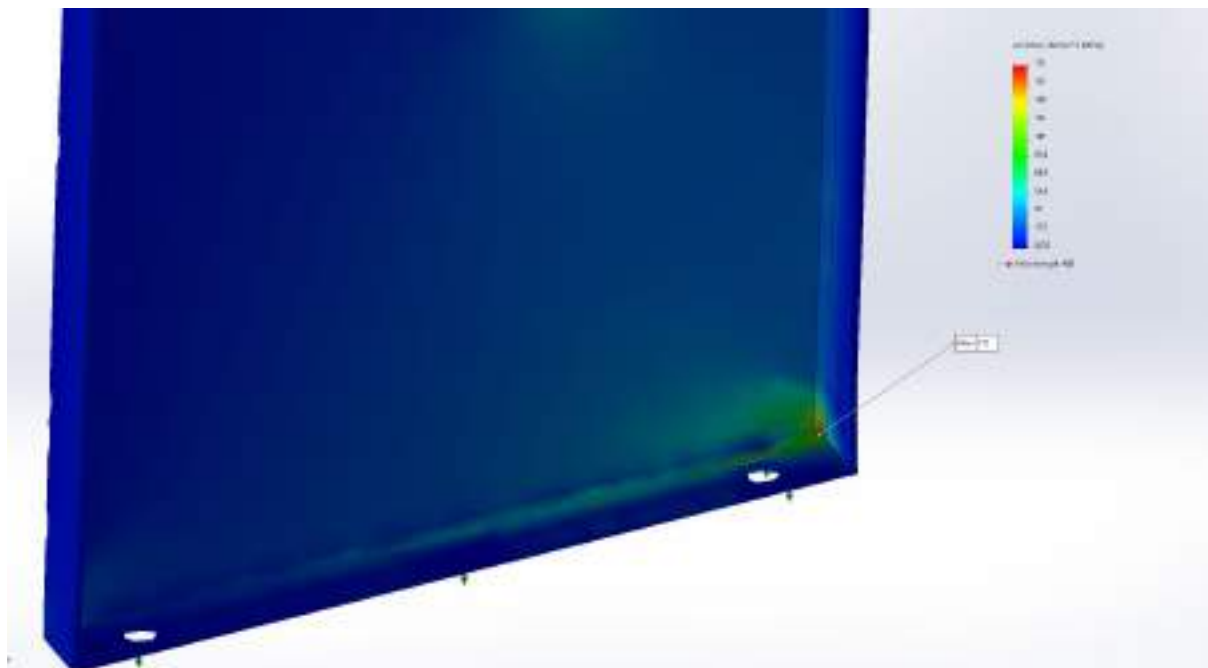
Pri uporabi pločevine z debelino 1,5 mm smo lahko ob simulaciji opazili rahle deformacije pločevine in koncentracijo napetosti okoli lukenj, kot nam prikazuje slika 40.



Slika 40: Deformacija in povečanje napetosti

VIR: (Lasten)

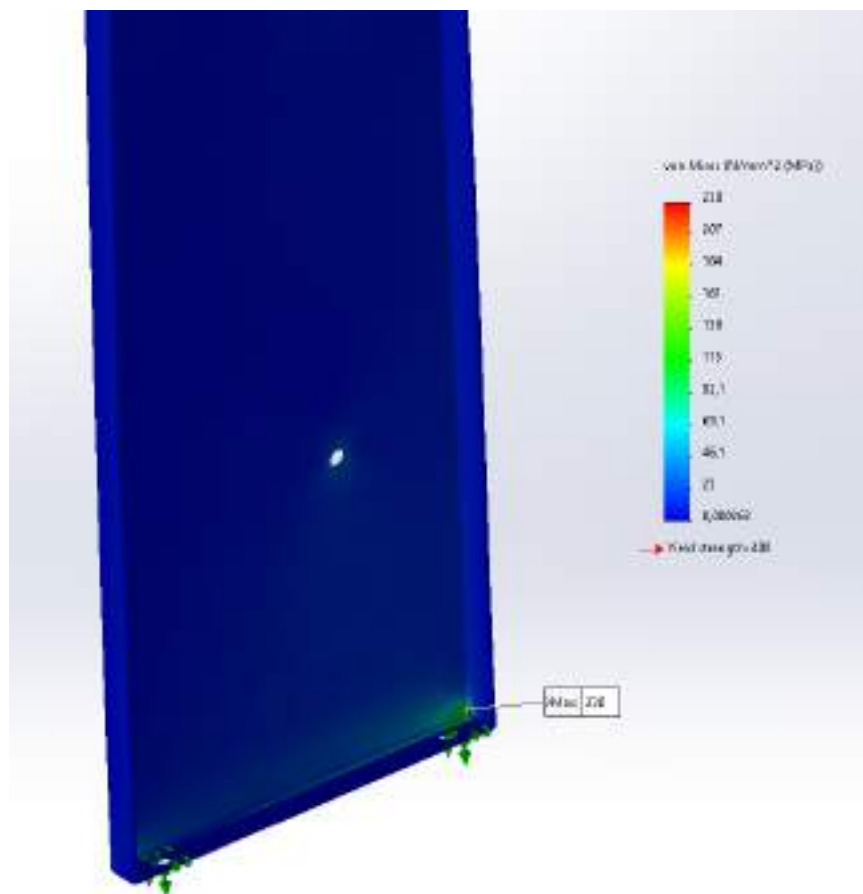
Iz vseh dobljenih rezultatov lahko rečemo, da debelina pločevine v tem primeru ni ustrezna in jo moramo povečati. Prav tako pa je simulacija po preračunu pokazala, da je prihajalo do povečane napetosti v nosilcu na prehodu spodnjega zavihka, kot prikazuje slika 41.



Slika 41: Pojav koncentracije napetosti

VIR: (Lasten)

Glede na to, da je šlo za koncentracijo napetosti, smo podvomili v relevantnost simulacije, zato smo simulacijo ponovili z več različnimi parametri. Najprej smo povečali debelino stene na 3 mm in ponovno izvedli simulacijo. Ugotovili smo, da debelina pločevine 3 mm povsem ustreza našim zahtevam. Opazili pa smo ponovno koncentracijo napetosti v vogalu nosilca, enako kot pri prejšnji simulaciji, kar prikazuje slika 42.

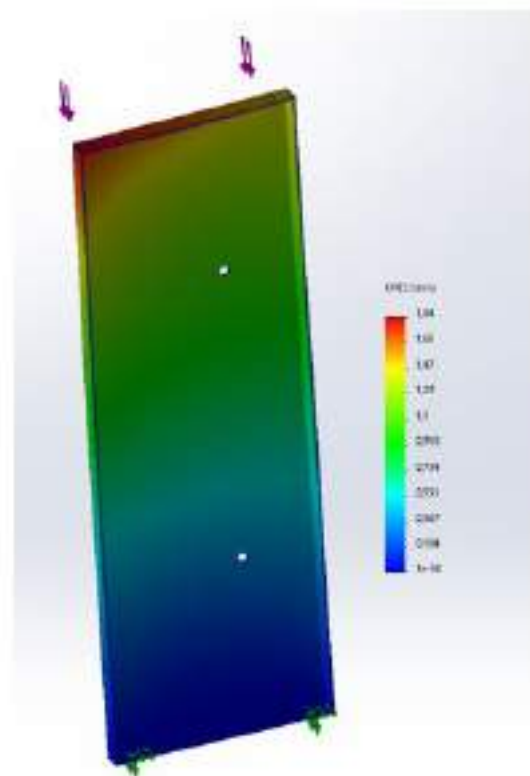


Slika 42: Ponovna koncentracija napetosti

VIR: (Lasten)

Ker smo vedno znova dobili iste oziroma zelo podobne rezultate, lahko z gotovostjo rečemo, da dobljene vrednosti napetosti niso relevantne. Najverjetneje se pojavljajo zaradi bližine luknje in pritrdilnega elementa ter mesta, kjer je predviden zvar.

Ker je bil nosilec zgoraj prost, pomiki naraščajo z oddaljenostjo od vpetja. Največji znaša 1,84 mm, po nosilcu pa so razporejeni tako, kot nam prikazuje slika 43.



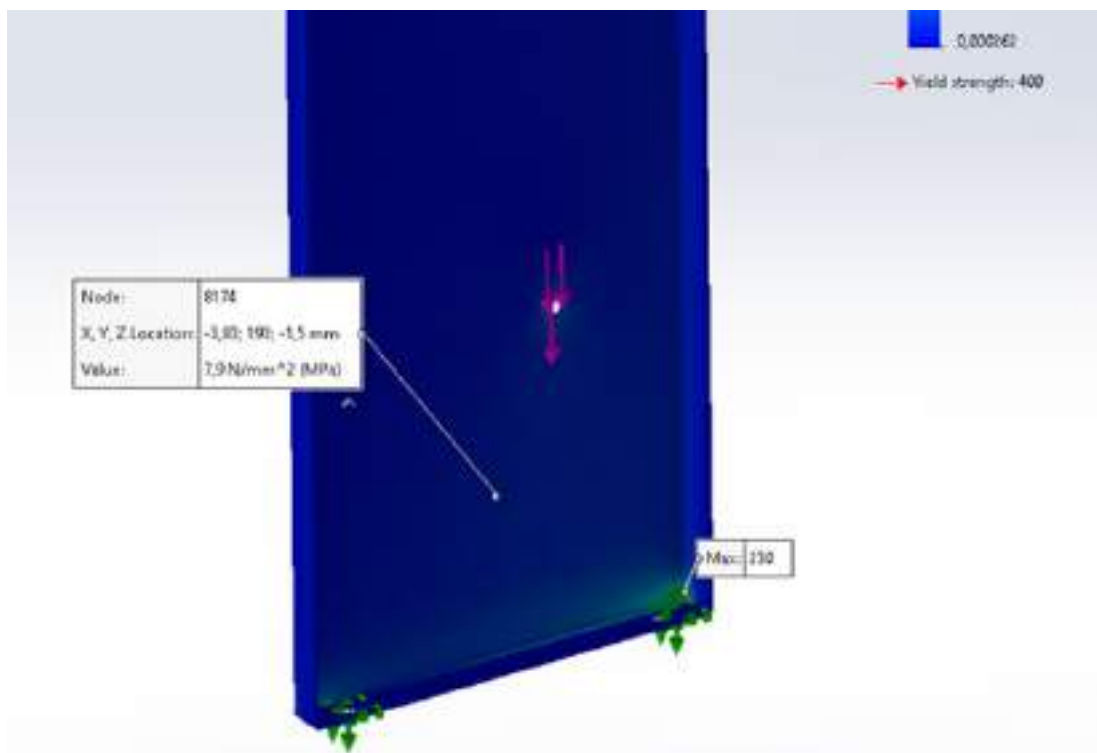
Slika 43: Pomiki na nosilcu

VIR: (Lasten)

Da preverimo točnost simulacije, jo primerjamo z ročnim preračunom. Predpostavili bomo, da je nosilec obremenjen samo tlačno. Izračunali bomo napetost, ki se pojavi v spodnjem delu nosilca. Velikost prereza na tem mestu je $A = 311,5 \text{ mm}^2$. Napetost v tem prerezu pa izračunamo s pomočjo sledeče formule (Dajčman, 2021):

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2450}{311,5} = 7,87 \text{ MPa}$$

Da lahko to vrednost primerjamo z rezultati simulacije, odčitamo vrednost približno na mestu, kjer smo jo analitično izračunali (slika 44).



Slika 44: Odčitek napetosti v točki na nosilcu

VIR: (Lasten)

Vrednost iz simulacije znaša 7,9 MPa. Kot lahko vidimo gre za dobro ujemanje, zato lahko rezultatom simulacije zaupamo.

6.5 Nakup obstoječih komponent in standardnih delov

Pri snovanju polnilke smo poskusili uporabiti čim več standardnih komponent, da bi na ta način pocenili izdelavo ter omogočili enostavno vzdrževanje ter zamenjavo delov, saj standardne dele dobimo veliko lažje in ceneje kot namenske.

Kot smo že navedli, smo uporabili obstoječ pogon ročne polnilke, ki ga je možno zamenjati v celoti ali pa, ob obrabi posameznih delov, vsak del posebej. Za elektro postroj smo ravno tako uporabili standardne in lahko dobavljive komponente, saj je verjetnost okvare le tega precej večja kot verjetnost okvare strojnega dela. To nam omogoča hitro ter enostavno in stroškovno učinkovito menjavo delov, v kolikor je le ta potrebna. Poslužili smo se tudi nakupa standardnih pogonskih sklopov, kot so zobniki, jermenice, jermen, zobata letev in motor.

6.6 Izdelava namenskih kosov

Dele, ki so za polnilko unikatni, smo izdelali sami. Takšnih delov je bilo kar precej, različni pa so bili tudi načini njihove obdelave. Osnovni gradnik je bila pločevina iz nerjavečega jekla, ki smo ga morali obdelati z različnimi postopki obdelave.

6.6.1 Razrez

Razrez se je vršil s pomočjo laserskega CNC stroja TruLaser 3030 fiber (L49), ki je visokozmogljiv laserski stroj za razrez pločevine in omogoča visoko natančnost, z odstopanji do ± 0.05 mm in hitrost pri obdelavi do 140 m/min. Stroj lahko reže nerjaveče jeklo debeline do 20 mm, aluminij do 15 mm, baker in medenino do 10 mm. Stroj je združljiv s široko paleto CAD/CAM programske opreme, kar omogoča enostaven prenos podatkov in pripravo CNC kod za različne oblike in kompleksnosti obdelovancev.

Proces razreza pločevine na stroju TruLaser 3030 fiber (L49)

Proces razreza pločevine na stroju TruLaser 3030 fiber (L49) je učinkovit in visoko avtomatiziran, kar zagotavlja natančnost in hitrost izdelave (slika 45).

1. **Vnos podatkov:** Na začetku smo v CAD programu pripravili natančen digitalni model komponent, ki smo jih želeli izdelati. Ta model je že vseboval vse potrebne informacije o obliki, dimenzijah in rezalnih poteh. Nato smo podatke prenesli v CAM (računalniško podprto izdelavo) programske opreme, kjer se generirajo CNC (računalniško numerično krmiljenje) kode za stroj.
2. **Priprava stroja:** Na delovno mizo stroja naložimo pločevino, stroj se samodejno kalibrira in prilagodi parametre glede na vrsto in debelino pločevine.
3. **Rezalni proces:** Po vnosu CNC kod stroj začne z razrezom pločevine. Fiber laser ustvarja visokoenergetski žarek, ki z lahkoto prereže različne kovinske materiale. Med rezanjem se stroj samodejno prilagaja in optimizira hitrost ter moč laserja glede na specifične zahteve posamezne rezalne poti.
4. **Odstranjevanje in končna obdelava:** Po zaključku rezalnega procesa se izrezane komponente ročno ali samodejno odstranijo iz stroja. Izrezani deli so običajno že pripravljeni za nadaljnjo obdelavo, brez potrebe po dodatnem čiščenju robov, saj fiber laser zagotavlja čiste in natančne reze.

5. **Kontrola kakovosti:** Na koncu se izvede vizualna in merilna kontrola kakovosti izrezanih delov, da se zagotovi skladnost s specifikacijami.



Slika 45: CNC laserski rezalni stroj TruLaser 3030 fiber (L49)

VIR: (Lasten)

6.6.2 Krivljenje

Posamezne komponente smo krivili s pomočjo krivilnega stroja FUTURA 160-30, ki je zasnovan za natančno in učinkovito krivljenje kovinskih pločevin. Sam postopek krivljenja (slika 46) je vključeval sledeče korake:

1. **Priprava materiala:** Ploščo iz nerjavečega jekla smo postavili na mizo stroja, ki ima delovno dolžino 3000 mm, kar omogoča obdelavo tudi večjih plošč.
2. **Vnos podatkov:** Vnesli smo zelene mere in kote krivljenja v krmilni sistem stroja. To smo opravili s pomočjo CAD/CAM programske opreme, ki je generirala natančne krivulje in sam postopek krivljenja.
3. **Izbira orodja:** Krivilni stroj uporablja nože in orodja vpetja Amada. Samo vpetje omogoča hitro menjavo in visoko natančnost, kar je idealno za kompleksne in ponavljajoče se naloge. Izbrali smo ustrezno orodje, glede na debelino in vrsto materiala, ter zahtevan radij krivljenja.

4. **Postopek krivljenja:** Ko smo vpeli ustrezno orodje, smo s pomočjo laserskega pozicionerja namestili pločevino, stroj pa je samodejno vršil potrebno silo in določil potrebno pot za doseg ustreznega kota krivljenja pločevine.
5. **Nadzor procesa:** Stroj je opremljen s senzorji in krmilnim sistemom, ki nadzoruje postopek krivljenja in zagotavlja natančnost končnega izdelka.



Slika 46: Krivljenje pločevine s strojem FUTURA 160-30

VIR: (Lasten)

6.6.3 Varjenje

Za varjenje spojev in spajanje posameznih komponent s pomočjo zvarov smo uporabili postopek TIG varjenja.

TIG (Tungsten Inert Gas) varjenje, znano tudi kot GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), je proces varjenja, ki uporablja netaljivo volframovo elektrodo za ustvarjanje obloka med elektrodo in obdelovancem.

Za to metodo varjenja smo se odločili predvsem zaradi prednosti, ki nam jih ta postopek nudi. Te so:

- **Visoka kakovost zvara:** TIG varjenje nam omogoča natančne in čiste zware z minimalno deformacijo materiala. To je posebej pomembno pri varjenju nerjavečega jekla, kjer je potrebna visoka kakovost spoja.

- **Nadzor nad varilnim procesom:** Med varjenjem imamo popoln nadzor nad hitrostjo dodajanja varilne žice in nad oblokom, kar omogoča natančno varjenje tudi pri kompleksnih spojih in tankih materialih.
- **Brez brizganja in minimalno popravilo:** Postopek TIG varjenja ne povzroča brizganja, kar zmanjšuje potrebo po dodatnem čiščenju in obdelavi zvarke.
- **Primerno za različne materiale:** TIG varjenje je zelo vsestransko in se lahko uporablja za različne materiale, vključno z bolj zahtevnimi materiali za obdelavo, kot so na primer nerjaveče jeklo, aluminij, magnezij in titan.
- **Estetski zvari:** TIG varjenje omogoča estetsko privlačne zware, kar je pomembno pri izdelkih kjer je zvar viden.

Sam postopek varjenja pa je vključeval naslednje korake;

1. **Priprava materiala:** Ploščo iz nerjavečega jekla je bilo potrebno očistiti, da so se odstranile nečistoče, olja, maščobe in oksidne plasti, ki bi lahko vplivale na kakovost zvara.
2. **Nastavitev opreme:** Uporabi se volframova elektroda, ki se ostri na konus za boljši nadzor obloka. Zaščitni plin, ki je lahko argon ali mešanica argona in helija pa se uporabi za zaščito zvarnega mesta pred oksidacijo. Varilni aparat se nastavi na ustrezen tok (za nerjaveče jeklo je potrebno izbrati enosmeren tok).
3. **Varjenje:** Za vzpostavitev obloka se elektroda približa obdelovancu in ob dotiku se vzpostavi oblok. Elektroda se nato rahlo dvigne, da se ustvari stabilen oblok. Če je potrebno, se med varjenjem v talino dodaja varilna žica, ki se tali in zapolni spoj. Elektrodo premikamo vzdolž spoja in s tem ustvarjamo varilno talino, ki se hladi in strjuje ter tako tvori zvar. Da se zagotovi enakomeren zvar, se prilagajata tako elektromagnetno polje kot hitrost premikanja. Varjenje zaključimo s počasnim zmanjševanjem toka, da preprečimo nastanek razpok zaradi prehitrega hlajenja. Elektroda se dvigne in plin teče še nekaj sekund, da se zvarno mesto zaščiti pred oksidacijo med hlajenjem.

6.6.4 Prilagoditev standardnih komponent

Nekatere standardne dele smo morali prilagoditi, da smo jih lahko vkomponirali v celoten sistem. Pri tem smo si pomagali z različnimi orodji in postopki obdelave. Eno izmed njih je bilo struženje.

Struženje je obdelovalni proces, ki se uporablja za ustvarjanje cilindričnih delov. S pomikanjem stružnega noža, ki se premika vzdolž osi vrtenja obdelovanca, odstranjujemo material in ustvarjamo cilindrično obliko. Gibanje noža je lahko vzdolžno (v smeri osi obdelovanca) ali prečno (pravokotno na os).

Velik poudarek je na tem, da je orodje pravilno naostreno in nameščeno pod ustreznim kotom.

Med samim postopkom struženja oziroma odvzemanja materiala moramo redno preverjati dimenzije obdelovanca, da se zagotovi ustrezna natančnost in skladnost z načrti.

Struženje omogoča izdelavo različnih oblik, kot so valji, konusi in kompleksnejše geometrije, z visoko stopnjo natančnosti.

S postopkom struženja smo v našem primeru obdelali zobate jermenice in tako prilagodili notranji premer jermenic, kot prikazuje slika 47.



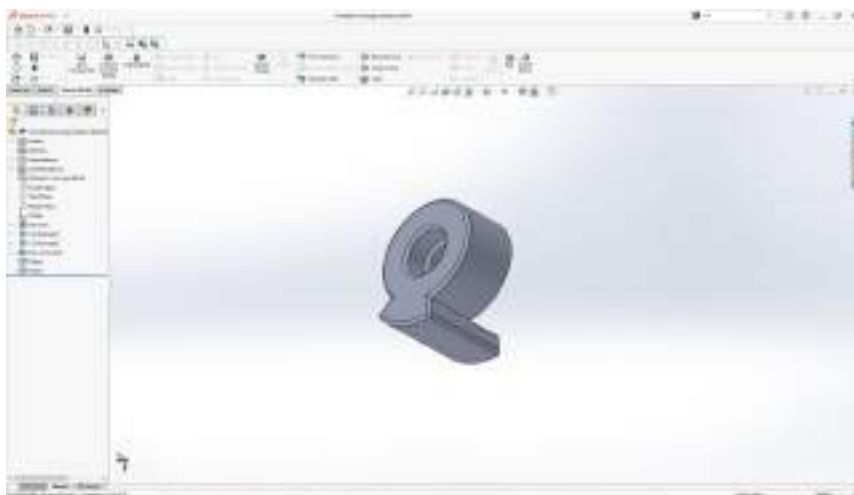
Slika 47: Struženje jermenice zobatega jermena

VIR: (Lasten)

6.7 3D tiskanje

Pri izdelavi določenih komponent smo se poslužili tudi tehnologije 3D tiskanja, predvsem zaradi lažje izdelave dotične komponente, ugodnejše cene in hkrati zato, da nekoliko bolj spoznamo sam proces 3D tiskanja.

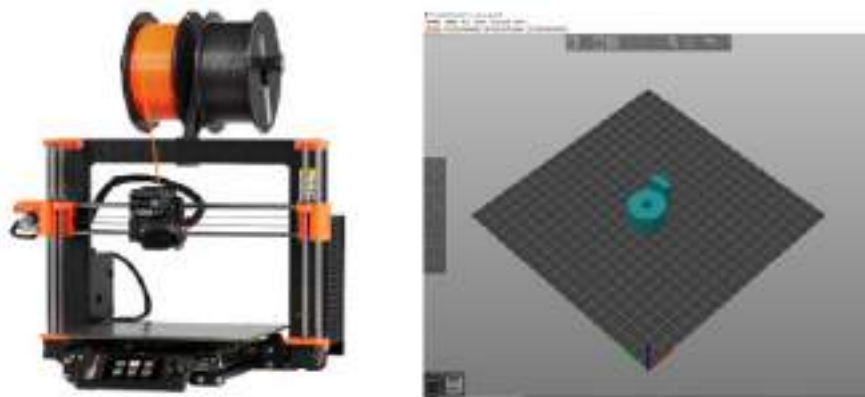
Najprej smo kreirali CAD model izdelka v formatu »stl« (slika 48).



Slika 48: CAD model dela za 3D tisk

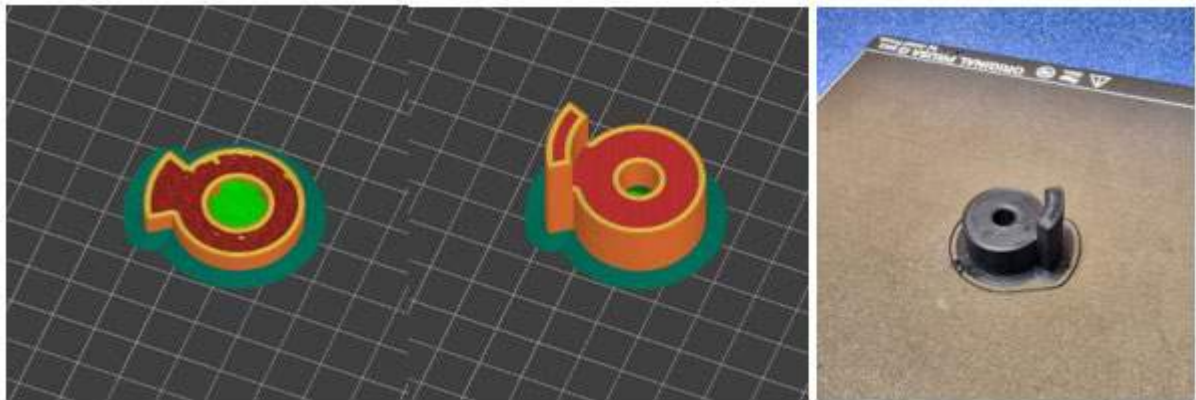
VIR: (Lasten)

Izdelek smo natisnili s pomočjo 3D tiskalnika Prusa MK 2.5 (slika 49). Ker pa je bilo potrebno prej še pripraviti izdelek za 3D tisk, smo to storili s pomočjo programskega urejevalnika Prusa Slicer. Za material smo izbrali ASA TDS filament, ki nam nudi odpornost na kemikalije in vodo, hkrati pa je primeren za tehnične aplikacije. Po določitvi materiala smo morali nastaviti parametre tiskanja, kot so temperatura šobe, temperatura podnožja tiskalnika, hitrosti in pomiki. Nato smo uvozili prej kreiran CAD model našega izdelka ter ga pripravili na tisk s pomočjo programske funkcije rezinjenja in natisnili naš izdelek (slika 50).



Slika 49: 3D tiskalnik Prusa in programski urejevalnik Prusa Slicer

VIR: (Lasten)

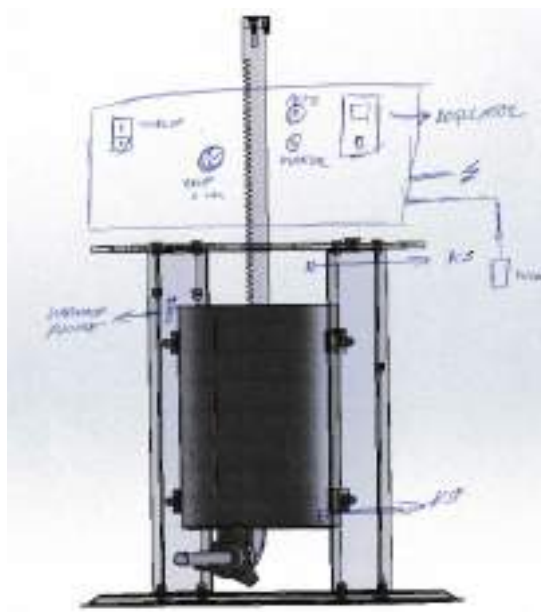


Slika 50: Rezinjenje modela in končan izdelek

VIR: (Lasten)

6.8 Elektro zasnova polnilke

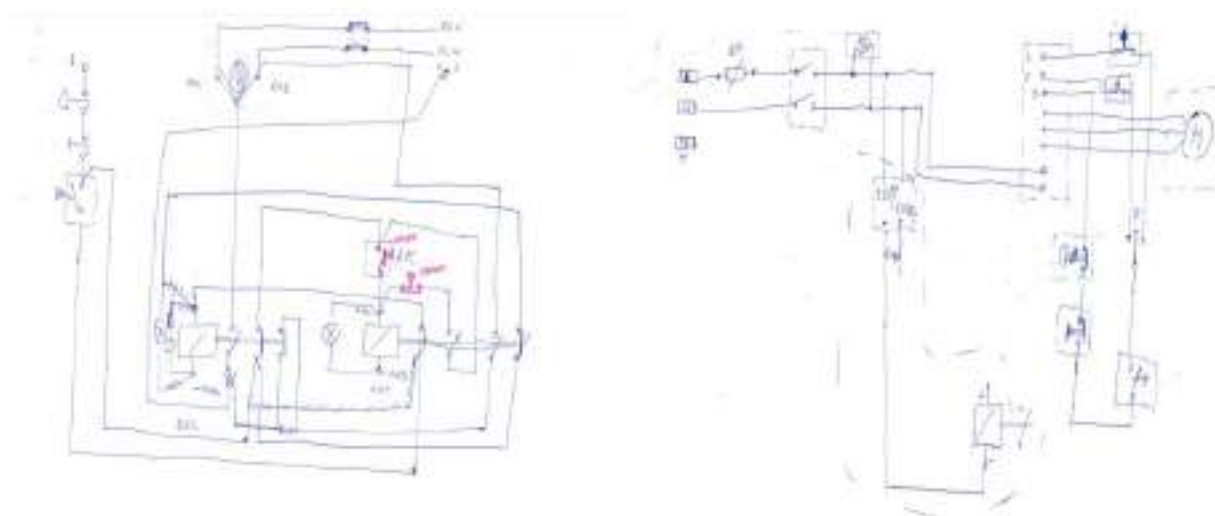
Na osnovi delne konstrukcije našega modela polnilke smo si najprej naredili osnovno skico funkcionalnosti, ki naj bi jih imela naša polnilka (slika 51.). Nato smo morali preveriti ali je izvedba možna, predvsem z vidika stroškovno opravičljivih komponent in prijaznosti do uporabnika ter enostavnosti uporabe.



Slika 51: Skica funkcionalnosti polnilke

VIR: (Lasten)

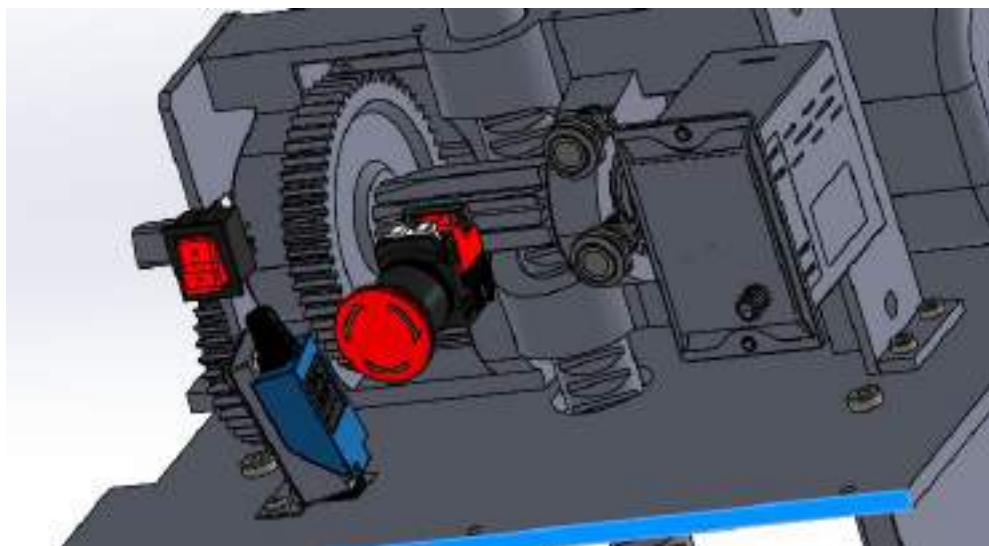
Zato smo izdelali nekoliko podrobnejšo skico, kako bi vse komponente povezali v delujočo enoto (slika 52), ki je hkrati že služila za predlogo sheme vezave.



Slika 52: Skica vezave vseh komponent

VIR: (Lasten)

Ko smo določili kompatibilnost vseh delov elektro konfiguracije in opravili vse potrebne popravke in prilagoditve, smo elektro komponente umestili v sam 3D model polnilke (slika 53) in na osnovi tega zasnovali tako imenovano nadzorno ploščo polnilke.



Slika 53: Umestitev elektro komponent v 3D model

VIR: (Lasten)

6.9 Sestava polnilke ter integracija mehanizmov in komponent

Postopek sestave polnilke je obsegal več korakov, ki jih bomo v nadaljevanju podrobneje predstavili. Integracija mehanizmov in komponent pa se nanaša na postopek združevanja različnih delov, mehanizmov in komponent v celovit sistem ali izdelek. Sestavo in integracijo mehanizmov in komponent lahko opredelimo kot skupek več faz (slika 54).



Slika 54: Sestava polnilke z vsemi komponentami

VIR: (Lasten)

A. ZDRUŽEVANJE FIZIKALNIH ELEMENTOV

Gre za povezovanje fizičnih komponent, kot so kosi strojne opreme, elektronski sklopi, mehanski deli, električne komponente itd. v enotno in delujočo celoto. To vključuje pravilno namestitev, pritrditev in povezavo med različnimi elementi.

B. USKLAJEVANJE DELOVANJA

Integracija zahteva usklajevanje delovanja posameznih mehanizmov in komponent (slika 55), da skupaj tvorijo delujoč sistem. To vključuje sinhronizacijo gibanja, komunikacijo med elektronskimi deli, usklajevanje časovnih parametrov in drugih funkcionalnosti.



Slika 55: Preizkusna vezava elektro komponent

VIR: (Lasten)

C. OPREMLJANJE S POVEZOVALNIMI ELEMENTI

Integracija vključuje tudi vgradnjo povezovalnih elementov, kot so vijaki, vpetja, spojke, žične povezave, priključki itd., ki zagotavljajo stabilnost, moč in povezljivost med različnimi komponentami.

D. PREIZKUŠANJE ZDRUŽENEGA SISTEMA

Po integraciji se izvedejo temeljita preizkušanja, da se preveri ali vsi mehanizmi in komponente delujejo pravilno v okviru celotnega sistema. To vključuje preizkuse funkcionalnosti, zanesljivosti, vzdržljivosti in drugih ključnih parametrov.

E. RAZREŠEVANJE KONFLIKTOV IN OPTIMIZACIJA

Med integracijo se lahko pojavijo konflikti med različnimi komponentami ali mehanizmi. Razreševanje teh konfliktov in optimizacija sistema sta ključna koraka za to, da se zagotovi učinkovito delovanje, ki poteka brez neželenih težav. V našem primeru večjih konfliktov ni bilo, potrebni pa so bili manjši popravki pozicij končnih stikal ter centriranje položaja motorja in pogona, kar pa smo predvideli že pri konstruiranju.

6.10 Nadgradnja polnilke

Izvedli smo primerjavo nadgradenj polnilke (slika 56), ki smo jih predvideli in izvedli že v fazi konstruiranja, z namenom izboljšanja njene zmogljivosti, učinkovitosti in vzdržljivosti v primerjavi z obstoječimi modeli na trgu. Glavne nadgradnje so vključevale uporabo ležajev na pogonskih oseh namesto puš, vgradnjo močnejšega elektromotorja ter povečanje debeline nosilne stene iz 1,5 mm na 3 mm.

Vsaka od teh nadgradenj prinaša svoje prednosti in izzive, ki smo jih morali preučiti, da smo dobili vpogled v smotrnost nadgradnje. Povzeli smo prednosti in slabosti vsake posamezne nadgradnje.

6.10.1 Uporaba ležajev na pogonskih oseh namesto puš

Z uporabo ležajev v pogonu (slika 57) smo ciljali predvsem na kvaliteto izdelave, saj lahko uporaba puš namesto ležajev pri uporabniku takoj pomeni nizkocenovno izdelavo in priokus slabše izvedbe. Nadgradnja z ležaji v pogonu pa ne le izboljšuje delovanje polnilke, ampak lahko uporaba kakovostnejših komponent, kot so ležaji, dolgoročno prinese tudi višje donose. Za vložek enega procenta celotne investicije se tako bistveno povečata tako vrednost polnilke kot tudi njena konkurenčnost na trgu.



Slika 56: Primer pogona s pušami

VIR: (<https://www.tehnonet.si/si/izdelek/295/polnilka-l-7-inox/>)



Slika 57: Naš pogon z ležaji na oseh

VIR: (Lasten)

PREDNOSTI:

A. Večja stabilnost

Ležaji omogočajo bolj gladko in stabilno vrtenje, kar lahko izboljša natančnost in enakomernost polnjenja.

B. Zmanjšano trenje

Ležaji zmanjšujejo trenje med gibanjem, kar lahko podaljša življenjsko dobo stroja in zmanjša obrabo.

C. Zmanjšana potreba po vzdrževanju

Ležaji običajno zahtevajo manj vzdrževanja kot puše, kar lahko zmanjša stroške vzdrževanja.

SLABOSTI:

A. Višji stroški

Uporaba ležajev lahko povzroči višje začetne stroške zaradi dražjih komponent.

B. Zahtevnejša namestitve

Namestitev ležajev lahko zahteva več časa in strokovnega znanja kot namestitev puš.

6.10.2 Vgradnja močnejšega elektromotorja

Pri tej nadgradnji je bil naš namen zagotoviti zadostno moč ne glede na vrsto polnila, sej se le ta lahko precej razlikujejo glede gostote in viskoznosti. Hkrati pa nam to v prihodnosti omogoča povečanje volumna polnilke brez dodatnih posegov v sam pogon polnilke.

PREDNOSTI:

A. Večja moč

400 W elektromotor zagotavlja večjo moč in posledično hitrejšo delovanje ter bolj učinkovito polnjenje.

B. Večja zmogljivost

Večja moč omogoča obdelavo večje količine klobas v krajšem času, kar lahko poveča produktivnost.

C. Boljša učinkovitost

Elektromotor z večjo močjo lahko zagotavlja boljše delovanje in manjšo verjetnost zastojev ali preobremenitev, hkrati pa mu podaljšujemo življenjsko dobo z manjšimi obremenitvami.

SLABOSTI:

A. Višji stroški

Elektromotor z večjo močjo običajno prinese višje stroške v primerjavi z manj zmogljivimi možnostmi.

B. Večja poraba energije

Močnejši motor lahko porabi več električne energije, kar lahko povzroči višje stroške obratovanja.

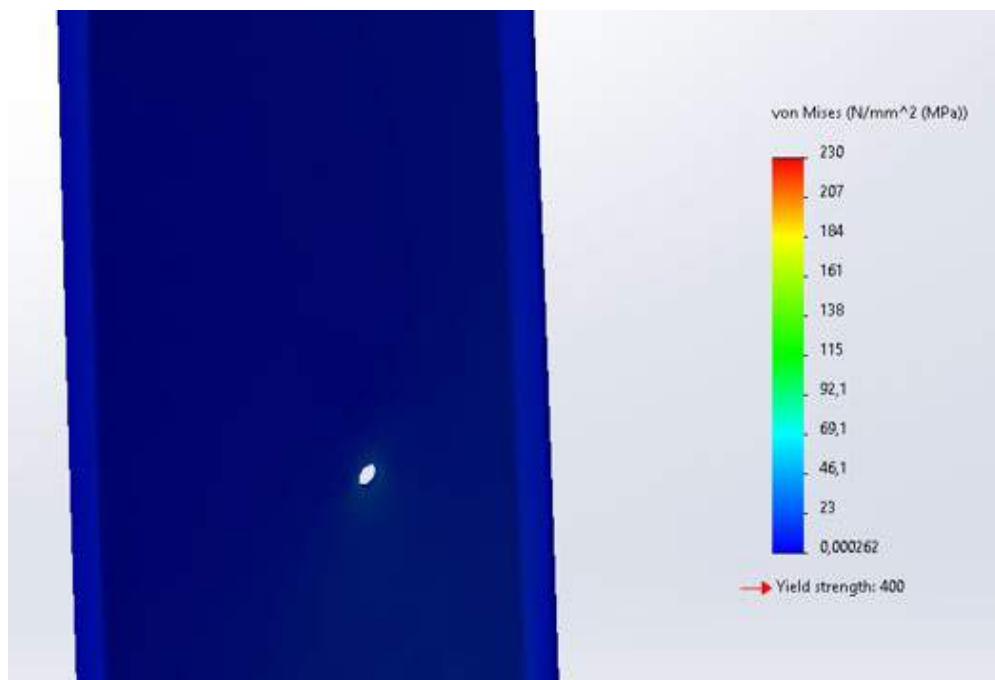
6.10.3 Povečanje debeline nosilne stene

Za povečanje debeline stene smo se odločili na podlagi izvedenih simulacij, saj smo ugotovili, da nosilna stena z debelino 1,5 mm skoraj ne ustreza zahtevam oziroma obremenitvam, ki nastanejo med delovanjem polnilke. Pri debelini stene 1,5 mm smo med simulacijo opazili tudi povečane vrednosti napetosti pri luknjah, kar prikazuje slika 58. Medtem ko smo s povečanjem debeline stene na 3 mm te vrednosti napetosti odpravili (slika 59).



Slika 58: Povečana napetost ob uporabi 1,5 mm debele pločevine

VIR: (Lasten)



Slika 59: Brez povečane napetosti ob uporabi 3 mm debele pločevine

VIR: (Lasten)

PREDNOSTI:

A. Večja trdnost

Debelejša nosilna stena zagotavlja večjo trdnost in vzdržljivost konstrukcije.

B. Večja varnost

Bolj robustna konstrukcija lahko zagotavlja večjo varnost pri uporabi in zmanjšuje možnost poškodb zaradi deformacij ali razpok.

C. Daljša življenjska doba

Debelejša nosilna stena lahko podaljša življenjsko dobo stroja.

SLABOSTI:

A. Dodatna teža

Povečanje debeline stene lahko poveča skupno težo stroja, kar lahko oteži prenos ali premikanje.

B. Višji stroški

Uporaba dodatnega materiala povzroči višje začetne stroške proizvodnje.

Smotrnost nadgradnje je odvisna od več dejavnikov, kot so pričakovanja glede kakovosti in zmogljivosti, konkurenčnosti na trgu in navsezadnje tudi od naših zahtev, katere bi naj izdelek izpolnjeval. Z vidika izboljšane učinkovitosti, vzdržljivosti in hitrosti delovanja je nadgradnja smotrna, saj lahko prinese boljše rezultate in zadovoljstvo strank. Z vidika stroškov pa je potrebno oceniti ali so dodatni stroški glede na pridobljene koristi upravičeni.

6.10.4 Funkcija delno avtomatskega delovanja

Glede na to, da smo konstruirali polnilko z namenom, da jo lahko upravlja ena oseba, smo se za prihranek časa in lažjo manipulacijo odločili nadgraditi polnilko z možnostjo avtomatskega vračanja potisnega bata ob prazni posodi polnilke.

PREDNOSTI:

A. Povečana učinkovitost in produktivnost

Avtomatsko vračanje potisnega bata zmanjšuje čas, ki ga potrebuje operater za ročno vračanje bata, kar povečuje celotno učinkovitost delovanja polnilke.

B. Zmanjšanje obremenitve operaterja

Zmanjša se potreba po ročnem upravljanju polnilke, kar zmanjšuje obremenitev in utrujenost operaterja.

SLABOSTI:

A. Višji stroški in kompleksnost

Nadgradnja lahko zahteva dodatne stroške za nakup in namestitve opreme ter lahko poveča kompleksnost konstrukcije polnilke, kar doprinese k višjim začetnim stroškom investicije in zahteva večjo strokovnost pri vzdrževanju in popravilih.

B. Potencialna ranljivost sistema

Avtomatizirani sistemi (slika 60) lahko postanejo ranljivi za okvare ali zastoje, kar lahko vodi v prekinitev proizvodnje in do potrebe po popravilih.



Slika 60: Niskonapetostni releji, potrebni za delno avtomatsko delovanje

VIR: (Lasten)

7 PREIZKUŠANJE IN ANALIZA

Preizkušanje in analiza sta ključna koraka v razvoju in proizvodnji, ki zagotavljata kakovost, učinkovitost in zanesljivost izdelkov. Preizkusni postopki omogočajo sistematično ovrednotenje delovanja in lastnosti, medtem ko analize prinašajo vpogled v zbrane podatke. Z nenehnim preizkušanjem zagotavljamo, da izpolnjujemo standarde kakovosti, hkrati pa analize pomagajo pri identifikaciji potencialnih izboljšav. Skupaj tvorita nepogrešljiv del procesa, ki vodi k razvoju in vzdrževanju visokih standardov v različnih industrijah.

7.1 Metodologija preizkušanja

Metodologija preizkušanja je strukturiran pristop, ki zagotavlja, da izdelek, sistem ali komponenta izpolnjujejo vnaprej določene zahteve in delujejo kot je bilo predvideno.

Metodologija preizkušanja se lahko razlikuje glede na vrsto izdelka, industrijo, obseg projekta in specifične zahteve, ki so z njimi povezane. V praksi so razvite številne metodologije in okvirne strategije za preizkušanje, ki jih lahko organizacije sprejmejo in prilagodijo svojim potrebam, vključno z Agile (slika 61), Waterfall, V-Model, Spiral, itd.



Slika 61: Diagram metodologije preizkušanja Agile

VIR: (Pavlović, 2018)

V našem primeru smo si zastavili sledeče zahteve, katere smo morali preizkusiti ali delujejo tudi ob uporabi v praksi. Prikazane so v tabeli 4.

Tabela 4: Tabela zahtev preizkušanja

Natančnost polnjenja	Zmanjšanje nepotrebnega izmeta.
Zamenjava delov	Za spremembo izdelka potrebna menjava delov, ki mora biti hitra in enostavna.
Čiščenje	Vse površine, zlasti tiste, ki so v stiku s produktom, morajo biti enostavne za čiščenje in lahko dostopne. Čiščenje je mogoče s čim manj ali brez razstavljanja.
Polnjenje in manipulacija s polnilno posodo	Enostavnost manipulacije, polnjenja, preprečitev padcev ali razlitja.
Varovanje polnilne posode	Ohranjanje položaja posode brez prevračanja, tresenja ali vibracij.
Ohišje in zunanja konstrukcija	Električna ohišja morajo biti zaščitena, odporna proti koroziji in primerna za čiščenje.
Dostopnost in umestitev v prostor	Mora se prilegati razpoložljivemu prostoru, vključno z dostopom za vzdrževanje in čiščenje.
Priključne instalacije	Potreba zmanjšana na minimalno potrebne instalacije za delovanje, brez nepotrebnih vezav, ki bi ogrožale varnost predvsem elektro vodnikov.
Namestitev	Postopek namestitve in stroški, čim enostavnejša namestitev, preprosta sestava in zagon.
Oznake	Vsi nadzorni elementi morajo biti jasno označeni.
Priročniki	Podrobni in uporabni priročniki za delovanje in vzdrževanje, ki so na voljo skupaj s shematskim prikazom ožičenja.
Materiali, uporabljeni za izdelavo	Materiali ne smejo korodirati zaradi interakcij s produkti in čistilnimi sredstvi. Materiali, ki niso namenjeni stiku z živili morajo biti ustrezno zaščiteni.
Območje delovanja	Stroj mora učinkovito delovati pri želeni temperaturi polnjenja in v zato predvidenem razponu temperature.
Cena	Cena mora biti dostopna, vključno z obratovalnimi stroški.
Volumen polnilne posode	Polnilna posoda mora imeti predvideno kapaciteto polnjenja.

Varnost	Za delovanje, vzdrževanje in čiščenje morajo biti vključene ustrezne varnostne zaščite in naprave za zaklepanje.
Higienski dizajn	Vse notranje in zunanje površine morajo imeti naklon in biti zasnovane tako, da ne zadržujejo tekočin. Površine morajo biti polirane z gladkimi krivuljami in zaokrožitvami robov.
Rezervni deli	Dostopnost in cena.
Hitrost polnjenja	Mora zadovoljiti zahteve glede stopnje proizvodnje.
Standardi	Polnilka mora izpolnjevati industrijske standarde za varnost hrane in človeka.
Usposabljanje	Enostavnost usposabljanja za operaterje.
Natančnost polnjenja	Zmanjšanje nepotrebnega izmeta.
Zamenjava delov	Za spremembo izdelka potrebna menjava delov, ki mora biti hitra in enostavna.
Čiščenje	Vse površine, zlasti tiste, ki so v stiku s produktom, morajo biti enostavne za čiščenje in lahko dostopne. Čiščenje je mogoče s čim manj ali brez razstavljanja.
Polnjenje in manipulacija s polnilno posodo	Enostavnost manipulacije, polnjenja, preprečitev padcev ali razlitja.

VIR: (Lasten)

7.2 Zmogljivost polnilke

Preverjanje zmogljivosti polnilke je vključevalo različna preizkušanja, ki so slonela na merjenju ključnih parametrov delovanja, učinkovitosti in zanesljivosti naprave, kar nam prikazuje tabela 5 (Product Testing: Types, Methods, and Choosing the Best Testing Strategy for Your Product, 2022).

1. *Preizkušanje hitrosti polnjenja*

Preizkusili smo v kakšnem času opravimo cikel polnjenja polnilke, doziranja in ponovnega polnjenja ter nato cikel preračunali na možno kapaciteto polnjenja na obdobje ene ure.

2. *Natančnost doziranja*

Preverjali smo ali polnilka natančno dozira zahtevano količino polnila. Določili smo čas doziranja, nato smo izvedli več ponovitev z istim časom doziranja in spremljali, če prihaja do odstopanj glede na težo posameznih polnjenj.

3. *Test trajnosti*

Opravili smo preizkus z neprekinjenim delovanjem za določen čas in spremljali nastanek kakršne koli okvare ali spremembe v zmogljivosti.

4. *Preskušanje z različnimi polnili*

Polnilko smo testirali z različnimi teksturami polnila, da smo lahko ocenili kako polnjenje in rokovanje z različnimi mešanici vpliva na njeno delovanje.

5. *Energijska učinkovitost*

Glede na to, da nimamo ustrezne opreme za merjenje porabe električne energije (watt metra), smo porabo energije, ki jo za delovanje rabi polnilka izračunali na osnovi podanih podatkov motorja.

6. *Robustnost mehanizma*

Preverili smo mehanske dele in komponente, kot so odzračevalni ventil, tesnilo, zobniški prenos itd., da smo preverili obrabo in potencialno potrebo po vzdrževanju.

7. *Ergonomska in uporabniška preizkušanja*

Poskušali smo oceniti kako enostavno oziroma zapleteno je upravljati s polnilko, vključno s čiščenjem, vzdrževanjem in nastavitvijo različnih funkcij.

8. *Varnostni preizkusi*

Preizkusili smo varnostne funkcije, kot so zaščite gibljivih delov, zasilni izklopi in ustavitve v končnih položajih.

Tabela 5: Prikaz podatkov testiranja

MERITEV	POLNILO A / POLNILO B	PONOVITEV 1		PONOVITEV 2		PONOVITEV 3		ENOTA MERJENJA
		A	B	A	B	A	B	
Hitrost polnjenja		110 / 95						kg/h
Natančnost doziranja		173/212	168/232	165/198	180/210	167/228	177/241	g/2s
Test trajnosti		brez sledi poškodb ali obrabe						h
Energijska učinkovitost		0,454						kWh
Robustnost mehanizma		Ne		Ne		Ne		Da/Ne
Ergonomija		8		8		7		Ocena (od 1 do 10)

VIR: (Lasten)

Vse rezultate preizkušanja smo zabeležili, analizirali in primerjali z našimi zastavljenimi cilji glede zmogljivosti. Na podlagi teh podatkov bi lahko kasneje sprejeli nadaljnje odločitve o izboljšavah ali potrebnih modifikacijah na prototipu.

7.3 Primerjava s konkurenčnimi izdelki

Za izvedbo primerjave zmogljivosti naše polnilke s konkurenčnimi modeli smo sledili sledečim korakom:

Izbira konkurenčnih modelov

Identificirali smo konkurenčne modele, ki so neposredni konkurenti našemu izdelku in so si v specifikacijah dovolj podobni, da omogočajo smiselno primerjavo.

Zbiranje podatkov o konkurentih

Poskusili smo zbrati čim več tehničnih podatkov in zmogljivosti konkurenčnih modelov iz različnih virov, kot so specifikacijski listi, uporabniška navodila, nepristranske ocene in potrošniške povratne informacije.

Za lažjo primerjavo smo izbrali in določili ključne zmogljivostne kazalnike (KPI), ki so pomembni za primerjavo, kot so cena, zanesljivost, čiščenje, vzdrževanje in stroški. Izvedli primerjavo glede na teste naše polnilke in zbrane tehnične podatke konkurenčnih polnilk. Zagotoviti pa smo morali tudi objektivnost primerjave, brez pristranskosti do našega izdelka.

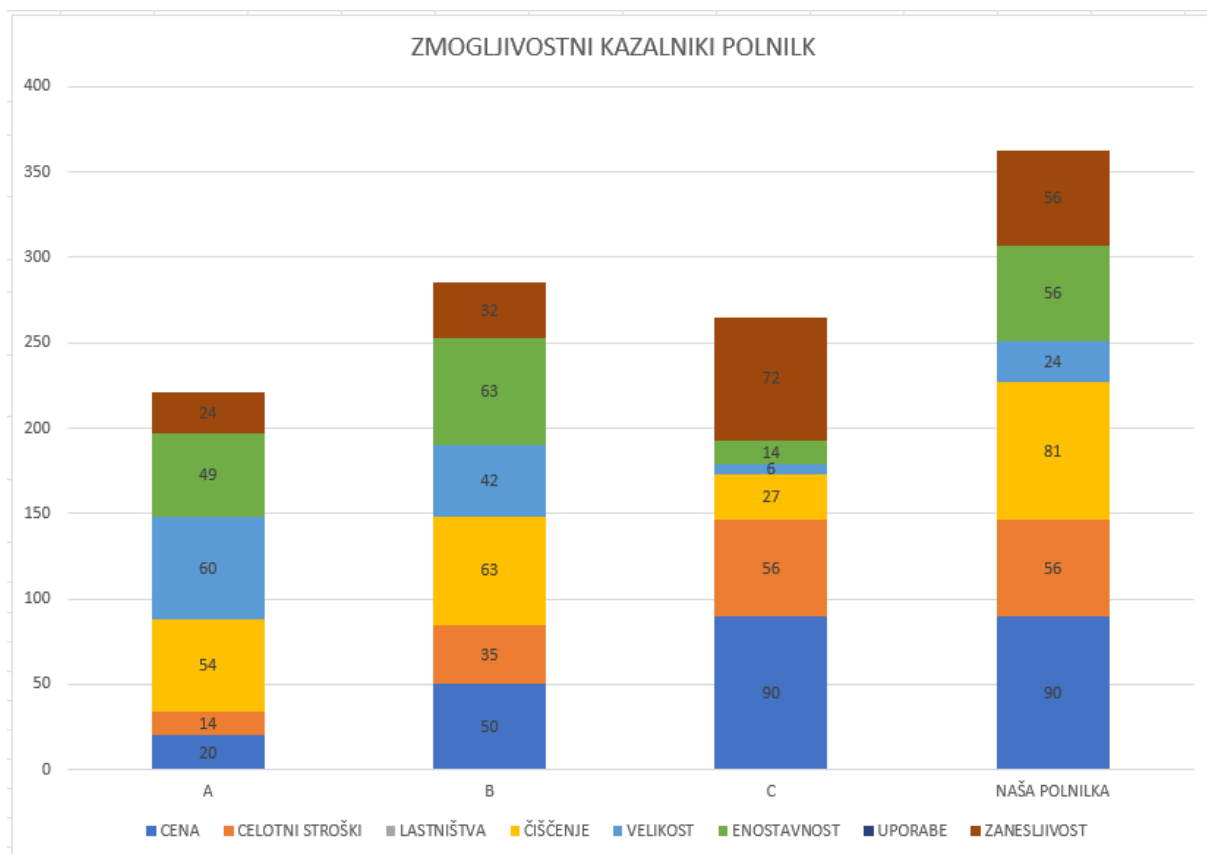
V kolikor bi želeli še več informacij glede primerjave polnilk, bi lahko vključili praktične uporabnike, kot so delavci v mesnopredelovalnem obratu, da preizkusijo naš prototip in konkurenčne modele ter podajo povratne informacije glede uporabniške izkušnje.

Ko smo pridobili vse potrebne podatke, smo jih primerjali in ugotovitve zapisali v obliki tabele 6 in grafa 1.

Tabela 6: Primerjava polnilke s konkurenčnimi polnilkami

KRITERIJI	TEŽA OCENE	OCENA POLNILKA A	OCENA POLNILKA B	OCENA POLNILKA C	NAŠA POLNILKA
CENA	10	2	5	9	9
CELOTNI STROŠKI LASTNIŠTVA	7	2	5	8	8
ČIŠČENJE	9	6	7	3	9
VELIKOST	6	10	7	1	4
ENOSTAVNOST UPORABE	7	7	9	2	8
ZANESLJIVOST	8	3	4	9	7
SKUPAJ		221	285	265	363

VIR: (Lasten)



Graf 1: Kazalniki zmogljivosti

VIR: (Lasten)

Na podlagi zbranih podatkov in analiz smo lahko ocenili kako se naš prototip primerja s konkurenti in identificirali območja, kjer bi lahko izvedli izboljšave. Ugotovili smo, da se je naša polnilka odrezala najboljše izmed vseh. Je pa dejstvo, da je namensko konstruirana in izdelana glede na naše zahteve, medtem ko so ostale polnilke namenjene bolj maloprodaji ali pa industrijski rabi in posledično rezultati niso povsem objektivni za specifično tržišče.

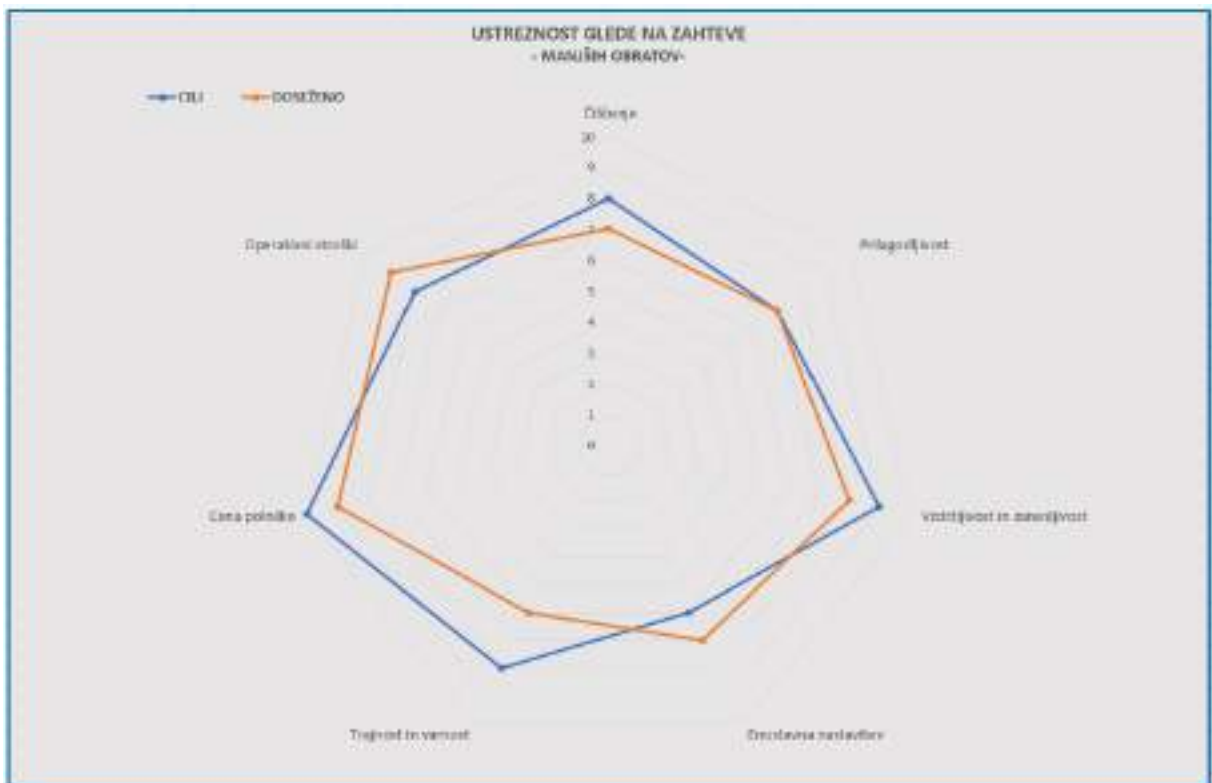
7.4 Ustreznost glede na zahteve manjših obratov

Da bi opredelili ustreznost polnilke glede na zahteve manjših obratov, smo morali upoštevati številne dejavnike, ki vplivajo na specifične potrebe in omejitve takih obratov. Nekaj ključnih dejavnikov smo poskusili definirati in grafično prikazati, kar je razvidno iz tabele 7 in grafa 2.

Tabela 7: Primernost polnilke za manjše obrate

HIGIENA IN ČIŠČENJE	
Zahteva	Doseženo
• enostavno čiščenje • vzdrževanje higienskih standardov • odpornost na korozijo	✓ izpolnjuje, nekaj težje dostopnih mest ✓ izpolnjuje ✓ izpolnjuje
PRILAGODLJIVOST	
Zahteva	Doseženo
• različne viskoznosti polnilnega medija • različne vrste embalaže	✓ izpolnjuje ✓ izpolnjuje
VZDRŽLJIVOST IN ZANESLJIVOST	
Zahteva	Doseženo
• možnost rezervnih delov • minimalne okvare • vzdržljivost materialov	✓ izpolnjuje, večina dobavljivih ✓ izpolnjuje ✓ izpolnjuje
ENOSTAVNA NASTAVITEV	
Zahteva	Doseženo
• enostavno prilagajanje parametrov	✓ izpolnjuje, povsem preprosto prilagajanje
TRAJNOST IN VARNOST	
Zahteva	Doseženo
• materiali in komponente trajni • materiali varni za stik z živili • varna za uporabnika	✓ izpolnjuje ✓ izpolnjuje ✓ izpolnjuje, možnost nadgradnje
CENA	
Zahteva	Doseženo
• nabavna cena polnilke	✓ izpolnjuje
OPERATIVNI STROŠKI	
Zahteva	Doseženo
• vzdrževanje • servisiranje	✓ izpolnjuje, minimalno ✓ izpolnjuje, enostavno

VIR: (Lasten)



Graf 2: Grafični prikaz ustreznosti polnilke

VIR: (Lasten)

Skupaj smo dosegli odlične rezultate glede operativnih stroškov in cene polnilke. Večina ciljev je doseženih ali pa smo zelo blizu doseženega cilja, pri čemer prepoznavamo potrebo po manjših izboljšavah v nekaterih kategorijah. Dodatno bi se morali osredotočiti na izboljšave glede trajnosti in varnosti ter morda uvesti dodatne optimizacije glede čiščenja, da bi popolnoma dosegli zastavljene cilje.

8 ANALIZA OPRAVLJENEGA DELA IN STROŠKOV

Pri izdelavi polnilke smo poskušali doseči ekonomično izdelavo, ne da bi pri tem vplivali na kakovost izdelka. Zato smo se poslužili nakupa nekaterih standardnih sestavnih delov, hkrati pa je izdelava prototipa oziroma novega in prilagojenega izdelka stroškovno zahtevna. Vsebuje namreč stroške, ki bi jih ob nadaljnji serijski proizvodnji bistveno zmanjšali ali pa jih celo povsem odpravili.

To poglavje smo namenili analizi dela, ki je bilo opravljeno med procesom izdelave, ter sami kalkulaciji stroškov opravljenega dela in materiala, ki so nastali v tem procesu. Poskušali smo prikazati vse stroške, ki vplivajo na končno ceno izdelka.

8.1 Kalkulacija stroškov

V našem primeru smo se poslužili naknadne oziroma obračunske kalkulacije. Najustreznejša je bila zato, ker se izdela takrat, ko je končana proizvodnja nekega izdelka oziroma ko je opravljena storitev. Z njo smo ugotovili dejansko višino vseh nastalih stroškov. Pripravili smo tabelo s prednastavljenimi formulami ter sprotno vnašali vse komponente in opravljene storitve. Tako smo dobili realen vpogled v stroške (tabela 8).

Tabela 8: Seštevek stroškov

Stroški materiala	Količina	Enota	Cena na enoto	Skupni stroški
Regulator hitrosti	1	kos	€ 19,90	€ 19,90
Motor z reduktorjem	1	kos	€ 93,76	€ 93,76
Pedal za posluževanje	1	kos	€ 8,34	€ 8,34
Tipka za zasilni izklop	1	kos	€ 8,16	€ 8,16
Napajalnik 12V	1	kos	€ 5,52	€ 5,52
Signalno stikalo	1	kos	€ 3,41	€ 3,41
Rele s podnožjem	2	kos	€ 6,62	€ 13,24
Tipka 1-0-2	1	kos	€ 1,66	€ 1,66
Tipka za vklop	1	kos	€ 1,48	€ 1,48
Laserski senzor	1	kos	€ 11,80	€ 11,80
Signalno stikalo	1	kos	€ 12,83	€ 12,83
Drobni inventar (kabelski čevlji, spojke,...)	1	enota	€ 2,60	€ 2,60
Kabli	1	enota	€ 3,20	€ 3,20
Pogon s prenosi	1	kos	€ 2,64	€ 72,64
Zobata letev	1	kos	€ 56,70	€ 56,70
Zobata jermenica	2	kos	€ 5,08	€ 10,16
Pločevina	28,6	kg	€ 3,38	€ 96,67
Kontakt končnega stikala	1	kos	€ 3,80	€ 3,80
Tesnilo	1	kos	€ 4,40	€ 4,40
Mast FG	0,04	kg	€ 40,64	€ 1,63
Mast LG	0,05	kg	€ 9,76	€ 0,49
Potisna plošča	1	kos	€ 26,70	€ 26,70
Ležaj 6005	1	kos	€ 1,75	€ 1,75
Ležaj 6204	1	kos	€ 2,49	€ 2,49
Puša RCK 61 15x28	1	kos	€ 5,28	€ 5,28
Puša RCK 61 22x40	1	kos	€ 7,04	€ 7,04
Ležaj 6003	1	kos	€ 1,32	€ 1,32
Ležaj 6201	1	kos	€ 2,19	€ 2,19

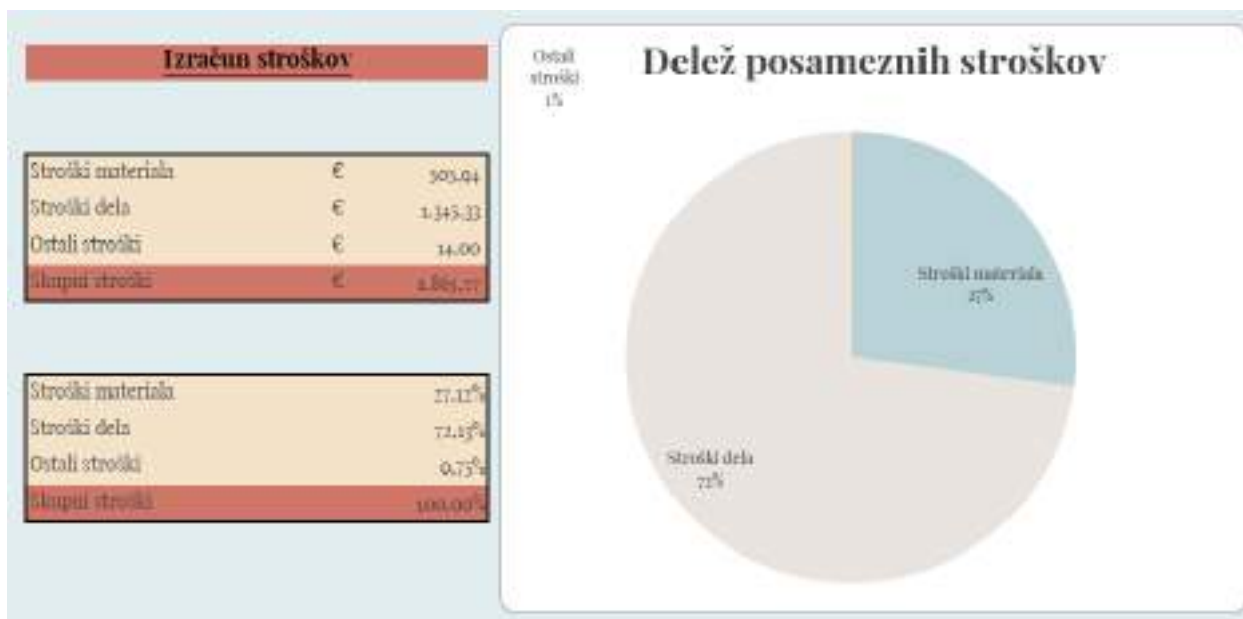
Vezni material (vijaki, matice, podložke,...)	1	enota	€	13,64	€	13,64
Vzmet ventila	1	kos	€	0,75	€	0,75
Inox palica	0,013	3m	€	35,94	€	0,47
Zobati jermen	1	kos	€	11,93	€	11,93
Skupaj					€	505,94

Stroški dela	Količina	Enota	Cena na enoto	Skupni stroški
Varjenje	1,3	h	€ 33,00	€ 42,90
Razrez in krivljenje pločevine	2,3	h	€ 36,60	€ 84,18
3D modeliranje	42,5	h	€ 26,60	€ 1.130,50
3D skeniranje	0,25	h	€ 48,00	€ 12,00
Testiranje	2,15	h	€ 15,00	€ 32,25
Strojna obdelava	1,45	h	€ 30,00	€ 43,50
Skupaj				€ 1.345,33

Ostali stroški	Količina	Enota	Cena na enoto	Skupni stroški
Poštšina	4	kos	€ 3,50	€ 14,00
Skupaj				€ 14,00

VIR: (Lasten)

Za lažjo predstavo smo stroške še grafično prikazali (graf 3), kar nam bo v nadaljevanju pomagalo pri določitvi tako imenovane točke preloma oziroma pragu rentabilnosti.



Graf 3: Prikaz stroškov po deležu

VIR: (Lasten)

8.2 Določitev lastne in prodajne cene

Lastno ceno določimo na dokaj enostaven način, in sicer moramo upoštevati vse nastale stroške, kot so stroški materiala, stroški dela in stroški režije. Stroški, ki jih je potrebno upoštevati so prikazani na sliki 62.



Slika 62: Shema določanja lastne cene

VIR: (Letonja idr., 2019, str. 39)

Za določitev prodajne cene pa moramo lastni ceni prišteti še odvisne stroške prodaje. Tako dobimo prodajno ceno izdelka, kar je prikazano na sliki 63.



Slika 63: Diagram sestave prodajne cene

VIR: (Lasten)

8.3 Določitev točke preloma

Ker smo polnilko konstruirali, prilagajali ter izboljševali, so stroški prvega izdelka oziroma prototipa precej visoki ter ne predstavljajo realne cene posameznega izdelka. Zato smo morali določiti še točko preloma. S tem smo izračunali kdaj se nam bo vložek povrnil oziroma pri koliko izdelanih polnilkah lahko pričakujemo dobiček.

Točka preloma je računska in grafična metoda, s katero običajno določimo obseg proizvodnje ali prodaje, kjer so celotni stroški enaki celotnim prihodkom (Šerif, 2007).

S pomočjo točke preloma pa lažje določimo tudi lastno ceno izdelka.

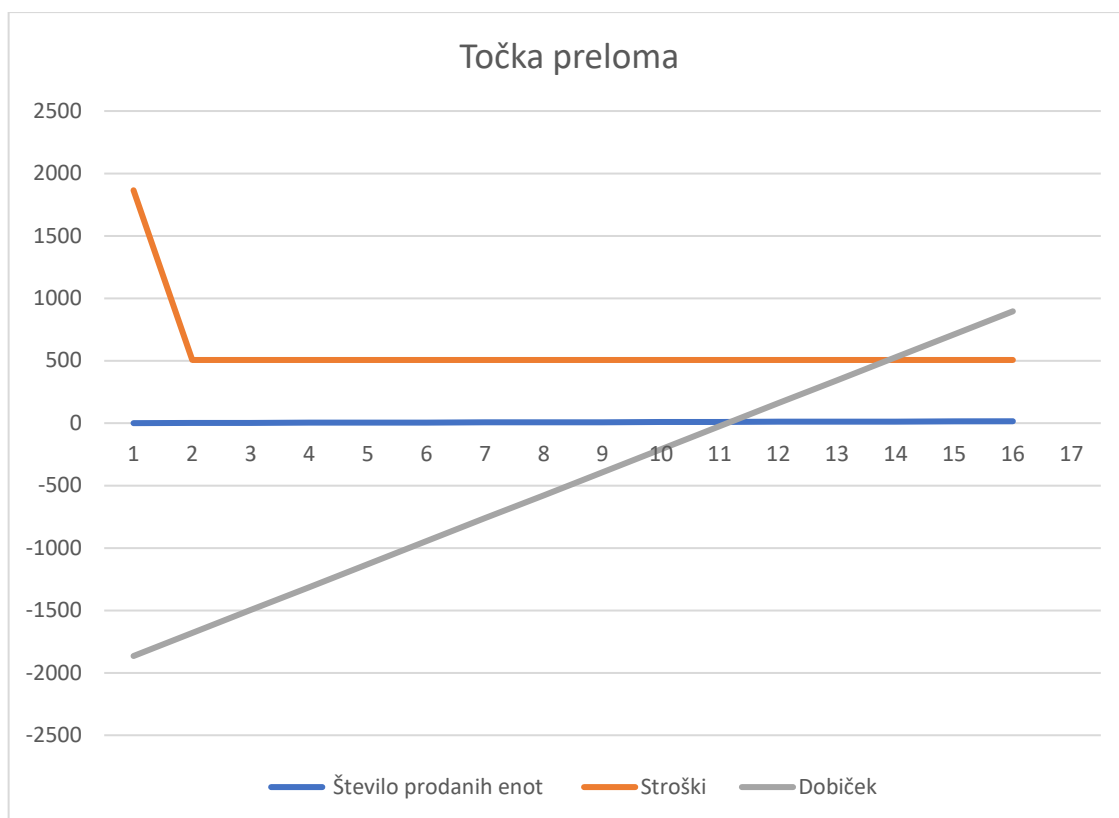
Ponovno smo se poslužili programa Excel, kje smo s pomočjo nastavljenih formul pripravili izračun za točko preloma (tabela 9) ter jo tudi grafično prikazali (graf 4).

Tabela 9: Izračun točke preloma

ŠTEVILO PRODANIH ENOT	PRIHODEK	STROŠKI	DOBIČEK
0	0,00 €	1.865,27 €	-1.865,27 €
1	690,00 €	505,94 €	-1.681,21 €
2	690,00 €	505,94 €	-1.497,15 €
3	690,00 €	505,94 €	-1.313,09 €
4	690,00 €	505,94 €	-1.129,03 €
5	690,00 €	505,94 €	-944,97 €
6	690,00 €	505,94 €	-760,91 €
7	690,00 €	505,94 €	-576,85 €
8	690,00 €	505,94 €	-392,79 €
9	690,00 €	505,94 €	-208,73 €
10	690,00 €	505,94 €	-24,67 €
11	690,00 €	505,94 €	159,39 €
12	690,00 €	505,94 €	343,45 €
13	690,00 €	505,94 €	527,51 €
14	690,00 €	505,94 €	711,57 €

ŠTEVILO PRODANIH ENOT	PRIHODEK	STROŠKI	DOBIČEK
15	690,00 €	505,94 €	895,63 €

VIR: (Lasten)



Graf 4: Točka preloma

VIR: (Lasten)

Predpostavili smo, da bi izdelek lahko prodajali po ceni 690 eur, kar je predpostavljena prodajna cena glede na konkurenco in razmere na trgu. Na osnovi te cene smo opravili izračune, ki jih lahko razberemo iz grafa in tabele, in ugotovili, da je naša točka preloma pri enajstem izdelku, kjer bi že ustvarili dobiček 159 eur.

V našem primeru smo želeli dobiti vpogled v dejanske stroške izdelave polnilke in narediti osnovno kalkulacijo za prodajo izdelka. Tako lastno kot prodajno ceno smo določili na osnovi osnovnih izračunov. V kolikor pa bi hoteli bolj natančno določitev cen, bi morali opraviti bistveno več in predvsem podrobnejših kalkulacij, kar pa ni bistvo te naloge, saj smo se v njej lotili predvsem tehničnega področja. Smo se pa dotaknili tudi ekonomskega vidika, saj je le ta sestavni del vsakega novega proizvoda.

9 SKLEP

V diplomskem delu smo obravnavali konstrukcijsko zasnovo, izdelavo in nadgradnjo polnilke za izdelke živilske industrije, specifično za manjše obrate, kot so mesnice, kmečki turizmi in manjše kmetije. Raziskava je izhajala iz potrebe po prilagodljivih in učinkovitih polnilnih sistemih, ki bi zadovoljili specifične zahteve manjših obratov, hkrati pa upoštevali omejitve, kot so prostorski in finančni viri.

Raziskava se je osredotočala na več ključnih hipotez. Prva hipoteza je predvidevala, da bo polavtomatska polnilka hitrejša in bolj natančna pri doziranju v primerjavi z ročno polnilko, kar bo omogočilo povečanje učinkovitosti. Druga hipoteza je nakazovala, da bo uporaba prilagojenih komponent pri konstrukcijski zasnovi polnilke za izdelke živilske industrije v manjših obratih povečala zanesljivost delovanja in zmanjšala potrebo po vzdrževanju. Tretja hipoteza je predvidevala, da bo optimizacija energetske učinkovitosti polnilke pripomogla k zmanjšanju porabe energije in s tem prispevala k trajnostnemu delovanju obrata. Četrta hipoteza pa je poudarjala, da bo uvedba digitalizacije v procesu konstrukcijske zasnove in izdelave polnilke omogočila hitrejše prototipiranje in optimizacijo dizajna ter posledično zmanjšala čas razvoja.

Rezultati raziskave so pokazali, da je izboljšana konstrukcijska zasnova omogočila natančnejše in hitrejše polnjenje mesnih izdelkov, kar je zmanjšalo operativne stroške in povečalo produktivnost manjših obratov. Nova polnilka je izkazala visoko stopnjo prilagodljivosti, kar je ključnega pomena za manjše obrate, ki potrebujejo prilagodljive rešitve. Testiranja so pokazala, da polavtomatska polnilka dosega višjo natančnost pri doziranju v primerjavi z ročnim polnjenjem, kar potrjuje hipotezo H1.

Pri uporabi prilagojenih komponent, kot so visokokakovostni materiali in specializirani deli, smo ugotovili, da se zanesljivost polnilke bistveno poveča. Komponente, kot so ležaji na pogonskih oseh in močnejši elektromotorji so prispevale k večji vzdržljivosti in zmanjšanju potrebe po rednem vzdrževanju. Tako so rezultati raziskave potrdili hipotezo H2, saj je bila zanesljivost delovanja polnilke izboljšana, potreba po vzdrževanju pa zmanjšana.

V raziskavi smo se dotaknili tudi na energetske učinkovitosti polnilke. Z uvedbo bolj energetske učinkovitih komponent in optimizacijo delovanja smo vsekakor dosegli zmanjšanje porabe energije. Optimizacija prispeva k trajnostnemu delovanju obrata, saj se zmanjšajo operativni

stroški in negativni vplivi na okolje. Žal pa zaradi pomanjkanja ustrezne merilne opreme in nezadostne analize hipoteze H3 ne moremo potrditi in tako ostaja odprta možnost za nadaljnje ugotovitve, ki se bodo pokazale predvsem ob sami uporabi polnilke.

Digitalizacija je imela ključno vlogo pri razvoju polnilke. Uporaba CAD orodij in drugih digitalnih tehnologij je omogočila hitrejše prototipiranje in optimizacijo dizajna. To je privedlo do skrajšanega časa razvoja in izboljšanja učinkovitosti celotnega procesa. S simulacijami smo lahko predvideli morebitne napake in jih odpravili že v fazi načrtovanja. Hipoteza H4 je bila potrjena, saj je digitalizacija omogočila hitrejši in bolj učinkovit razvoj polnilke.

Rezultati testiranj prototipa so pokazali, da nova polnilka omogoča natančno doziranje in zmanjšuje izgube materiala, kar je ključnega pomena za manjše obrate, ki se soočajo z omejenimi viri. Poleg tega so nadgradnje, kot je vgradnja močnejšega elektromotorja, povečale zmogljivost polnilke in omogočile obdelavo večjih količin izdelkov v krajšem času.

Med omejitvami raziskave je treba omeniti finančne in prostorske omejitve, s katerimi se soočajo manjši obrati, kar vpliva na možnosti za uporabo naprednejših tehnologij. Poleg tega raziskava ni vključevala vseh možnih variacij polnilk za različne vrste izdelkov v živilski industriji, kar omejuje splošno uporabnost ugotovitev. Raziskava se je osredotočila predvsem na polnilke za mesne izdelke, kar pomeni, da bi lahko bili rezultati drugačni za druge vrste izdelkov. Prav tako je bila raziskava omejena na določene materiale in tehnološke postopke, kar bi lahko vplivalo na rezultate.

Prihodnje raziskave bi lahko obsegale obsežnejšo študijo, ki bi vključevala različne vrste polnilk za širok spekter izdelkov v živilski industriji. Prav tako bi bilo koristno raziskati možnosti za uporabo še bolj naprednih tehnologij, kot so integracija umetne inteligence za optimizacijo polnjenja in uporaba bolj trajnostnih materialov. Nadaljnje raziskave bi lahko prispevale k razvoju še bolj učinkovitih, prilagodljivih in stroškovno dostopnih rešitev za manjše obrate v živilski industriji.

Na koncu lahko sklepamo, da je z ustrezno konstrukcijsko zasnovo mogoče ustvariti polnilko, ki je prilagojena specifičnim potrebam manjših obratov, s čimer se izboljša njihova konkurenčnost in učinkovitost poslovanja. Ta raziskava je pokazala, da je mogoče z uporabo naprednih tehnologij in natančnega načrtovanja doseči pomembne izboljšave v procesih polnjenja v živilski industriji, kar ima potencial za pomembne koristi v praksi.

10 VIRI

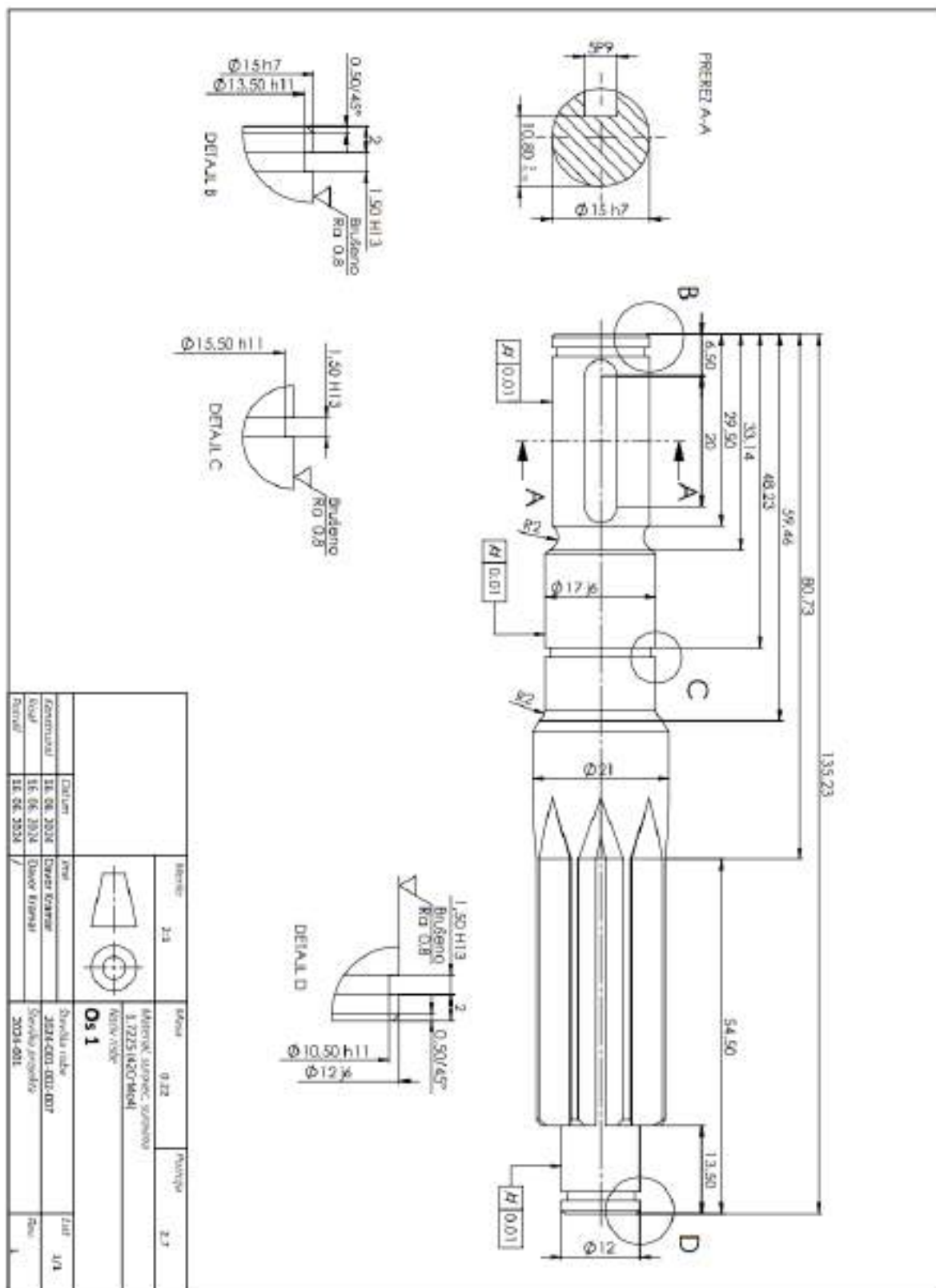
- [Šerif]. (2007, September 9). Naslov teme: prag rentabilnosti [Msg 1, 2]. Pridobljeno s <https://www.davkoplacevalci.com/davcni-klepet/prikaz/228140/prag-rentabilnosi>
- 3D Laser Scanners: A Buyer's Guide for Professionals*. (B. d.). Pridobljeno s <https://www.creaform3d.com/blog/3d-laser-scanners-a-buyers-guide-for-professionals/>
- Aalco Metals. (25. september 2013). *Stainless Steel Grades Explained* [Video]. Pridobljeno s <https://www.youtube.com/watch?v=xvZdcucQDAE>
- Aseptic Manufacturing & Sterile Fill-Finish*. (B. d.). Pridobljeno s <https://www.pharm-int.com/aseptic-manufacturing-and-sterile-fill-finish/>
- Automatic Peristaltic Fillers*. (B. d.). Pridobljeno s <https://www.lancinguk.com/automatic-peristaltic-filling-machine.html>
- Batagelj, M. (2011). *Higiena živil živalskega izvora*. Ljubljana: Biotehniški izobraževalni center.
- Batagelj, M. (2011). *Higiena živil živalskega izvora*. Ljubljana: Biotehniški izobraževalni center.
- Dajčman, D. (2021). *Zbir formul za trdnostne izračune*. Maribor: Višja strokovna šola Academia.
- DeGarmo, E. P., Black, J. T. in Kohser, R. A. (2008). *Materials and Processes in Manufacturing* (10. izd.). Hoboken: Wiley.
- Digitalizacija je steber, na katerem sloni gospodarstvo. (13. 4. 2023). *Računalniške novice*, 7(XXVIII), 16–18.
- Fallahi, A. (2024). *SolidWorks With Aryan Fallahi* [YouTube Channel]. YouTube. Pridobljeno s <https://www.youtube.com/c/SolidworksTutorials>
- Florjanič, J. (2019). *Digitalizacija v srednje velikem podjetju* (Diplomsko delo). Fakulteta za strojništvo, Maribor.
- Gogić, D. (2021). *Učno gradivo*. Maribor: Višja strokovna šola Academia.
- Gorenšek, T. (2019). *Digitizacija, digitalizacija in digitalna transformacija*. Pridobljeno s <https://homopolitikus.si/digitizacija-digitalizacija-in-digitalna-transformacija/>

- ISO 22000. (B. d.). Pridobljeno s <https://www.siq.si/nase-dejavnosti/certificiranje-organizacij/predstavitev/zivila/iso-22000/>
- Jahan, A., Edwards, K. L. in Bahraminasab, M. (2016). R Screening of materials. V A. Jahan, K. L. Edwards in M Bahraminasab (ur.), *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design (Second Edition)* (str. 41–61). Boston: Elsevier.
- Kisin, M. (2010). *Materiali: gradivo za 1. letnik*. Učbenik. Pridobljeno s http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Materiali-Kisin.pdf
- Klemenc, J. in Šeruga, D. (2019). *Proizvodni procesi: Konstruiranje za tehnologičnost*. [PowerPoint]. Pridobljeno s https://web.fs.uni-lj.si/kserv/images/upload/2_Pedagoska_dejavnost/1_Stopnja/ALUO_Proizvodni_procesi/Predavanja/02_Proizvodni_procesi_KonstruiranjeZaTehnologicnost.pdf
- Kraut, B. (2021). *Krautov strojniški priročnik*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
- Letonja, M., Berginc, J., Pustotnik, N., Srabotnik, M., Tomšič, G. in Zelnik, S. (2019). *ABC podjetništva: Izzivi podjetnic in podjetnikov ob ustanovitvi in zagonu poslovanja novih podjetij*. Pridobljeno s https://www.podjetniski-portal.si/uploads/gradiva/spot/eprirocnik_abc_podjetnistva_2.pdf
- Liquid Filling Machine – Different Types & Applications*. (B. d.). Pridobljeno s <https://www.lodhapharma.com/liquid-filling-machine-different-types-and-applications.php>
- Maltar, N. (2020). *Uporaba naprednih tehnologij v slovenskih proizvodnih podjetjih* (Magistrsko delo). Fakulteta za strojništvo, Maribor.
- Mamilla, V., Rao, C., Lakshmi, G., Rao, G. in Venkatesh, V. (2011). Integration of Mechanical and Electronic Systems in Mechanical Engineering. V *International Conference on Multi Body Dynamics 2011, Vijayawada, India, 24.–26. februar 2011* (str. 493–501). Vijayawada: K L University.
- Mechatronics Twilight zone. (2021). *Mechatronics Twilight zone* [YouTube Channel]. YouTube. Pridobljeno s <https://www.youtube.com/@mechatronicstwilightzone1430>
- Naylor, M. (2022). *Different Types of Food Filling Machines Explained*. Pridobljeno s <https://www.multi-fill.com/different-types-of-food-filling-machines-explained>

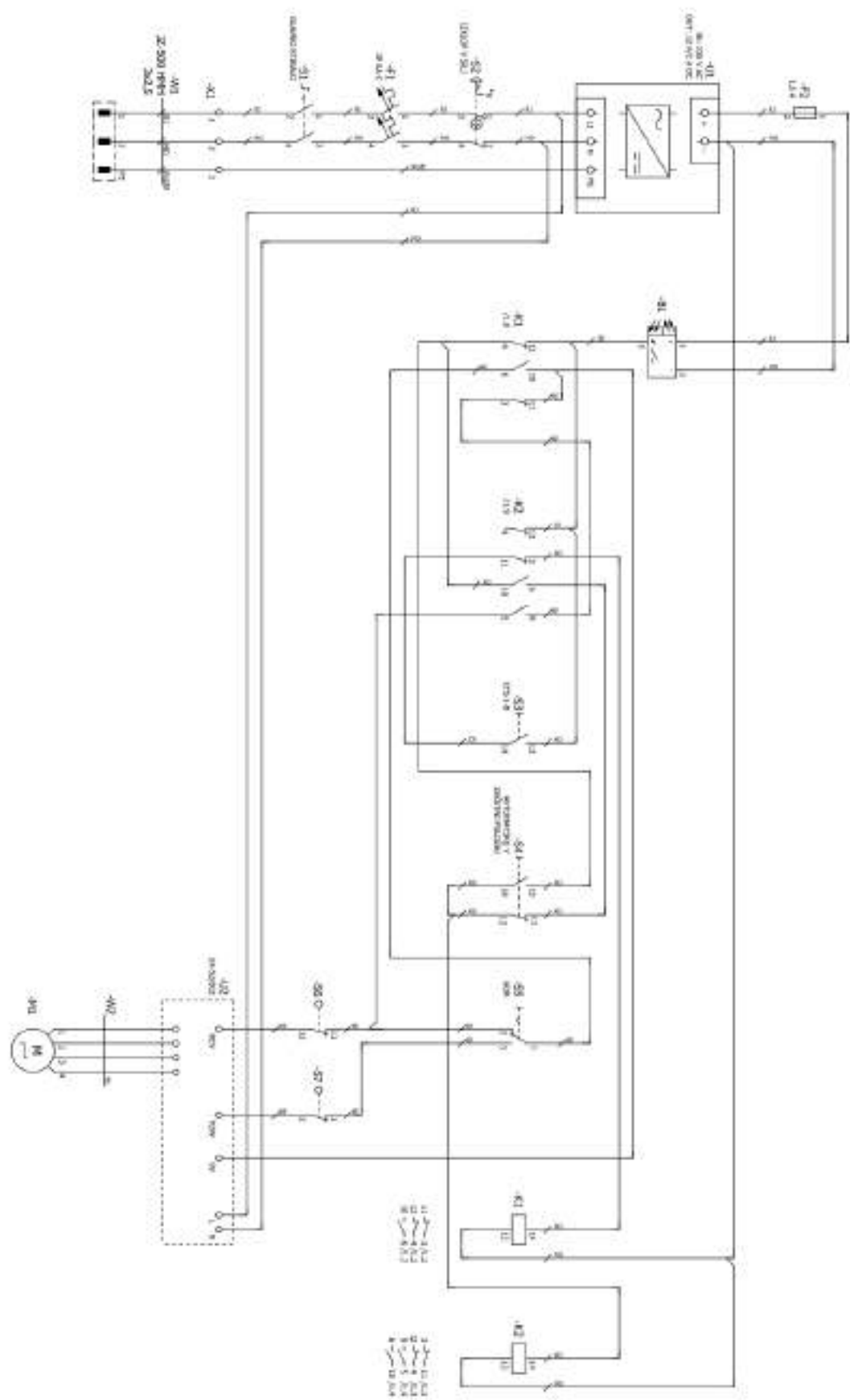
- Obveznosti nosilcev živilske dejavnosti.* (2023). Pridobljeno s <https://www.gov.si/teme/obveznosti-nosilcev-zivilske-dejavnosti/>
- Pavlović, M. (2018). *And from now on we are Agile ... (on enterprise or any other projects for that matter).* Pridobljeno s <https://www.linkedin.com/pulse/from-now-we-agile-enterprise-any-other-projects-misa-pavlovic->
- Pehan, S., Glode, S. in Kramberger, J. (2021). *Osnove konstruiranja: univerzitetni učbenik.* Maribor: Fakulteta za strojništvo.
- Persitaltic Filling Machines.* (B. d.). Pridobljeno s <https://www.fillers.com/product-type/filling-machines/peristaltic-filling-machines/>
- Powder filling: semi-automatic auger fillers.* (B. d.). Pridobljeno s <https://www.gimatengineering.com/auger-filling-machines/>
- Preizkušanje materiala.* (B. d.). Pridobljeno s <https://www.laboratuar.com/sl/testler/malzeme-testleri/>
- Preizkušanje materiala.* (B. d.). Pridobljeno s <https://www.laboratuar.com/sl/testler/malzeme-testleri/>
- Product Testing: Types, Methods, and Choosing the Best Testing Strategy for Your Product.* (2022). Pridobljeno s <https://peekage.com/blog/product-testing-types-methods>
- Ravničan, J. (2022). *Gradivo za študente.* Maribor: Višja strokovna šola Academia.
- Ravničan, J. in Dajčman, D. (2021). *Učno gradivo.* Maribor: Višja strokovna šola Academia.
- Rieutord, M. (1997). *Fluid Dynamics: An Introduction.* Masson: Springer.
- Sausage Making Machine.* (B. d.). Pridobljeno s <https://www.xiaojinmachinery.com/product-list/sausage-making-machine>
- Shemesh Automation. (2023, August 25). *A guide to food filling machines.* [Web blog post]. Pridobljeno s <https://shemeshautomation.com/blog/a-guide-to-food-filling-machines/>
- Soković, M. (1995). *Mehanska tehnologija II. del: vrtanje, posnemanje, frezanje, brušenje, izdelava ozobj.* Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
- Solidworks [Computer Software]. (2024). Waltham, MA: Dassault Systèmes SolidWorks Corporation.

- Tehnologije 3D tiskanja.* (2023). Pridobljeno s <https://www.3way.si/tehnologije-3d-tiskanja/?v=ce774d9cab3a>
- Trdnostni razredi vijakov in matic s polno nosilnostjo SIST EN 20898-1.* (B. 1.). Pridobljeno s <https://www.pagatti.si/wp-content/uploads/2020/10/Trdnostni-razredi-vijakov-in-premeri-svedrov.pdf>
- Tudi BMW bo imel v proizvodnji humanoidne robote.* (2024). Pridobljeno s <https://www.rtvsllo.si/zabava-in-slog/avtomobilnost/tudi-bmw-bo-imel-v-proizvodnji-humanoidne-robote/697246>
- Types of Filling Machines in the Food and Beverage Industry 1.* (2023). Pridobljeno s <https://www.alharirigroup.com.tr/types-of-filling-machines/>
- Universal Filling Machine Company. (6. november 2023). *How Do Vacuum Filling Machines Work? | Liquid Filling | Universal Filling Machine Company* [Video]. Pridobljeno s <https://www.youtube.com/watch?v=QsRC2K0-9hY>
- Zaya, J. (2020). *Gearing up for successful 5-axis machining.* Pridobljeno s: <https://www.canadianmetalworking.com/canadianmetalworking/article/metalworking/gearing-up-for-successful-5-axis-machining>

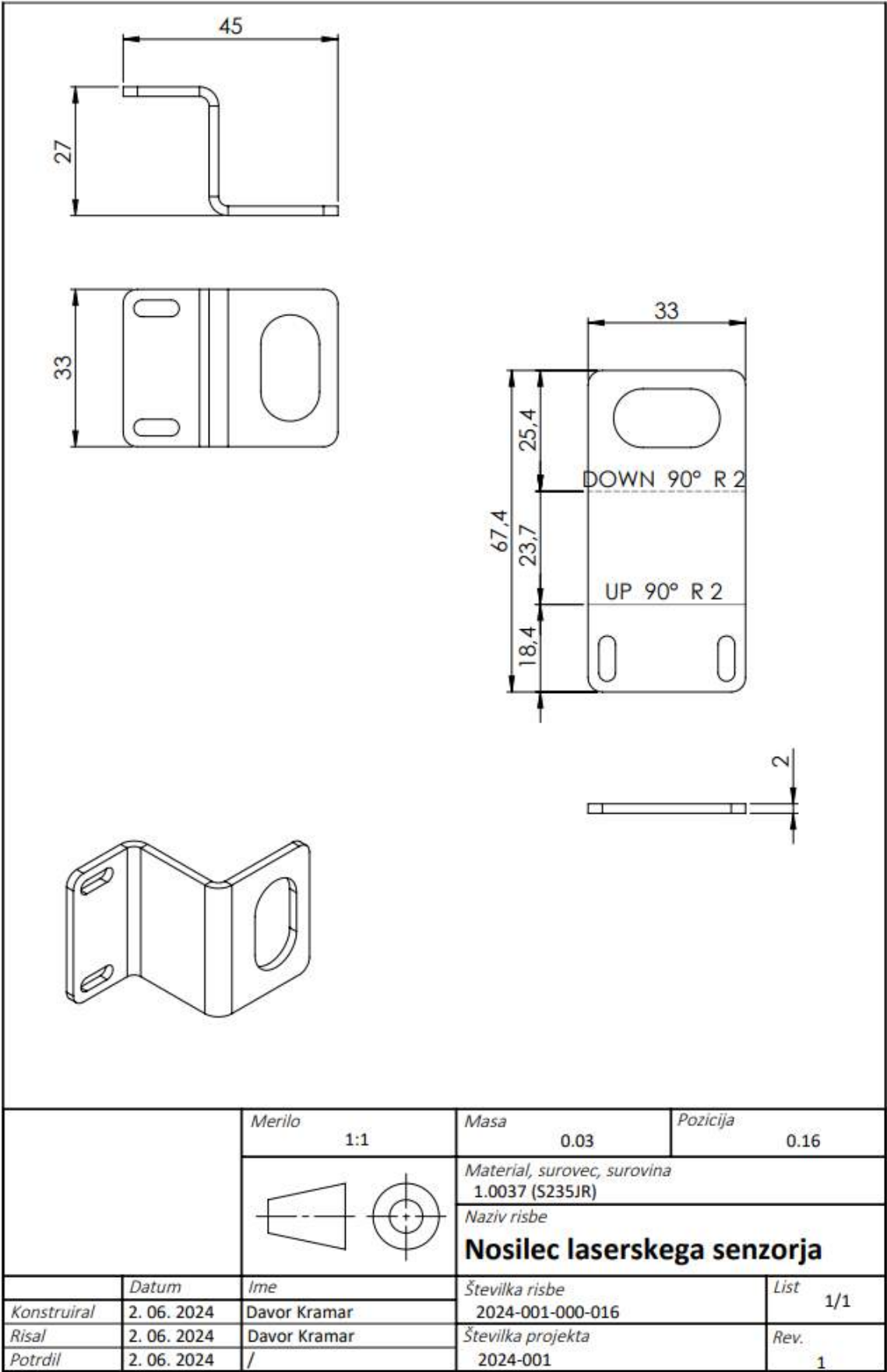
Priloga 1: Delavniška risba osi



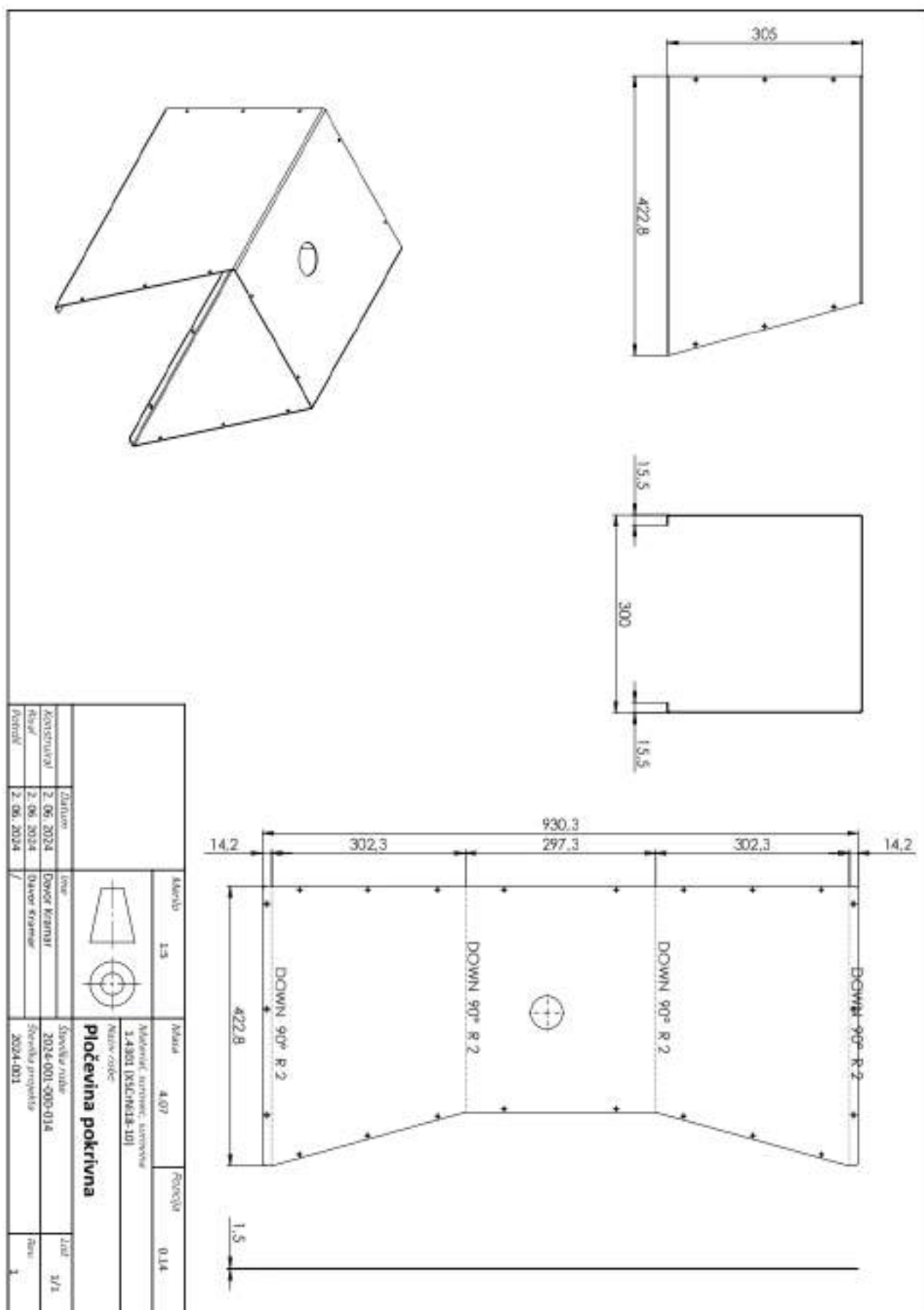
Priloga 2: Shema elektro vezave



Priloga 3: Delavniška risba nosilca senzorja



Priloga 4: Delavniška risba pokrivne pločevine



Technical drawing of a roof structure showing three views:

- Perspective View:** Shows the roof assembly with various components and dimensions.
- Top View:** Shows the roof deck with dimensions: 296, 301.50, and 429.27.
- Plan View:** Shows the roof layout with dimensions: 1059.5, 317.6, 12.2, 298.8, 427.1, 309.2, 12.3, 293.3, and 1.50. Labels include UP 90° R 2, UP 105° R 2, and UP 75° R 2.