

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

**POENOTENJE SESTAVNIH DELOV MOTORJEV
Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM, PRI SERIJI
MOTORJEV 2.9 IN 2.2 LITRA PROSTORNINE**

Kandidat: Emilijano Dančič

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Strojništvo

Mentor predavatelj: dr. Darko Friščič, univ. dipl. gosp. inž.

Mentor v podjetju: dr. Mitja Franko, univ. dipl. ing. str.

Lektorica: Maja Lampret, dipl. slov. (UN)

Maribor, 2024

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Emilijano Dančič sem avtor diplomskega dela z naslovom Poenotenje sestavnih delov motorjev z notranjim zgorevanjem, pri seriji motorjev 2.9 in 2.2 litra prostornine, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Darka Friščića, univ. dipl. gospo. inž.

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 plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne 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.

Ciglence, september 2024

Podpis študenta:

ZAHVALA

Kot prvo bi se rad zahvalil moji življenjski sopotnici Luciji in najinemu sinu Eneju. Vedno sta mi stala ob strani, pa tudi ob bolj čudnih idejah, kot je dokončanje šole oziroma pridobivanje izobrazbe. Vedno, ko je prišel čas za učenje ali izdelavo diplomskega dela, sta izkazala razumevanje, da teh vikendov pač ne bomo preživeli skupaj. Njuna podpora je bila v vsakem trenutku neomajna. Kdaj pa kdaj sta se na moj račun tudi pošalila, kot na primer takrat, ko smo šli na strokovno ekskurzijo v podjetje Unior in mi je sin predlagal, naj mi mamica pripravi sendviče.

Posebna zahvala gre tudi mojima vedno optimističnima staršema Nebojši in Nevenki, ki sta po skoraj četrto stoletje le dočakala, da tudi njun sin končno diplomira. Mama in oče, najlepša hvala za vse, kar sta me naučila, in iz mene izoblikovala človeka, kakršen sem danes.

Tudi tastu Marjanu in tašči Stanislavi bi se rad zahvalil, saj sta vedno našla spodbudno besedo, me podpirala in se veselila vsakega opravljenega izpita. Pa tudi svojim prijateljem sta se znala pohvaliti z mojimi dosežki.

Posebna zahvala gre tudi sodelavcem iz pisarne 1, Aljažu Janiču, Aljažu Kraneru in Marselu Kolaru, ki so bili vedno pripravljeni pomagati pri projektnih nalogah ali kakor koli drugače, čeprav kdaj hudomušno, ampak vedno z dobrimi nameni. Tukaj bi se rad zahvalil tudi direktorju podjetja Deutz Engineering d.o.o. g. Janezu Zadravcu, mentorju v podjetju Mitji Franku in Jerneju Časaru, ki so me usmerjali pri pisanju tega dela in si vzeli čas za razlago kadar koli je bilo to potrebno.

Najlepša hvala tudi vsem profesorjem Academie za strokovna in zanimiva predavanja, vsem ostalim zaposlenim za izvenšolsko podporo in seveda mentorju g. Darku Friščiću za podporo pri pisanju tega diplomskega dela.

POVZETEK

V branži proizvodnje motorjev z notranjim zgorevanjem je prisotno veliko konkurentov, ki vsak na svoj način privlačijo in prepričujejo stranke o kakovosti, ustreznosti in dostopnosti svojega izdelka.

Podjetje DEUTZ je bilo ustanovljeno leta 1864 in predstavlja pionirski duh, strast in kulturo inovacij. Smo pionirji na področju visokokakovostnih, okolju prijaznih in učinkovitih pogonov za izvencestno uporabo.

V diplomskem delu se bom osredotočil na poenotenje nekaterih sestavnih delov (sesalno koleno in mešalec zraka) dveh prostornin motorjev (2.2 in 2.9 litra). Poleg tega bom raziskal tudi področje konstruiranja sestavnih delov (programska oprema Unigraphics (SIEMENS NX)) in vpeljave zadevnega konstruiranega dela v celoten poslovni sistem (Programska oprema SAP). Raziskava področja materialov, ki se uporabljajo za sestavne dele, je ena izmed ključnih točk, saj moram kot konstrukter poznati različne materiale in seveda tudi vedeti, kateri material bo za zadevni izdelek najustrežnejši. Ob raziskavi področja materialov bom raziskal tudi proizvodne procese za izdelavo zadevnega dela, s poudarkom na litju v pesek in visokotlačnem litju, ki je za zadevni izdelek in zahtevano količino le-tega tudi najprimernejši. Sledeč raziskavi o litju, bom raziskal tudi področje konstruiranja izdelka za proizvodni proces tlačnega litja, kjer se bom dotaknil tem, kot so dodatki za livarja, izmetni koti, luknje, navoji, rebra itd. Pri primerjavi konstruiranih različic bom posvetil tudi nekaj besed certificiranju motorjev z notranjim zgorevanjem, saj je tudi to področje, na katerem sem v podjetju zaposlen. Kar zadeva certificiranje motorjev z notranjim zgorevanjem, imajo različne države svoje specifične standarde, ki pa večinoma temeljijo in sledijo evropskim direktivam. Posamezne države imajo v svojem sistemu še dodatne posebnosti. Dober primer sta ZDA in Kitajska, ki imata vsaka svoje posebnosti. Krovna organizacija v ZDA je EPA, ki velja za »samo« 49 zveznih držav, potem je tu še CARB, ki pokriva Kalifornijo. Kitajska pa ima posebna pravila za uporabo izvencestne mehanizacije na območju Pekinga. Pri diskusiji rezultatov bom tabelarično in slikovno prikazal spremembo motorja, ko se izvedeta ta dva konstrukcijska popravka.

Ključne besede: *Motor z notranjim zgorevanjem, konstruiranje, sesalno koleno, mešalec zraka, tlačno litje, certificiranje*

ABSTRACT

UNIFICATION OF COMPONENT PARTS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES FOR THE SERIES OF 2.9 AND 2.2 LITER ENGINES

There are many competitors in the industry of internal combustion engines, each of them in their own way attracting and convincing customers about the quality, suitability and affordability of their product.

Founded in 1864, DEUTZ represents the pioneering spirit, passion and culture of innovation. We are pioneers in the field of high-quality, environmentally friendly and efficient drives for off-road use.

In my thesis, I will focus on the unification of two components (intake elbow and air mixer) of two engine displacements (2.2 and 2.9 liters). In addition, I will also explore the field of designing components (Unigraphics software (SIEMENS NX)) and implementing the respective designed part into the entire business system (SAP software). Researching the field of materials used for components is one of the key points, because as a designer, I have to know different materials and, of course, also know which material will be the most suitable for the product in question. In addition to researching the field of materials, I will also research the production processes for making the part in question, with an emphasis on sand casting and high-pressure casting, which is also the most suitable for the product in question and the required quantity of it. Following the research on casting, I will also explore the area of product design for the die casting production process, where I will touch on topics such as casting allowances, ejection angles, holes, threads, ribs, etc. When comparing the constructed versions, I will also devote a few words to the certification of internal combustion engines, as this is the area in which I am employed in the company. When it comes to the certification of internal combustion engines, different countries have their own specific standards, but they are mostly based on and follow European directives. Individual countries have additional peculiarities within their system. A good example here is the USA and China, each of which has its own peculiarities. The umbrella organization in the USA is the EPA, which applies "only" to 49 states, and then there is the CARB, which covers California. China, however, has special rules for the use of non-road machinery in the Beijing area. In discussing the results, I will tabulate and graphically show the engine change when these two design fixes are made.

Keywords: *Internal combustion engine, design, intake elbow, air mixer, die casting, certification*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	10
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	11
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE.....	11
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	12
2	RAZISKAVA PODROČJA KONSTRUIRANJA/POENOTENJA SESTAVNIH DELOV	14
2.1	RAZISKAVA PODROČJA KONSTRUIRANJA	14
2.1.1	<i>Opis postopka konstruiranja</i>	<i>14</i>
2.1.1.1	Določitev gabaritnih dimenzij oz. vgradnega prostora.....	14
2.1.1.2	Določitev materiala komponente – siva litina ali aluminij.....	15
2.1.1.3	Določitev proizvodnega procesa za izdelavo dela (struženje, rezkanje, litje ...)	21
2.1.1.4	Smernice za konstruiranje izdelkov, ki bodo proizvedeni s postopkom visokotlačnega litja aluminija.....	31
2.2	EMISIJSKE STOPNJE ZA IZVENCESTNO MOBILNO MEHANIZACIJO (ANG. NRMM – NON-ROAD MOBILE MACHINERY).....	38
2.3	RAZISKAVA POENOTENJA SESTAVNIH DELOV	42
3	PRIMERJAVA KONSTRUIRANIH RAZLIČIC TER IZBIRA NAJUSTREZNEJŠE IZVEDBE	42
3.1	IZBIRA DELA ZA POENOTENJE	42
3.2	CFD ANALIZA (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS).....	48
3.3	DIMENZIONIRANJE ZUNANJOSTI SESTAVNEGA DELA	50
4	DISKUSIJA DOBLJENIH REZULTATOV NA PODLAGI PRIMERJAVE	52
5	SKLEP	54
6	VIRI	56

KAZALO SLIK

SLIKA 1: MEHANSKE LASTNOSTI	16
SLIKA 2: TOPLOTNE LASTNOSTI.....	16
SLIKA 3: ELEKTRIČNE LASTNOSTI.....	17
SLIKA 4: DRUGAČE NERAZVRŠČENE LASTNOSTI.....	17
SLIKA 5: OBIČAJNE KALKULACIJE	17
SLIKA 6: SESTAVA ZLITINE	18
SLIKA 7: VHODNI TOKOVI IN PROCESNO ZAPOREDJE ZA ELEKTROLITSKO PROIZVODNJO PRIMARNEGA ALUMINIJA	19
SLIKA 8: SKICA LITJA V PESEK.....	21
SLIKA 9: RAZLIČNE (VERTIKALNE) HIERARHIČNE RAVNI INDUSTRIJSKIH VREDNOSTNIH VERIG (HERRMANN IN DRUGI 2010A; WIENDAHL 2009; GLEJ TUDI HEINEMANN IN DRUGI 2014)	23
SLIKA 10: OSNOVNA STRUKTURA HIERARHIČNE VREDNOSTNE VERIGE TLAČNEGA LITJA ALUMINIJA (ZAPOREDJE PROCESA IN MASNI PRETOK ZLITINE) (GLEJ TUDI HEINEMANN IN DRUGI, 2012)	24
SLIKA 11: KLASIFIKACIJA PROIZVODNIH PROCESOV (GLAVNE SKUPINE) (DIN 8580 2003).....	24
SLIKA 12: PODSKUPINE PROIZVODNEGA PROCESA PRIMARNEGA OBLIKOVANJA (DIN 8580 2003; DE CIURANA 2008).....	25
SLIKA 13: MATERIALNA UČINKOVITOST IN ENERGETSKA INTENZIVNOST IZBRANIH PROIZVODNIH PROCESOV	25
SLIKA 14: DELITEV GLAVNE SKUPINE PRIMARNEGA OBLIKOVANJA (DIN 8580 2003).....	26
SLIKA 15: POSTOPEK TLAČNEGA LITJA V VREDNOSTNI VERIGI TLAČNEGA LITJA ALUMINIJA	28
SLIKA 16: FAZE POSTOPKA TLAČNEGA LITJA (ALUMINIUM LAUFEN AG 2014)	28
SLIKA 17: STROJ ZA TLAČNO LITJE (DVOJNA VPENJALNA ENOTA) (HOFFMANN IN JORDI 2013B)	30
SLIKA 18: CELICA ZA TLAČNO LITJE ALUMINIJA (KERBER 2013; FOUNDRY-PLANET.COM 2014)	31
SLIKA 19: PRIKAZ IZMETNIH KOTOV	35
SLIKA 20: TABELA TRENUTNO RAZPOLOŽLJIVIH RAZLIČIC	41
SLIKA 21: TABELA S PRIKAZOM IZBRANE RAZLIČICE	43
SLIKA 22: PRIKAZ IZBRANE RAZLIČICE.....	44
SLIKA 23: IZBRANA RAZLIČICA ZA POENOTENJE	45
SLIKA 24: PRIKAZ, KAKO SMO IZ TREH DELOV DOBILI EN VGRADNI DEL	45
SLIKA 25: PRIKAZ VGRADNJE Z DUŠILNIM VENTILOM.....	46
SLIKA 26: KOLENO ULITO V PESEK (LEVO) IN KOLENO ULITO S TLAČNIM LITJEM (DESNO).....	46
SLIKA 27: OBSTOJEČA RAZLIČICA S CEVNIM NASTAVKOM	47
SLIKA 28: NOVA RAZLIČICA S KONUSNIM NASTAVKOM.....	47
SLIKA 29: PRIKAZ CFD SIMULACIJE	49

SLIKA 30: POENOTENJE MEŠALCA ZRAKA.....	50
SLIKA 31: NARIS, TLOST, STRANSKI RIS IN 3D POGLED RAZPOLOŽLJIVEGA VGRADNEGA PROSTORA.....	51
SLIKA 32: PRIMERJAVA OBSTOJEČE RAZLIČICE SESTAVE Z NOVO RAZLIČICO	52
SLIKA 33: PRIMERJAVA KONSTRUKCIJE Z OBSTOJEČIMI DELI (LEVO) IN NOVIMI DELI (DESNO)	52
SLIKA 34: PRIKAZ VGRADNJE Z NOVIM MEŠALCEM ZRAKA IN KOLENOM	53

KAZALO TABEL

TABELA 1: IZBRANE PREDNOSTI POSTOPKA VISOKOTLAČNEGA TLAČNEGA LITJA (ALUMINIJA) (ROCKENSCHAUB 2014; PITHAN 2013A; KALWEIT IN DRUGI, 2012; WESTKÄMPER IN WARNECKE, 2010).....	26
TABELA 2: IZBRANE SLABOSTI POSTOPKA VISOKOTLAČNEGA TLAČNEGA LITJA (ALUMINIJA) (ROCKENSCHAUB, 2014; PITHAN, 2013A; WESTKÄMPER IN WARNECKE, 2010).....	27
TABELA 3: IZBIRA MATERIALA ZA TLAČNO LITJE POD VISOKIM PRITISKOM.....	32
TABELA 4: ZNAČILNOSTI TLAČNEGA LITJA ALUMINIJA.....	33
TABELA 5: DEBELINA STENE GLEDE NA LITINO IN VELIKOST POVRŠINE VIR: HTTPS://DIECASTOR.COM	33
TABELA 6: KONSTRUIRANJE RADIJA	34
TABELA 7: DOLOČANJE IZMETNIH KOTOV	35
TABELA 8: KONSTRUIRANJE LUKENJ PRI TLAČNEM LITJU	36
TABELA 9: KONSTRUIRANJE NAVOJA PRI TLAČNEM LITJU.....	37
TABELA 10: EMISIJSKI STANDARD STOPNJE III A/B ZA IZVENCESTNE DIZELSKÉ MOTORJE.....	38
TABELA 11: EMISIJSKI STANDARD STOPNJE IV ZA IZVENCESTNE DIZELSKÉ MOTORJE	39
TABELA 12: EMISIJSKI STANDARD STOPNJE V ZA IZVENCESTNE MOTORJE (NRE).....	40
TABELA 13: EMISIJSKI STANDARD STOPNJE V ZA MOTORJE GENERATORJEV Z MOČJO NAD 560 kW (NRG).....	41
TABELA 14: EMISIJSKI STANDARDI TIER 4 — MOTORJI DO 560 kW, g/kWh (g/BHP-HR) (VIR DIESELNET.COM)...	41
TABELA 15: UPORABNOST RAZLIČIC.....	42

1 UVOD

Sem Emilijano Dančič, bodoči inženir strojništva in sem zaposlen v podjetju DEUTZ Engineering, d.o.o.

Podjetje, v katerem sem zaposlen, je del skupine DEUTZ AG s sedežem v Kölnu, Nemčija.

DEUTZ AG je eno izmed vodilnih proizvajalcev pogonskih sistemov za izvencestno uporabo. Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1864 in danes zaposluje okrog 5.000 ljudi po celem svetu. Jedro kompetentnosti so razvoj, izdelava in distribucija pogonskih sistemov za izvencestno uporabo, moči do 620 kW. Trenutni skupek obsega dizelske, plinske, hibridne, električne motorje in motorje na vodik. Motorji podjetja DEUTZ se uporabljajo v širokem spektru od gradbene opreme, kmetijske mehanizacije, opreme za rokovanje z materiali, kot na primer viličarji in dvizne platforme, komercialnih vozil, tirnih vozil ter plovil za privatno ali komercialno uporabo. (TIS / SIS portal – DEUTZ AG)

Pred 160 leti sta Nicolaus August Otto in Eugen Langen ustanovila prvo tovarno motorjev na svetu, ki je predhodnica današnjega podjetja DEUTZ AG. Iz majhne delavnice, s peščico zaposlenih, v starem delu Kölna se je razvilo podjetje z močnimi partnerji in globalno eminentnim položajem na področju tehnologije motorjev. Danes podjetje zaposluje okrog 5.000 ljudi in ima predstavništva v 130 državah, na vseh kontinentih. Pred 150 leti sta Otto in Langen položila temeljni kamen za motorizacijo sveta in svobodo gibanja, brez katerega si našega modernega načina življenja ne bi bilo mogoče predstavljati. Leto 1864 predstavlja začetek dolge in dramatične zgodovine, ki je polna pomembnih mejnikov, tudi za podjetje DEUTZ. (Intranetna stran DEUTZ AG)

Eden izmed mejnikov je leto 1867, ko je ustanovitelj podjetja, Nicolaus August Otto, razvil atmosferski plinsko gnan motor, ki je prvi motor z notranjim zgorevanjem, proizveden v večjih količinah. Nato je genialni Otto leta 1876 iznašel prvi funkcionalni in uspešno delujoči štiritačni motor in tako zagnal motorizacijo sveta iz kölnskega okrožja imenovanega Deutz, po katerem se danes podjetje imenuje. (www.deutz.com, 2024)

Zgodovina podjetja DEUTZ AG pa je tesno povezana tudi z nekdanjo SFRJ, posledično Slovenijo in z nekdanjim mariborskim podjetjem TAM. Podjetje TAM je s podjetjem KHD (Klöckner-Humboldt-Deutz) sklenilo pogodbo za proizvodnjo motorjev in vozil po njihovi licenci ter že leta 1957 izdelalo okrog 400 vozil TAM 4500, v katerem je bilo v motornem sklopu 70 % delov iz nemškega podjetja in 30 % delov iz mariborskega podjetja. Model TAM

4500 in TAM 5000 sta legendarna modela tovarnjakov imenovanih tudi »kljunaš«, ki sta se proizvajala 22 let (od leta 1957 do leta 1979), proizvedenih pa je bilo okrog 100.000 primerkov.

Tradicijo in povezanost z nemškim podjetjem DEUTZ AG danes nadaljuje mariborsko podjetje DEUTZ Engineering d.o.o., ki že četrto stoletja razvija in konstruira motorje z notranjim zgorevanjem. Podjetje je vključeno v vse vidike konstruiranja motorjev, od konstruiranja posameznih mehanskih delov in sklopov, električnih napeljav oziroma ožičenja motorja, izvajanja simulacij delovanja posameznih sestavnih delov in sklopov motorjev do programiranja delovanja celotnega motorja in podpore pri certificiranju motorjev z notranjim zgorevanjem. (Vir: spletna stran www.deutz.com, 2024)

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Diplomsko delo sem posvetil področju motorjev z notranjim zgorevanjem, natančneje konstruiranju sestavnih delov in vpeljavi konstruiranega dela v sistem ter postopku litja sestavnih delov motorja iz aluminija. Ti motorji se še vedno razvijajo, optimizirajo in posodablajo, da so tako nenehno v koraku s časom in zahtevami naših zvestih kupcev. Ker se naši motorji uporabljajo izven cest (NRMM – Non Road Mobile Machinery) v industrijske namene in v kmetijski mehanizaciji, bodo še vrsto let nepogrešljiv oziroma nezamenljiv del našega vsakdana. Zaenkrat za te vrste motorjev še ni ustrezne alternative, kar pa po drugi strani nalaga obveznost, da se proizvajajo tako, da so čim bolj varčni in okolju prijazni.

V našem skupku motorjev z notranjim zgorevanjem so sledeče različice:

- D – normalni dizelski motor,
- TD – dizelski motor s turbo polnilnikom,
- TCD – dizelski motor s hladilnikom polnilnega zraka,
- G – motor s pogonom na plin (propan),
- H2 – motor s pogonom na vodik.

Vsaka od zgoraj navedenih različic ima tudi svoje podrazličice, ki so nastale zaradi prilagajanj končnim kupcem. Naš namen je te podrazličice minimizirati oziroma poenotiti. Osredotočili smo se na različice najbolj prodajanih motorjev (D, TD in TCD), ki imajo tudi največ variacij. Vsaka različica se izdeluje v osnovni izvedbi (najpogostejše industrijska raba) in AGRI izvedbi (kmetijska mehanizacija). Torej imamo v osnovi 3 različice in 2 izvedbi, kar že v osnovi

predstavlja 6 različnih izvedb motorjev. Nato pa se v enačbo vključijo še naši kupci, ki imajo dodatne zahteve pri vsaki izvedbi motorja.

Potrebno je upoštevati tudi dve različni prostornini zgoraj navedenih motorjev (2.2 in 2.9 litra). Sestavni del, na katerega sem se osredotočil, se uporablja v isti izvedbi pri obeh prostorninah motorjev. Ta sestavni del se imenuje koleno sesalnega zbiralnika in je, zaradi različnih zahtev kupcev, za vsakega drugače konstruiran in izdelan. Za ta sestavni del sem se odločil, ker pri samem konstruiranju ni pretirano veliko sprememb, vendar tudi te minimalne spremembe zelo vplivajo na stroške kot celoto.

Ker več različic posledično predstavlja velik cenovni zalogaj pri nabavi tega sestavnega dela ter tudi časovno vpliva na proizvodni proces, smo se odločili, da ta sestavni del poenotimo in tako privarčujemo v finančnem in časovnem vidiku, ki pa je ravno tako na koncu finančno vrednoten.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je, da se v prvi vrsti naučim postopka konstruiranja in vpeljave konstruiranega sestavnega dela v sistem. Doseči želimo zmanjšanje razpoložljivih različic sestavnega dela in ob enem dvigniti produktivnost proizvodne linije ter zmanjšati stroške nabave.

Trditve oziroma hipoteze, ki jih bom v nadaljevanju poskušal dokazati, so:

- H1** S poenotenjem sestavnih delov se prihrani na finančni ravni.
- H2** S poenotenjem sestavnih delov se zmanjša število različic, ki so trenutno na razpolago, in sicer z 18 na 5 različic.
- H3** Dvig produktivnosti proizvodne linije za 15 %.
- H4** Olajšanje dela nabavni službi in logistiki.

1.3 Predpostavke in omejitve

Poglavitne tri predpostavke, ki se jih bom lotil, so:

1. Osredotočanje na eno komponento zaradi prevelike obsežnosti konstruiranja ostalih komponent.

2. Sestavni del je odlitek iz aluminija. Material smo izbrali zaradi manjše teže od jeklenih zlitin. Za odlitek pa smo se odločili zaradi kompleksnosti geometrije.
3. Odločili smo se za motorje nižje prostornine (2.2 in 2.9 litra), saj se ti motorji izdelujejo v velikih serijah, in je zato tudi prihranek večji.

Omejitev pa vidim predvsem v tem, da je ta projekt popolnoma nov korak, s katerim bomo tudi pridobili konkurenčno prednost, vendar pa ravno zaradi tega v diplomskem delu ne morem uporabljati dejanskih meritev, natančnih načrtov in ostalih podatkov, saj bi s tem lahko razkril poslovne skrivnosti.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Kar se tiče raziskovalnih metod, smo izvedli analizo vseh različic motorjev, na podlagi katere smo ugotovili, da se lahko določeni sestavni deli poenotijo, kar vključuje tudi obravnavani del.

Najprej smo izvedli analizo, ki je pokazala, katerih motorjev se v podjetju proizvede največ.

Analiza je pokazala, da se v največjem številu proizvaja motorje s prostornino 2.9 litra, in sicer 42.000 kosov letno.

Ugotovili smo, da so nekateri sestavni deli pri izvedbi motorjev prostornine 2.9 l in 2.2 l enaki in bomo s konstruiranjem zadevnega sestavnega dela pokrili ravno različice motorjev, ki se proizvajajo v največjih količinah, saj skupna količina teh dveh različic zajema več kot 30 % vseh proizvedenih motorjev v podjetju. Poleg tega imata ti dve različici tudi največ različnih kupcev, ki imajo vsak svoje zahteve glede vgradnje posameznih delov.

Iz izvedene analize smo ugotovili, da bomo v najkrajšem možnem času in tudi z najmanj stroški najbolj doprinesli, če se bomo lotili poenotenja sesalnih kolen. S poenotenjem sesalnega kolena bomo najbolj pridobili, saj bomo zmanjšali število razpoložljivih različic z 16 na 5, pa tudi ocenjen čas konstruiranja posamezne različice je najkrajši.

Izvedli smo tudi analizo stroškov posameznih različic sestavnih delov in prišli do ugotovitve, da za 16 različnih izdelkov potrebujemo tudi 16 različnih orodij za litje tega izdelka, eno orodje za litje takšnega izdelka pa stane tudi več 10.000,00 €. Potrebno je vsaj eno orodje na leto, ti

motorji pa se proizvajajo več let. To pomeni, da v samo enem letu proizvodnje privarčujemo samo pri postavki orodja za litje 11-kratnik nabavne cene orodja.

Predpostavka, da je eno samo orodje vredno 30.000,00 € in jih bomo, ko bo del vpeljan v proizvodnjo, potrebovali 5 in ne 16, predstavlja prihranek na letni ravni v vrednosti 330.000,00 €.

C = cena enega orodja za litje

V_1 = Vrednost orodij pred poenotenjem

A_1 = količina potrebnih orodij pred poenotenjem

V_2 = Vrednost orodij po poenotenju

A_2 = količina potrebnih orodij po poenotenju

Vrednost orodij pred poenotenjem:

$$C \times A_1 = V_1$$

$$30.000,00 \times 16 = \mathbf{480.000,00 \text{ €}}$$

Vrednost orodij po poenotenju

$$C \times A_2 = V_2$$

$$30.000,00 \times 5 = \mathbf{150.000,00 \text{ €}}$$

Predvidevani privarčevani znesek za eno leto proizvodnje

$$V_1 - V_2 = V$$

$$480.000,00 - 150.000,00 = \mathbf{330.000,00 \text{ €}}$$

Prav tako smo izvedli primerjavo stroškov konstruiranja različnih sestavnih delov, ki se pojavljajo v obeh različicah motorjev. Ugotovili smo, da bomo s konstruiranjem sesalnega kolena v najkrajšem času ustvarili največjo razliko v ceni.

2 RAZISKAVA PODROČJA KONSTRUIRANJA / POENOTENJA SESTAVNIH DELOV

2.1 Raziskava področja konstruiranja

V podjetju se za konstruiranje uporablja programska oprema podjetja SIEMENS, in sicer Unigraphics (SIEMENS NX).

Ta programska oprema pa je tudi popolnoma povezana s programsko opremo SAP Engineering Control Center. Ta programska oprema integrira NX v SAP PLM (PLM – Product Lifecycle Management), kar omogoča shranjevanje konstruiranih načrtov v podatkovno bazo dokumentov programske opreme SAP. Tako lahko vse potrebne službe v podjetju v vsakem trenutku dostopajo do podatkov, ki so potrebni za njihovo nemoteno delovanje.

Poleg tega obe programski opremini omogočata vpogled v morebitne spremembe posameznih konstruiranih delov oziroma kdo je te spremembe izvedel, zakaj so bile izvedene ter kdo je te spremembe odobril. Spreminjanje posameznih konstruiranih delov se izvaja na osnovi dokumenta »Obvestilo o spremembi« (po nemško Änderungsmitteilung). V tem dokumentu mora biti navedeno, kdo je spremembo zahteval in zakaj, potem pa mora biti ta sprememba še pred izvedbo potrjena s strani nadrejenega konstrukterja. Konstruira se po načelu štirih oči (nemško Vier-Augen-Prinzip). Načelo štirih oči je metoda nadzora, pri kateri vsaj dve osebi skupaj preučita zadevo in sprejmeta enako odločitev. Preverjata pa se tako 2D risba in 3D model izdelka.

2.1.1 Opis postopka konstruiranja

2.1.1.1 Določitev gabaritnih dimenzij oz. vgradnega prostora

Pri določanju gabaritnih dimenzij sestavnega dela motorja je potrebno, zraven zahtevanih tehničnih specifikacij vgradnega dela, upoštevati tudi prostor, ki je namenjen vgradnji tega sestavnega dela. Pri tem je potrebno upoštevati, da se vgradni sestavni del zlahka vgradi na predvideno mesto, kar pomeni, da mora imeti delavec na montažni liniji dovolj prostora, da del brez težav lahko privije oziroma ga namesti na svoje predvideno mesto. V tem koraku konstruiranja je potrebno določiti točno koliko prostora vgradni del potrebuje okrog sebe, da je omogočena nemotena vgradnja le-tega. Pri nameščanju dela na svoje mesto ne sme prihajati do zapletov in zamud, saj je montažna linija avtomatizirana in vedno v pogonu. Če delavec ne

more v predvidenem času dela ustrezno namestiti, lahko prihaja do začasnih zaustavitev montažne linije, kar pa seveda ni dopustno.

Upoštevati je treba orodje, ki se uporablja za nameščanje dela, poleg tega pa je potrebno imeti v mislih tudi servisiranje, saj mora biti servis opravljen hitro in ne sme biti zahteven.

2.1.1.2 Določitev materiala komponente – siva litina ali aluminij

Pri določanju materiala sesalnega kolena smo se na začetku odločali med sivo litino in aluminijem. Zaradi razlike v teži sestavnega dela smo se odločili za aluminij. Specifična teža sive litine je 7.250 kg/m³, specifična teža aluminija pa je 2.700 kg/m³. S preprostim izračunom dobimo podatek, da bo izdelek iz aluminija lažji za 2,68-krat, kot če bi bil izdelek narejen iz sive litine.

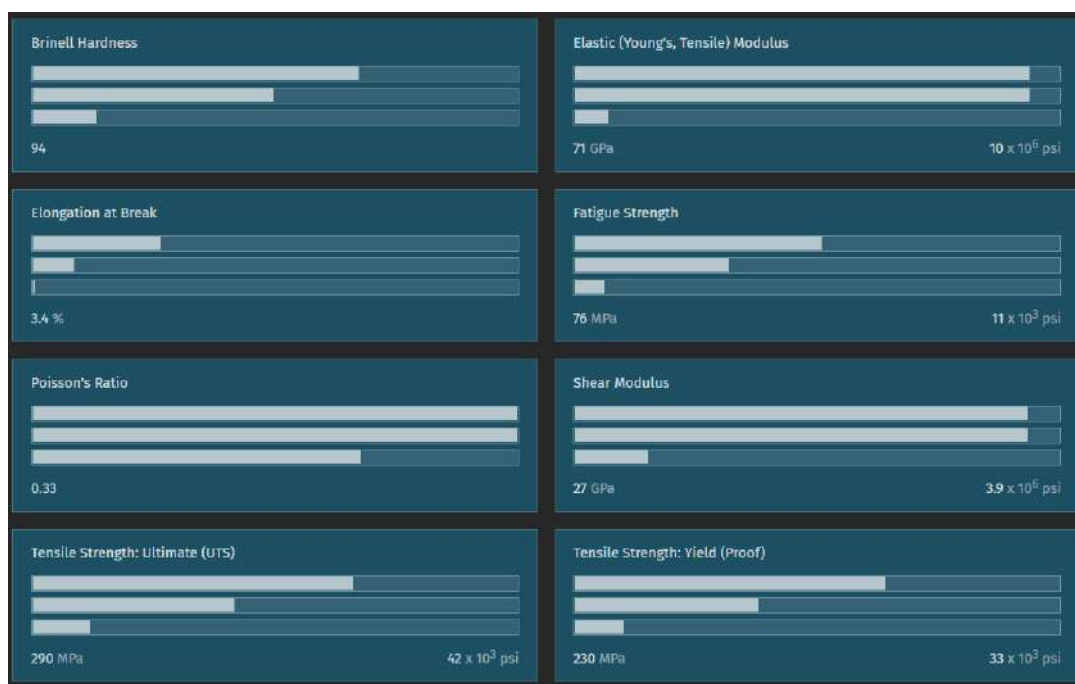
$$\rho_d = \frac{\rho_1}{\rho_2} = 7.250/2.700 = 2,68$$

Poleg razlike v teži smo se za različico iz aluminija odločili tudi zaradi protikorozivnih lastnosti, ki so pri aluminiju dosti boljše. Zraven tega pa je aluminij tudi dosti boljši odvodnik toplote. Aluminij se hitreje segreje in tudi hitreje ohladi kot siva litina.

Na koncu smo se odločili za material EN 1706 – EN AC-43300-D T6 (AlSi9Mg).

EN AC-43300-T6 je EN AC-43300 aluminij v stanju T6. Da bi dosegli to stanje, je kovina toplotno obdelana in umetno starana, dokler ne izpolnjuje standardnih zahtev glede mehanskih lastnosti. Vrstice grafov na spodnjih karticah z lastnostmi materiala primerjajo EN AC-43300-T6 z: litim aluminijem Euronorm (EN) (zgoraj), vsemi aluminijevimi zlitinami (na sredini) in celotno bazo podatkov (spodaj). Polna vrstica pomeni, da je to najvišja vrednost v ustreznem nizu. Napol polna vrstica pomeni, da je 50 % najvišje in tako naprej.

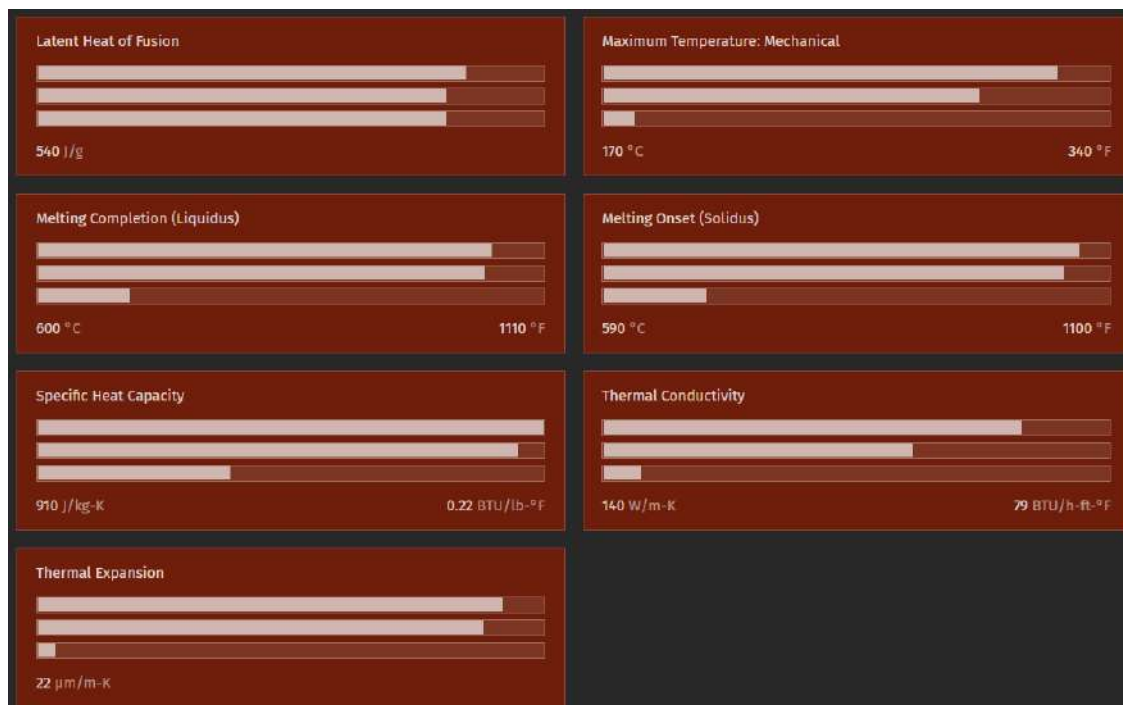
Mehanske lastnosti



Slika 1: Mehanske lastnosti

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

Toplotne lastnosti



Slika 2: Toplotne lastnosti

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

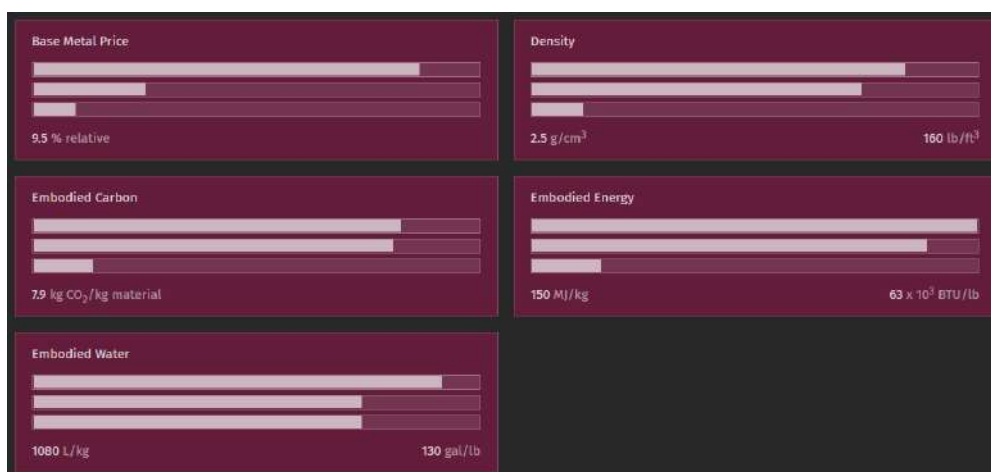
Električne lastnosti



Slika 3: Električne lastnosti

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

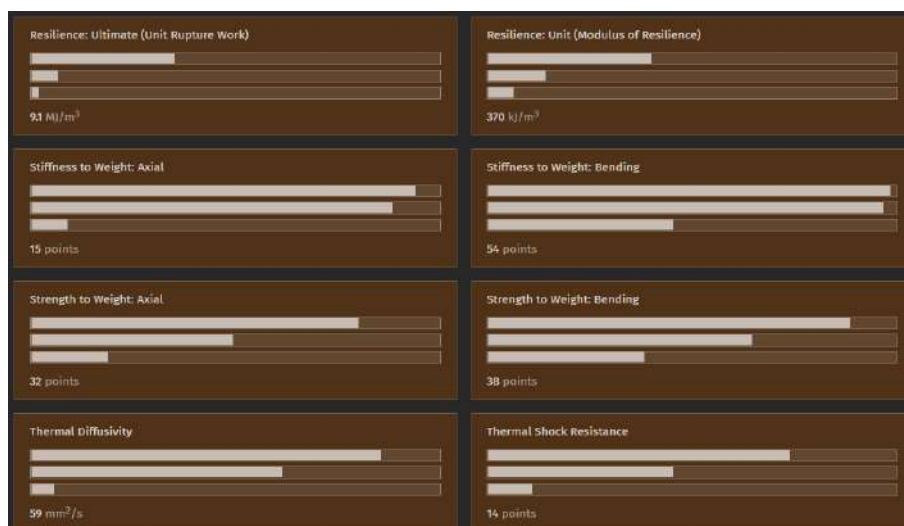
Drugače nerazvrščene lastnosti



Slika 4: Drugače nerazvrščene lastnosti

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

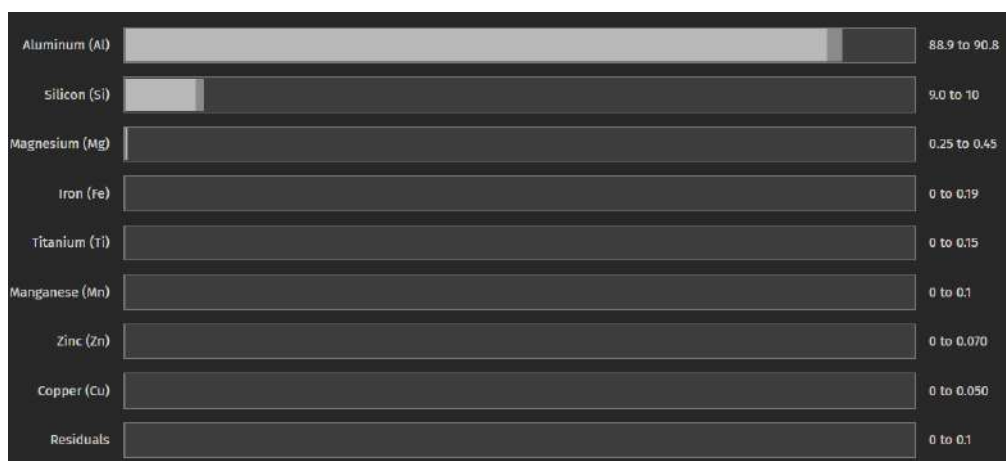
Običajne kalkulacije



Slika 5: Običajne kalkulacije

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

Sestava zlitine



Slika 6: Sestava zlitine

Vir: <https://www.makeitfrom.com/material-properties/EN-AC-43300-T6-Cast-Aluminum>

Proizvodnja aluminija se deli na primarno in sekundarno proizvodnjo.

a. Primarna proizvodnja aluminija

Aluminij je zelo elektro-negativna kovina, kar pomeni, da je njegova naravna manifestacija le v kemičnih spojinah, na primer v oksidnih ali silikatnih mineralih. Zaradi tega je za pridobivanje čistega aluminija potrebna kemična obdelava. Po testiranju nekaterih alternativnih tehnologij za proizvodnjo primarnega aluminija v zadnjih desetletjih se je pokazalo, da je naslednje procesno zaporedje edino industrijsko pomembno v svetovni industriji aluminija:

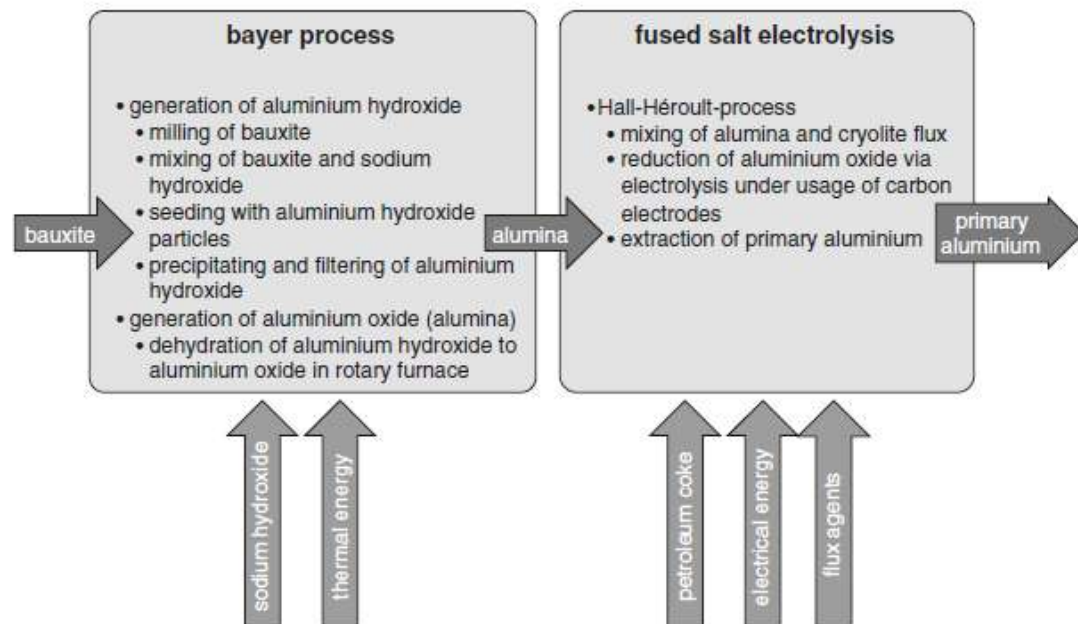
(1) pridobivanje boksita, (2) Bayerjev postopek, (3) elektroliza taljene soli (Kammer 2012a; Quinkertz 2002).

Slika 9 prikazuje zaporedje procesa in osnovne vhodne tokove za elektrolitsko proizvodnjo primarnega aluminija. Surovina za to procesno zaporedje je boksit. Boksit je ruda, ki vključuje konglomerat različnih mineralov, ki večinoma vsebujejo aluminij, kot so hidrargilit (Al_2O_3), kaolinit ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), boemit ($\text{AlO}(\text{OH})$) in diaspor ($\text{AlO}(\text{OH})$). Druge minerale na osnovi železa, silicija, titana ali kalcija je potrebno ločiti od boksita med prvim korakom Bayerjevega postopka (Quinkertz, 2002; Kammer, 2012a).

Bayerjev postopek se začne z mletjem boksita in dodajanjem natrijevega hidroksida pri temperaturi 100–360 °C. Med tem postopkom se aluminijevi hidroksidi raztopijo v natrijevem hidroksidu in ustvarijo aluminat, medtem ko se druge onesnažujoče spojine oborijo, ne da bi bile raztopljene. Konglomerat teh oborjenih spojin je običajno znan kot rdeče blato in ga je

treba odložiti. Ko se aluminatna slanica ohladi in se dodajo kali kristali, se obori čisti aluminijev hidroksid (Kammer, 2012a; Dienhart, 2003).

V drugem koraku se ekstrahiran aluminijev hidroksid dehidrira (kalcinira) z dodajanjem toplotne energije prek rotacijskih peči pri temperaturi 1000–1300 °C.



Slika 7: Vhodni tokovi in procesno zaporedje za elektrolitsko proizvodnjo primarnega aluminija

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

S tem postopkom nastane tehnično čist aluminijev oksid z le zanemarljivimi kontaminacijami drugih oksidov (Kammer 2012a; Dienhart 2003). Ta čisti aluminijev oksid je mogoče nadalje predelati v elektrolizi s taljeno soljo po Hault-Héroultovem postopku. Osnova za to elektrolizo je raztopina aluminijevega oksida v tekočem kriolitu, ki zniža temperaturo taljenja aluminijevih oksidov s ca. 2050 °C na ca. 963 °C. Z dodajanjem nadaljnjih talilnih sredstev lahko elektrolizo izvedemo pri temperaturi približno 950–980 °C.

Koncentracija aluminijevih oksidov v talilu je okoli 2 %. Ker se med elektrolizo uporabljajo ogljikove elektrode (iz petrolkoksa), se anoda razjeda z oddajanjem ogljikovega monoksida in ogljikovega dioksida. Na katodi na dnu elektrolizne celice se proizvaja čisti aluminij, ki se občasno ekstrahira s sesanjem in se lahko nato ulije v ingote (Kammer 2012a).

b. Sekundarne vhodne frakcije aluminija

Glavni vhodni material za zlitine za tlačno litje je odpadni aluminij. Odpadni aluminij se lahko zbira iz različnih virov različnih kakovosti. Glavne frakcije odpadnega aluminija lahko ločimo na naslednji način:

- postindustrijski odpadki (zaporni sistemi, proizvodni odpadki itd.)
- odpadni kapital (odsluženi izdelki)
- žlindre (oksidne lupine iz tekočih zlitin v talilni ali zadrževalni peči)
- ostružki (kovinski ostružki od mehanske obdelave)
- aluminijaste folije, embalažni materiali ipd. iz sistemov za ločevanje in zbiranje komunalnih odpadkov

Postindustrijski odpadki so običajno razmeroma čisti aluminijevi odpadki iz livarn ali talilnic, ki ne pridejo v fazo uporabe kot izdelek, ampak se lahko pretalijo neposredno po proizvodnji. Manjša onesnaženja lahko izvirajo iz premazov ali oksidov. Stopnja recikliranja teh frakcij odpadnega aluminija je skoraj 100 % (Kammer 2012b; Boin in drugi 2000; Kirchner 1989).

Odpadni kapital opisuje izdelke iz aluminija po njihovi fazi uporabe, ki so bili zbrani kot sekundarne frakcije aluminija. Odvisno od posameznega primera uporabe so ti izrabljeni izdelki običajno onesnaženi z barvami, mazivi, tesnili, drugimi spojinami materialov itd. Stopnje recikliranja teh frakcij glede na vsebovani aluminij se gibljejo med 80 in 90 % (Kammer, 2012b; Boin in drugi 2000; Kirchner 1989).

Žlindra nastane zaradi oksidacije zlitin na površini mase staljene kovine. Ti oksidi se posnamejo iz mase staljene kovine, zato lahko vsebujejo tudi 80 % čiste zlitine. Ker vsebovane količine tekoče zlitine težijo k nadaljnji oksidaciji, se žlindra pogosto prekrije s soljo po posnemanju ali že v talilni ali zadrževalni peči (Boin in drugi 2000; Krone 2000).

Ostružki so prav tako postindustrijski odpadki in nastajajo neposredno med proizvodno fazo končnega aluminijastega izdelka, medtem ko se določene funkcionalnosti izdelka realizirajo s proizvodnimi procesi odstranjevanja ostružkov. Šteje se kot ločena frakcija odpadnega aluminija zaradi njegovega neugodnega razmerja med površino in maso, zaradi česar so potrebne dejavnosti stiskanja, da se prepreči gorenje ostružkov med taljenjem (Boin et al. 2000).

Aluminijaste folije, embalažni materiali itd. iz sistemov za ločevanje in zbiranje komunalnih odpadkov (npr. nemški Duales System Deutschland) spadajo v skupino odpadnega kapitala,

vendar tvorijo ločen del odpadnega aluminija zaradi velikega števila vsebovanih zlitin in običajno močno kontaminacijo (Krone 2000).

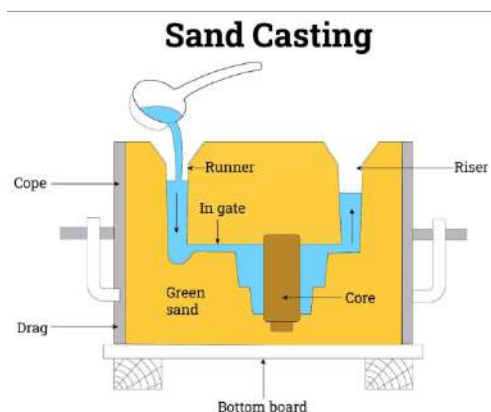
2.1.1.3 Določitev proizvodnega procesa za izdelavo dela (struženje, rezkanje, litje ...)

Ker je sestavni del kompleksno oblikovan, smo izdelavo z mehansko obdelavo (struženje in rezkanje) izključili in se posvetili izdelavi sestavnega dela s postopkom litja, in sicer smo se odločili za postopek tlačnega litja.

Litje – ulivanje kovin je ena najstarejših tehnologij, s pomočjo katere je nastalo na milijone kovinskih izdelkov. Že od samega začetka človeške rase so ljudje uporabljali ulivanje kovin za izdelavo orodja, orožja, ščitov, koles itd. Danes je priljubljenost ulivanja kovin dosegla tolikšno raven, da brez te tehnologije ne moremo izdelati niti enega stroja. Vsaka kovinska industrija namerava uvesti najnovejšo različico te tehnologije.

Odvisno od tega, kakšen odlitek je in kolikšna je serija litja, se lahko odločamo med litjem v pesek, **tlačnim litjem** ali kokilnim litjem. Ker bo v našem primeru šlo za velikoserijsko proizvodnjo sestavnega dela, smo se odločili za **tlačno litje**. Za določene sestavne dele motorja pa se uporablja tudi litje v pesek. S konstruiranjem novih sestavnih delov istočasno zamenjujemo sestavne dele, ki so izdelani z litjem v pesek, s sestavnimi deli, ki so izdelani s postopkom tlačnega litja. S tem se sestavni del tudi dodatno poceni.

a. Litje v pesek



Slika 8: Skica litja v pesek

Vir: iqsdirectory.com

Litje v pesek je ena najstarejših vrst litja kovin in je priljubljena v vseh državah. Ulivanje v pesek je postopek litja kovin, pri katerem se za oblikovanje različnih oblik kovinskih izdelkov uporablja peščeni kalup za enkratno uporabo. To je najlažji način litja kovine. Vendar mora vsaka livarna upoštevati več previdnostnih ukrepov in korakov nadzora kakovosti. Ta metoda

ulivanja kovin deluje z vsemi vrstami kovin in ustvarja kovinske izdelke od nekaj kilogramov do ton.

Orodje za ulivanje v pesek je preprosto. Možno je izdelati peščene kalupe s finimi zunanjimi detajli in notranjim jedrom poljubne oblike. Vendar bi bilo kompleksna telesa težko obdelati z ulivanjem v pesek.

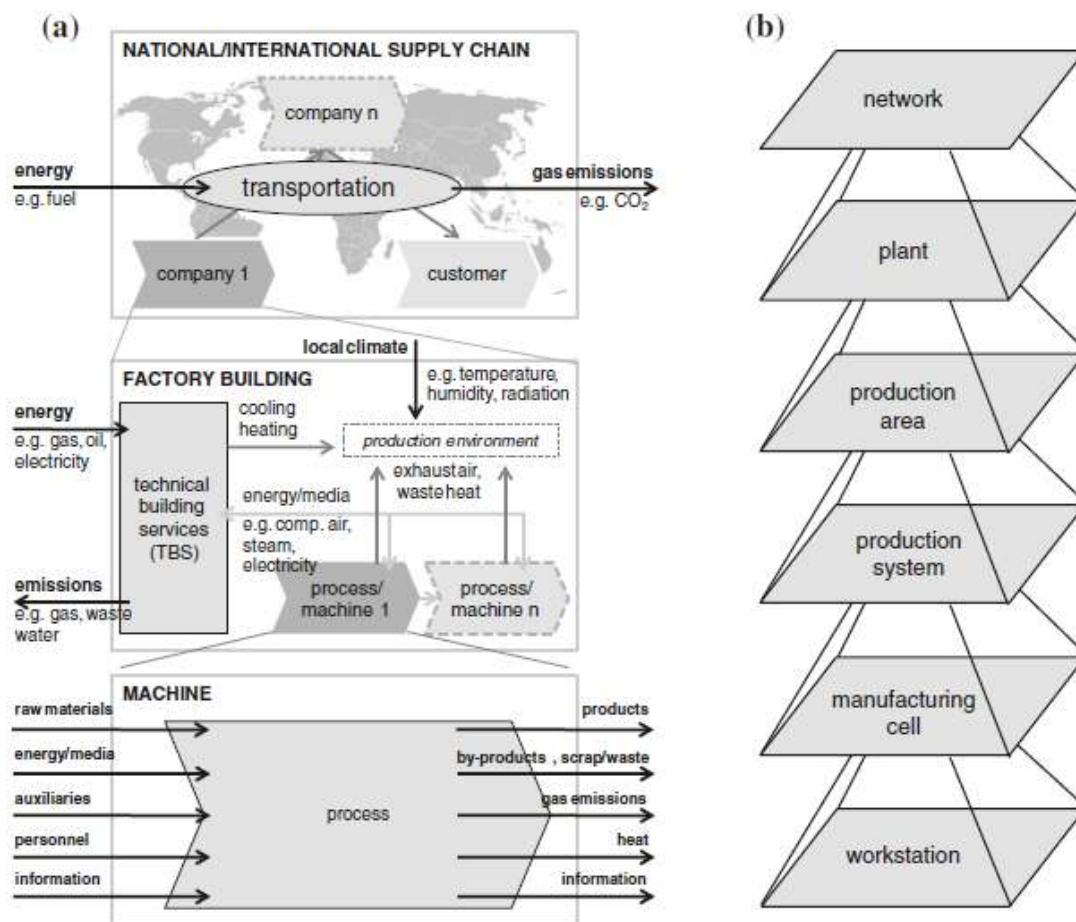
Metoda litja v pesek je razširjena v številnih aplikacijah. Priljubljeni izdelki iz peščenih ulitkov so bati in ventili, bloki motorjev, odmikači, ležaji, ležajne kroglice, medicinska oprema, hidravlične črpalke in ohišja, kmetijska oprema, avtomobilska oprema, ročice in jermenice ter deli naprav za električno opremo, železniška oprema, petrokemična oprema, inženirska oprema, gradbeni stroji.

Vendar pa metoda litja v pesek prevladuje v vsaki industriji, povezani s kovinskimi izdelki. Kjer so potrebni kovinski deli in oprema, je tam tudi ulivanje v pesek. Čeprav temelji na različni zahtevnosti, se lahko vrsta kovinskega ulitka razlikuje. Priljubljene industrije, ki jo uporabljajo, so medicinska, kmetijska, avtomobilska, obrambna in orožarska, pomorstvo, rudarstvo, elektrarne itd.

Čeprav ulivanje v pesek ponuja številne prednosti, ima še vedno nekaj pomanjkljivosti. Odvisno od različnih dejavnikov zahtevanih aplikacij se lahko pojavi več slabosti litja v pesek.

1. Metoda litja v pesek povzroči večje napake poroznosti v ulitkih kot druge metode litja kovin. Zato bi bilo najbolje, če sami določite stopnjo poroznosti svojih aplikacij za ulivanje kovin.
2. Druga napaka pri litju, ki jo pogosto najdemo pri litju v pesek, je površinski vključek. V procesu ulivanja staljena kovina pobere sipki pesek iz kalupov. Posledično ustvarja površinske vključke v obliki zrn peska.
3. Vemo, da litje v pesek zahteva manj stroškov orodja. Po drugi strani pa na koncu poveča stroške dela, saj je postopek ročni.
4. Ulivanje v pesek zahteva posebno čiščenje in dodatno strojno obdelavo, da se zmanjšajo tolerance dimenzij.
5. Ta metoda ulivanja ni primerna za velike količine naročila. V teh primerih v večini livarn prevladujejo trajni kalupi za večkratno uporabo.

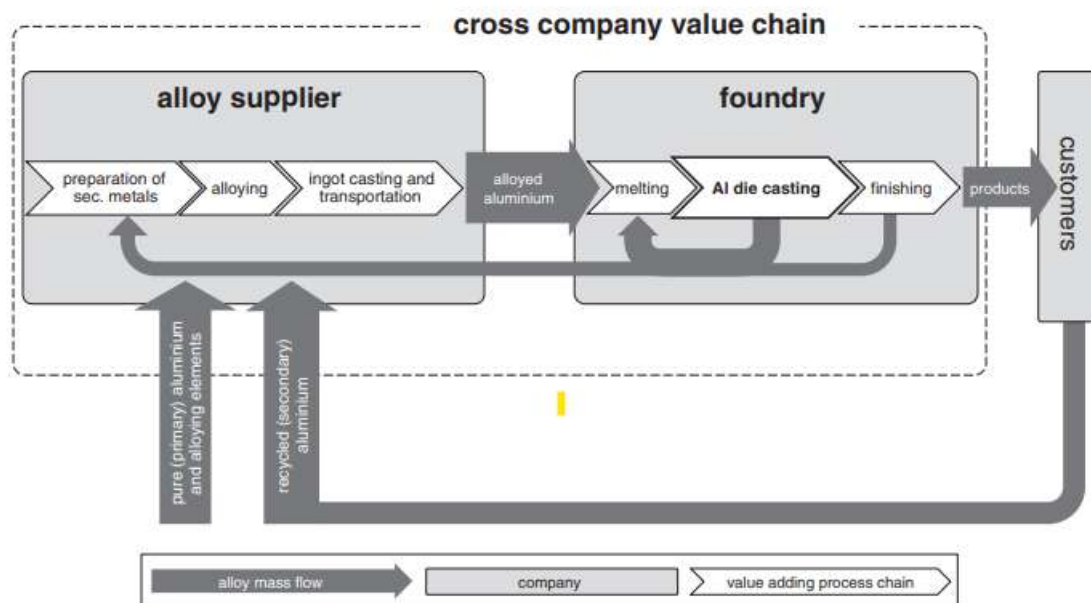
b. Predstavitev tlačnega litja aluminija



Slika 9: Različne (vertikalne) hierarhične ravni industrijskih vrednostnih verig (Herrmann in drugi 2010a; Wiendahl 2009; glej tudi Heinemann in drugi 2014)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

V tem razdelku je predstavljena tehnologija tlačnega litja aluminija, na podlagi v sliki 9 prikazane zasnove hierarhično organiziranih industrijskih vrednostnih verig, ki lahko sestavljajo različne systemske ravni industrijskega omrežja. Ta tehnologija tvori tudi ustrezno hierarhično organizirano vrednostno verigo (glej sliko 10; Heinemann in drugi, 2012). Po identifikaciji vrednostne verige tlačnega litja aluminija v sistemu globalnih tokov aluminija in pregledu obsega proizvodnje aluminija v Nemčiji, bodo v zaporedju predstavljeni posamezni koraki vrednostne verige. Kot izhodišče opisa vrednostne verige je vzeta široka perspektiva in uvedene so potrebne aktivnosti za generiranje in razvrščanje potrebnih surovin od čistih (primarnih) kovin do recikliranih (sekundarnih) kovinskih izdelkov. Te vhodne tokove predela notranja procesna veriga dobavitelja zlitin (podjetje za recikliranje aluminija in talilnice) v legirane aluminijeve ingote.

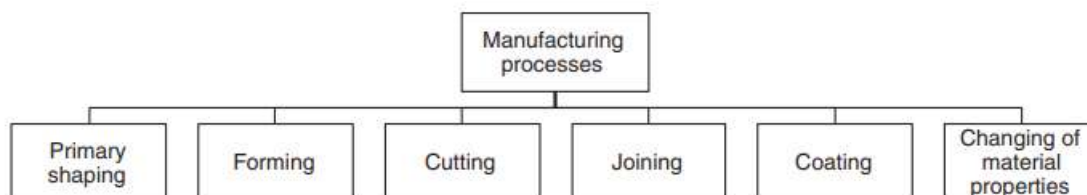


Slika 10: Osnovna struktura hierarhične vrednostne verige tlačnega litja aluminija (zaporedje procesa in masni pretok zlitine) (glej tudi Heinemann in drugi, 2012)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

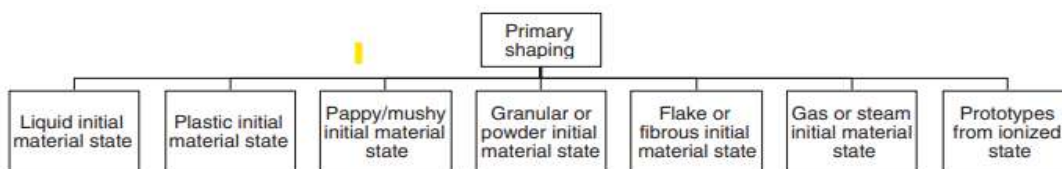
Razvrstitev postopka tlačnega litja aluminija

Tehnologija izdelave je ključnega pomena za ustvarjanje izdelkov z določenimi oblikami in lastnostmi. Ker je proizvodna tehnologija večplastna, lahko proizvodne procese razdelimo v šest glavnih skupin glede na njihov glavni princip manipulacije narave izdelka (Grote in Antonsson 2009). Standard DIN 8580 opredeljuje in deli vse proizvodne procese (glej sliko 2.11) (DIN 8580 2003). Med temi glavnimi skupinami proizvodnih procesov lahko glavno skupino primarnega oblikovanja nadalje razdelimo na sedem podskupin glede na začetno stanje materiala (glej sliko 2.12) (DIN 8580 2003; de Ciurana 2008).



Slika 11: Klasifikacija proizvodnih procesov (glavne skupine) (DIN 8580 2003)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

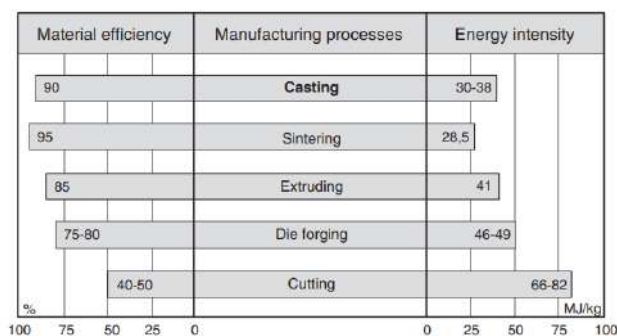


Slika 12: Podskupine proizvodnega procesa primarnega oblikovanja (DIN 8580 2003; de Ciurana 2008)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

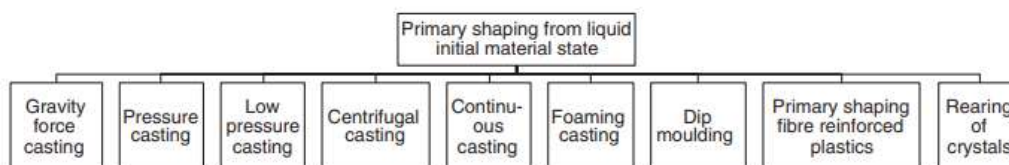
V nasprotju z drugimi glavnimi skupinami proizvodnih procesov skupina primarnih procesov oblikovanja omogoča ustvarjanje večine končnih oblik, karakteristik in značilnosti z enim samim integriranim procesnim korakom in zahteva le nekaj manjših nadaljnjih obdelav za dodajanje dodatnih funkcij ali posebne kakovosti funkcionalnih površin (Bühning-Polaczek 2014). Ta sposobnost vodi do visoke stopnje materialne učinkovitosti in relativno nizke energetske intenzivnosti te skupine proizvodnih procesov v primerjavi z drugimi glavnimi skupinami proizvodnih procesov. Slika 13 ponazarja to prednost s primerjavo materialne učinkovitosti in energetske intenzivnosti izbranih proizvodnih procesov iz glavnih skupin primarnega oblikovanja, oblikovanje in rezanje (Fritz in Schulze 2010). Eden reprezentativnih primerov za tako ugoden postopek je postopek visokotlačnega tlačnega litja (HPDC), ki spada v podskupino "primarnega oblikovanja iz tekočega začetnega stanja" (glej sliko 2.14) (DIN 8580 2003). Visokotlačno tlačno litje je najpomembnejši postopek litja barvnih kovin (Westkämper in Warnecke, 2010). Običajno obdeluje zlitine, ki temeljijo na naslednjih kovinah (Brunhuber, 1980):

- Aluminij
- Cink
- Magnezij
- Baker



Slika 13: Materialna učinkovitost in energetska intenzivnost izbranih proizvodnih procesov

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management



Slika 14: Delitev glavne skupine primarnega oblikovanja (DIN 8580 2003)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

Vendar pa večina količin tlačnega litja v Nemčiji temelji na aluminijevih zlitinah (WirtschaftsVereinigung Metalle, 2012). Aluminijeve zlitine za tlačno litje se odlikujejo po zelo dobri livnosti (za kompleksne in tankostenske geometrije izdelkov), zelo dobri obdelovalnosti, dobri odpornosti proti atmosferski koroziji (zlasti aluminij-silicijeve zlitine) ter nizki agresivnosti proti matricam na osnovi železa (Brunhuber 1980; Jochem in drugi 2004). Poleg možnosti ustvarjanja velikega števila funkcij in značilnosti končnega izdelka v enem hitrem in integriranem procesnem koraku zagotavlja visokotlačno tlačno litje, zlasti aluminijastih delov, širok nabor dodatnih prednosti, po katerih se ta postopek razlikuje od drugih proizvodnih procesov (glej Tabela 1). Poleg zgoraj omenjenih prednosti postopka visokotlačnega tlačnega litja je treba upoštevati nekatere pomanjkljivosti. Tabela 2 ponuja majhen seznam gospodarskih in tehnoloških pomanjkljivosti, ki ustvarjajo povpraševanje po nadaljnjem razvoju postopka visokotlačnega tlačnega litja (Pithan, 2013). Ker prednosti tehnologije visokotlačnega litja aluminija prevladajo nad pomanjkljivostmi za mnoge scenarije uporabe, je ta tehnologija (kot mnoge druge tehnologije litja in izdelki iz aluminija) zelo uspešno našla pot v praktično uporabo.

Tabela 1: Izbrane prednosti postopka visokotlačnega tlačnega litja (aluminija)

Ekonomske prednosti	Visoka stopnja avtomatizacije, kjer se lahko nadaljnji procesi (npr. mehanska obdelava) neposredno povežejo na avtomatizirano livarsko celico.
	Visoka produktivnost in posledično dobra uporabnost v industriji avtomobilskih delov.
	Visoka kapaciteta proizvodnje.
	Visoka dobičkonosnost, ki je rezultat visoke stopnje avtomatizacije in produktivnosti.
Tehnološke prednosti	Visoka dimenzijska natančnost.
	Livnost kompleksnih geometrij in majhnih debelin sten.
	Kratki časi ciklov.

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

	Zelo dobra kakovost strukturne sestave in mikrostrukture lite kovine.
	Gladka površina odlitka.
	Možne so kompozitne konstrukcije z integriranimi drugimi materiali oz. polizdelki.
	Odlitek je skoraj končni izdelek z zelo majhno potrebo po nadaljnji mehanski obdelavi.

Tabela 2: Izbrane slabosti postopka visokotlačnega tlačnega litja (aluminija)

Ekonomske slabosti	Visoki začetni stroški za orodja (matrice) in stroje za litje.
	Visoki stroški za zamenjavo orodja zaradi visokih stroškov orodja in stroškovno intenzivni časi okvare.
	Ni dobičkonosno pri manjših serijah.
Tehnološke slabosti	Omejene možnosti oblikovanja.
	Nevarnost poroznosti zaradi zračnih žepkov, kar zmanjšuje trdnost in pretržno napetost.
	Visoka toplotna in mehanska obremenitev dragih matric.
	Omejena uporabnost za varilne postopke.
	Omejena uporabnost za toplotno obdelavo.

Vir: (Rockenschaub, 2014; Pithan, 2013a; Westkämper in Warnecke, 2010)

Tehnični opis postopka tlačnega litja aluminija

Postopek tlačnega litja bo predstavljen v naslednjem razdelku. Specifično zaporedje postopka bo opisano pred razlago njegove vgradnje v celico za tlačno litje (glej sliko 16).

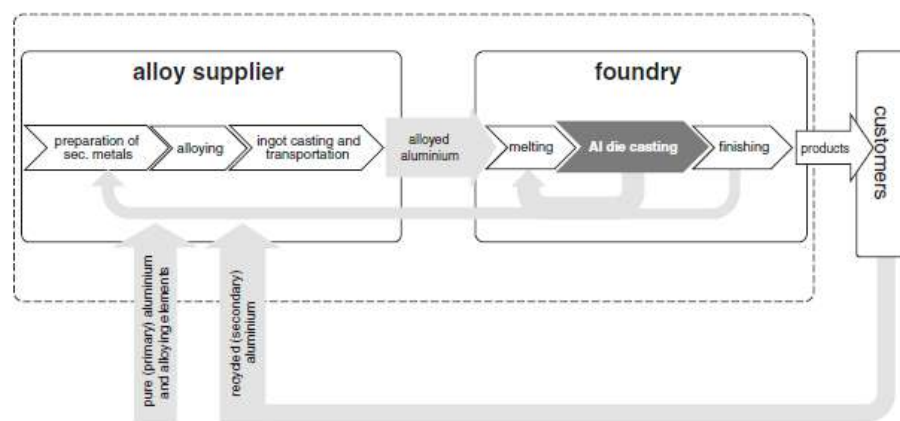
Zaporedje procesa

V procesu tlačnega litja se tekoča kovina potisne v votlino jeklenega kalupa pod visokim pritiskom. Stiskanje tekoče kovine v votlino poteka z batom pri tlaku do 1200 barov. Zaradi tega visokega tlaka mora stroj za tlačno litje na matrice uporabiti zapiralne sile do nekaj deset tisoč kN. Kljub visokemu tlaku in temperaturi je jekleni kalup (matrica) ponovno uporaben do 300.000 ciklov (posnetkov) postopka tlačnega litja (Westkämper in Warnecke, 2010; Dalquist in Gutowski, 2004).

Vsak cikel sledi istemu zaporedju, ki je prikazano na sliki 17. Takoj, ko sta polovici matrice zaklenjeni, se tekoča kovina napolni v komoro za vbrizgavanje (1). Nato bat stisne kovino v votlino (2). Znotraj votline se kovina strdi, medtem ko bat drži kovino pod pritiskom za zahtevani čas zadrževanja (3). Po strjevanju kovine sta matrici ločeni, tako da se lahko ulitek

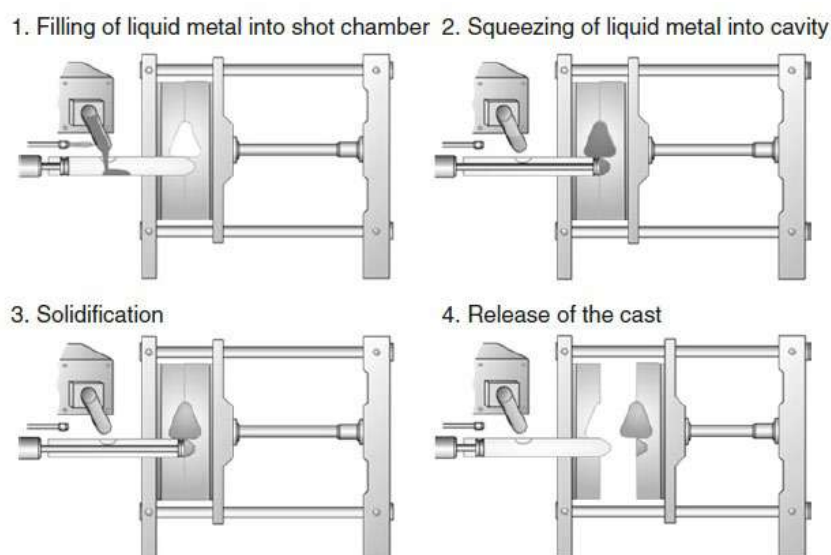
sprosti (4), bat se vrne v začetni položaj in matrici se lahko pripravita za naslednji strel (Aluminium Laufen AG 2014; Dalquist in Gutowski 2004).

Priprava matric vključuje nekaj zračnega čiščenja in ponovnega mazanja z ločilnimi sredstvi (Dalquist in Gutowski 2004). Temperatura matric je stalno nadzorovana preko temperirnih enot, ki služijo temperirnim kanalom znotraj matric z vročimi hidravličnimi tekočinami (Speckenheuer in Deisenroth 1989, Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management).



Slika 15: Postopek tlačnega litja v vrednostni verigi tlačnega litja aluminija

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management



Slika 16: Faze postopka tlačnega litja (Aluminium Laufen AG 2014)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

Celica in oprema za tlačno litje

Glavna naprava za izvajanje postopka tlačnega litja je stroj za tlačno litje.

Kljub temu mora biti stroj za tlačno litje vgrajen v celico za tlačno litje, ki je opremljena s kompletom potrebne periferne opreme. Najpomembnejši elementi celice za tlačno litje bodo predstavljeni v naslednjem razdelku.

Stroj za tlačno litje lahko razdelimo na tri glavne komponente: črpalna skupina ali pogonska enota, vpenjalna enota, sistem za vbrizgavanje. (Hoffmann in Jordi 2013b; Brunhuber 1980)

Skupina črpalk zagotavlja hidravlični tlak, ki je potreben za delovanje gibljivih delov strojev za tlačno litje. Električni motor poganja črpalke, ki stisnejo hidravlične tekočine do tlaka 160–210 barov. Vpenjalna enota se premakne in zapre kalup za tlačno litje. V ta namen se nefiksna nosilna plošča premika vzdolž podnožja stroja na drsnih čevljih. Dodatni operaciji sta hidravlično krmiljenje izbirnih sistemov livarskega jedra ter aktiviranje stiskalnih in izmetnih enot.

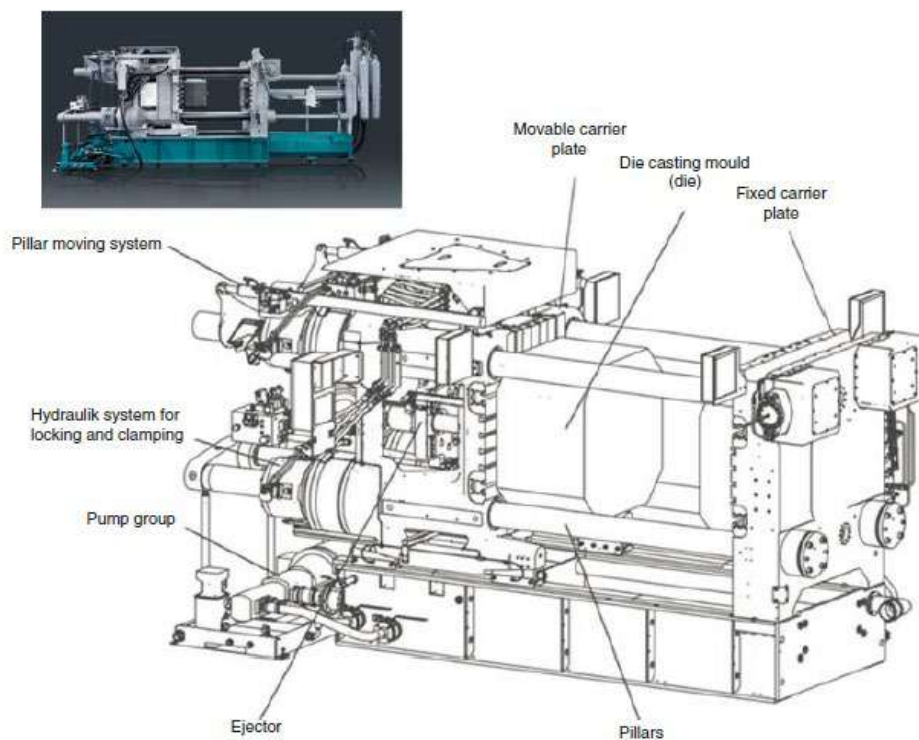
Glavna naloga sistema za vbrizgavanje je premikanje bata, ki stisne tekočo kovino v votlino kalupa za tlačno litje. Sistem za vbrizgavanje nadzoruje gibanje bata, da se zagotovi nemoten vstop kovine v zaporni sistem kalupa, hitro polnjenje kalupa in zadostna količina zadrževalnega tlaka, medtem ko se kovina strjuje. Gibanje bata mora podpirati tudi izmetni sistem, ko se trdni odlitek odstrani iz kalupa.

Slika 18 prikazuje primer stroja za tlačno litje v hladni komori z vpenjalno enoto za dvojno ploščo. Namesto tega se lahko uporabijo preklopne vpenjalne enote in v stroj za tlačno litje (stroj za tlačno litje z vročo komoro) vključi zadrževalno peč (Hoffmann in Jordi 2013b; Nogowizin 2011; Brunhuber 1980).

Celico za tlačno litje dopolnjuje naslednja oprema:

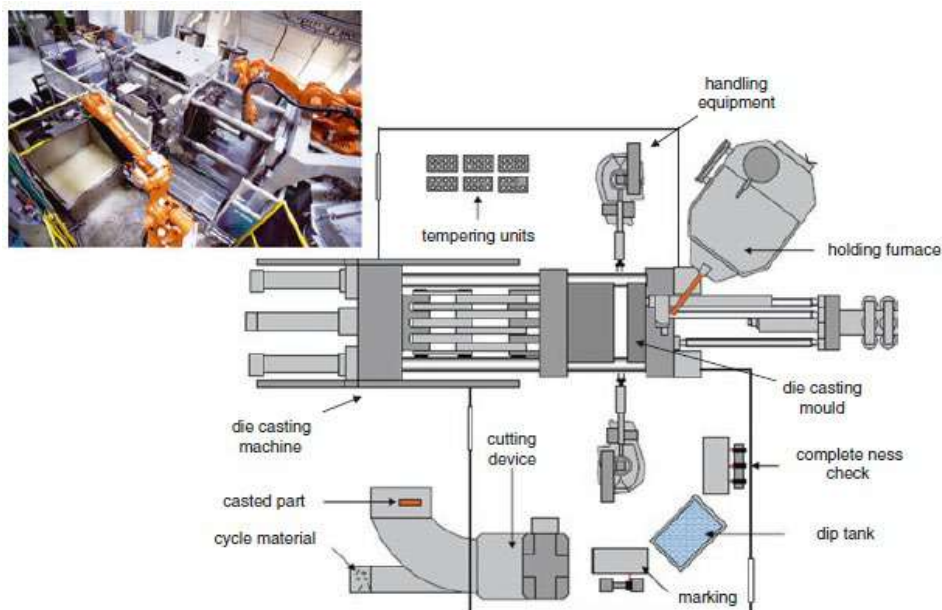
- zadrževalna peč (nadzor temperature tekoče kovine v celici za tlačno litje in doziranje le-te v livno komoro stroja za tlačno litje),
- kalup za tlačno litje (določanje oblike ohišja z negativom),
- enote za kaljenje (nadzor temperature kalupov za tlačno ulivanje, da se zagotovi dovolj časa za strjevanje kovine in prepreči zmrzovanje na površini kalupa, zmanjša toplotna obremenitev kalupa),

- oprema za manipulacijo (robot za avtomatsko odstranjevanje odlitka iz kalupa in prenos v nadaljnji procesni korak),
- rezalna naprava (izrezovalnik ali žaga za odstranjevanje vratnega sistema in ostankov iz končnega litega izdelka),
- brizgalni robot (zračno čiščenje kalupa in nanašanje ločilnih sredstev na površino kalupa) (Neto in drugi 2008; Heinemann in drugi 2013b; Brunhuber 1980).



Slika 17: Stroj za tlačno litje (dvojna vpenjalna enota)

Vir: Hoffmann in Jordi 2013b, Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management



Slika 18: Celica za tlačno litje aluminija (Kerber 2013; foundry-planet.com 2014)

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

Celica za tlačno litje je prikazana na sliki 22. Shematično prikazuje vzorčno konfiguracijo zgoraj omenjene opreme v celici za tlačno litje in dodaja fotografijo podobne, prave celice za tlačno litje aluminija.

Del se konstruira z deleži za livarja (oblika izdelka že upošteva izmetne kote livarskega orodja, da 3D model potem ustreza realnemu izdelku v prostoru motorja) (Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management).

2.1.1.4 Smernice za konstruiranje izdelkov, ki bodo proizvedeni s postopkom visokotlačnega litja aluminija

Konstruktor tlačnega litja mora biti do potankosti seznanjen s postopkom izdelave kalupov za tlačno litje in proizvodnim procesom, tako da je zasnova delov tlačnega litja zelo enostavna za izdelavo in se tako zmanjša ročno upravljanje ter tako tudi zniža stroške.

Racionalnost strukturne zasnove in postopka neposredno določa stopnjo težavnosti izdelave kalupov, natančnost dimenzij izdelka, parametre postopka tlačnega litja, učinkovitost proizvodnje in namestitve. Tukaj bomo razpravljali o točkah, ki jih je potrebno upoštevati pri procesu načrtovanja tlačnega litja aluminijeve zlitine, da bi zmanjšali spremembe konstrukcije, težave pri obdelavi, prihranili stroške in povečali trdnost (Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management).

a. Oblika kalupa za tlačno litje aluminija pod visokim pritiskom

Tlačno litje aluminijeve zlitine vsebuje tri komponente, ki morajo delovati skupaj, in sicer mora imeti kalup za tlačno litje, stroj za tlačno litje ter material iz aluminijeve zlitine. Pri postopku visokotlačnega litja se za pretok utekočinjene kovine uporabi visoki tlak, pod katerim se v votlino natančnega kovinskega kalupa pri visoki hitrosti ulije utekočinjena kovina, ki se nato pod pritiskom ohladi in strdi v ulitek. Tlačno litje v hladni in vroči komori sta dva osnovna načina postopka tlačnega litja. Pri tlačnem litju v hladni komori se utekočinjeno kovino ulije v komoro, nato pa se tlačni bat premakne naprej in pritisne kovino v votlino. Pri postopku tlačnega litja z vročo komoro je komora pravokotna na lonček in tekočina samodejno teče v komoro skozi dovodni priključek na komori. Ko se tekočina strdi, se matrica odpre in izmetni zatič potisne dele odlitka ven, s čimer se zaključi celoten proces oblikovanja tlačnega litja (Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management).

Izbira materiala za tlačno litje pod visokim pritiskom

Tabela 3: Izbira materiala za tlačno litje pod visokim pritiskom

Material	Lastnosti
Cinkova zlitina	Enostaven za tlačno litje, ekonomičen za izdelavo majhnih delov, enostaven za nanašanje, močna tlačna odpornost, visoka plastičnost, dolga življenjska doba litih delov.
Aluminijeve zlitine	Majhna teža, visoka dimenzijska stabilnost pri izdelavi kompleksnih in tankostenskih ulitkov, odpornost proti koroziji, močna vremenska odpornost, dobre mehanske lastnosti, visoka toplotna in električna prevodnost, dobra trdnost v okolju z visoko temperaturo.
Magnezijske zlitine	Enostavna mehanska obdelava, visoko razmerje med trdnostjo in težo, je najlažji material v kovinskem tlačnem litju.
Bakrova zlitina	Visoka trdota, močna odpornost proti koroziji, najboljše mehanske lastnosti običajno uporabljenih kovin za tlačno litje, odpornost proti obrabi, trdnost blizu jekla.
Zlitina svinca in kositra	Visoka gostota, visoka dimenzijska natančnost, lahko se uporablja kot posebni protikorozijski deli. Zaradi javnozdravstvenih razlogov jih ni mogoče uporabljati kot opremo za predelavo in shranjevanje hrane.

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

Značilnosti tlačnega litja aluminija

Tabela 4: Značilnosti tlačnega litja aluminija

Zlitina	Prednosti	Slabosti
Deli za tlačno litje aluminija	Visoka proizvodna učinkovitost. Nizki stroški obdelave. Enostavno doseči mehansko avtomatizacijo v proizvodnem procesu. Visoka dimenzijska natančnost ulitka. Dobra kakovost površine. Dobre splošne mehanske lastnosti.	Napake, ki se lahko pojavijo, so poroznost, madeži tečenja, odrgnine, vdolbine, razpoke, podlitje itd. Te napake poslabšajo kakovost in izgled izdelka ter tudi njegove mehanske lastnosti.

Vir: Tim Heinemann - Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management

Da bi se izognili zgornjim težavam, je zelo pomembna zasnova delov za tlačno litje. Zato moramo optimizirati strukturo in zmanjšati napake.

b. Ključne točke konstruiranja tlačnega litja aluminija

Enotna debelina stene

Debelina stene tlačnega litja ima velik vpliv na kakovost ulitka. Za primer vzemimo aluminijevo zlitino, tanka stena ima večjo trdnost in dobro gostoto kot debela stena. Da bi zagotovili zadostno trdnost in togost ulitka, je treba debelino stene čim bolj zmanjšati in ohraniti enakomerno debelino stene.

Če je stena ulitka pretanka, taljenje kovin ni dobro, kar vpliva na trdnost ulitka, hkrati pa povzroča težave pri oblikovanju.

Če je debelina stene predebela ali zelo neenakomerna, zlahka pride do krčenja in razpok. S povečanjem debeline stene lahko nastanejo notranje pore v ulitku, krčenje in druge napake, kar poslabša tudi mehanske lastnosti ulitka (vir <https://diecastor.com>).

Tabela 5: Debelina stene glede na litino in velikost površine

	Cinkova zlitina		Aluminijeva zlitina		Magnezijeva zlitina	
Površina	Minimalno	Normalno	Minimalno	Normalno	Minimalno	Normalno

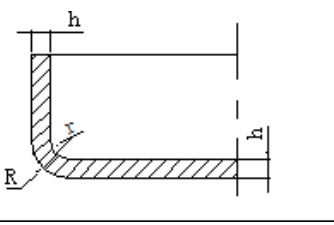
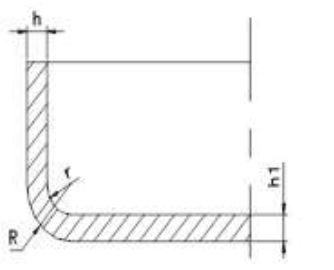
≤ 25	0.5	1.5	0.8	2	0.8	2
> 25-100	1	1.8	1.2	2.5	1.2	2.5
> 100-500	1.5	2.2	1.8	3	1.8	3
> 500	2	2.5	2.5	4	2.5	4

Vir: <https://diecastor.com>

Radij – Funkcija radija

Presečišče tlačno litih delov mora imeti radij (razen površine ločevanja), tako da je tok materiala nemoten za polnjenje, da se zlahka odzračuje zrak in se lahko izogne razpokam zaradi ostrih vogalov. Za površinsko obdelavo in končno obdelavo tlačno litih delov lahko območje radija premažete in tako preprečite nabiranje barve na ostrih vogalih. Na splošno radij ne sme biti prevelik ali premajhen, če je premajhen, lahko izdelek/ulitek počí, če pa je prevelik, bo prišlo do krčenja; običajno vzamemo: $1/2 \text{ debeline stene} \leq R \leq \text{debeline stene}$. (vir <https://diecastor.com>)

Tabela 6: Konstruiranje radija

Debelina dveh povezanih sten	Primer	Enačba za radij
Enakomerna debelina stene		$r_{\min} = K_{hr\max} = K_{hR} = r + h$
Neenakomerna debelina stene		$r \geq (h + h_1) / 3R = r + (h + h_1) / 2$

Vir: <https://diecastor.com>

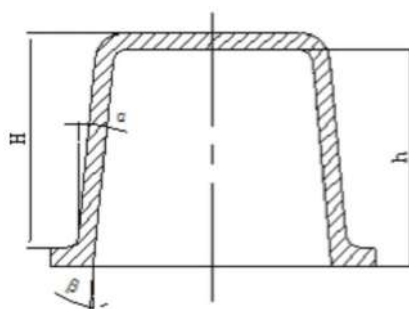
Formula za izračun radija vogala tlačnega litja

Opomba: za ulitke iz cinkove zlitine, $K=1/4$; za ulitke iz aluminija, magnezija in drugih zlitin, $K=1/2$

Izmetni kot

Za nemoten izmet delov iz kalupa, zmanjšanje potisne sile, silo izvleka jedra in podaljšanje življenjske dobe kalupa, mora biti pri načrtovanju tlačnega litja v strukturi dovolj izmetnega kota. To pomaga tudi pri zmanjšanju trenja med deli tlačnega litja in kalupom, ulitek se enostavneje odstrani, površina ulitka ni opraskana, hkrati pa je s tem definiran tudi končni izgled površine.

Površine ulitkov se običajno dodatno ne obdelujejo, razen kjer je to zaradi funkcionalnosti nujno potrebno (vir <https://diecastor.com>).



Slika 19: Prikaz izmetnih kotov

Vir: <https://diecastor.com>

Tabela 7: Določanje izmetnih kotov

	Najmanjši izmetni kot za montažno površino		Najmanjši izmetni kot za nemontažne površine	
	Kot zunanje površine α	Kot notranje površine β	Kot zunanje površine α	Kot notranje površine β
Cinkova zlitina	$0^{\circ}10'$	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}45'$
Aluminijeva in magnezija zlitina	$0^{\circ}15'$	$0^{\circ}30'$	$0^{\circ}30'$	1°
Bakrova zlitina	$0^{\circ}30'$	$0^{\circ}45'$	1°	$1^{\circ}30'$

Vir: <https://diecastor.com>

Večji kot izmeta, lažji izmet delov orodja za tlačno litje, kar je pomembno za dele z globoko steno.

$$\tan\theta = X/H$$

θ = Kot izmeta

H = Višina stene ali rebra

X = Zmanjšana debelina stene (ali količina odstopanja nagiba)

Običajno izdelki z natančnejšo zasnovo zahtevajo manjši kot ugreza, kar pomeni, ko je izdelek globlji (višji), je potrebno njegov nagib X nadzorovati v določenem območju.

Rebro

Postavitev rebra lahko poveča trdnost in togost dela ter hkrati izboljša postopek tlačnega litja, vendar pa je temu potrebno posvetiti posebno pozornost:

- A. porazdelitev mora biti enakomerna in simetrična;
- B. koren povezave z ulitkom mora imeti zaobljene vogale;
- C. izogibati se je potrebno križanju reber;
- D. širina reber ne sme presegati debeline stene;
- E. izmetni kot rebra mora biti večji od izmetnega kota votline.

Splošno priporočilo je, da se za debelino rebra vzame 2/3~3/4 debeline stene (vir <https://diecastor.com>).

Tlačno litje lukenj

Luknje za tlačno litje je potrebno uliti čim globlje, kar ne samo da lahko naredi debelino stene enotno, ampak se prihrani tudi na materialu, hkrati pa se skrajša čas obdelave (vir <https://diecastor.com>).

Tabela 8: Konstruiranje lukenj pri tlačnem litju

	Najmanjši premer luknje d(mm)	Največja globina luknje (mm)				Najmanjši izmetni kot luknje
		Slepa luknja		Skoznja luknja		
		d>5	d<5	d>5	d<5	
Cinkova zlitina	1.5	6d	4d	12d	8d	0~0.3%

Aluminijeva zlitina	2.5	4d	3d	8d	6d	0.5~1%
Magnezije zlitina	2	5d	4d	10d	8d	0~0.3%
Bakrova zlitina	4	3d	2d	5d	3d	2%~4%

Vir: <https://diecastor.com>

Krčenje

Krčenje je odstotek zmanjšanja velikosti, ko se zlitina strdi iz tekočine v trdno snov; in se ohladi na sobno temperaturo.

Formula za krčenje ulitkov

$$K = (L_{\text{kalup}} - L_{\text{kos}}) / L_{\text{kos}}$$

Krčenje je povezano s strukturo, debelino stene, kemično sestavo zlitine in procesnimi dejavniki. Na primer aluminijeva zlitina se med ohlajanjem skrči za neverjetnih 6,5 % (vir <https://diecastor.com>).

Navoji

Zunanji navoj je mogoče uliti, ohraniti je potrebno le 0,2–0,3 mm dodatka za obdelavo.

Čeprav je notranji navoj mogoče uliti, se jedro v kalupu za tlačno litje vrti z mehansko napravo, zaradi česar je struktura kalupa bolj zapletena in poveča stroške. Zato je osnovna luknja običajno najprej ulita, nato pa obdelana v notranje navoje (vir <https://diecastor.com>).

Tabela 9: Konstruiranje navoja pri tlačnem litju

Zlitina	Najmanjši korak (P)	Najmanjši zunanji premer navoja		Največja dolžina navoja	
		Zunanji navoj	Notranji navoj	Zunanji navoj	Notranji navoj
Cinkova zlitina	0.75	6	10	8P	5P
Aluminijeva zlitina	1	10	20	6P	4P

Vir: <https://diecastor.com>

2.2 Emisijske stopnje za izvencestno mobilno mehanizacijo (ang. NRMM – Non-Road Mobile Machinery)

Predstavljene emisijske stopnje za izvencestno mobilno mehanizacijo (ang. NRMM – Non-Road Mobile Machinery) so sledeče:

Stopnja III/IV

Emisijski standardi stopnje III/IV za izvencestne motorje so bili sprejeti 21. aprila 2004, za kmetijske in gozdarske traktorje pa 21. februarja 2005.

Leta 2010 sta bili sprejeti dve dodatni direktivi: Direktiva 2010/26/EU zagotavlja dodatne tehnične podrobnosti o testiranju in certificiranju motorjev stopnje IIIB in stopnje IV, Direktiva 2010/22/EU pa spreminja prejšnjo zakonodajo, ki se uporablja za kmetijske in gozdarske traktorje (Vir: dieselnets.com, 2024).

Standardi stopnje III, ki so nadalje razdeljeni na stopnji IIIA in IIIB, so se postopoma uvajali od leta 2006 do 2013, stopnja IV je začela veljati leta 2014. Standardi stopnje III/IV poleg kategorij motorjev, urejenih na stopnji I/II, zajemajo tudi motorje železniških lokomotiv in ladijske motorje, ki se uporabljajo za plovila za plovbo po celinskih plovnih poteh. Zakonodaja stopnje III/IV se uporablja samo za nova vozila in opremo; nadomestni motorji, ki se uporabljajo v strojih, ki so že v uporabi (razen pogonskih motorjev za železniške vagoni, lokomotive in plovila za plovbo po celinskih plovnih poteh), bi morali ustrezati mejnim vrednostim, ki jih je moral izpolnjevati motor, ki ga je potrebno zamenjati, ko je bil prvotno dan na trg (Vir: dieselnets.com, 2024).

Standardi stopnje III, ki so nadalje razdeljeni na dve podstopnji: stopnja III A in stopnja III B, in standardi stopnje IV za izvencestne dizelske motorje so navedeni v tabeli 10 in tabeli 11. Te mejne vrednosti veljajo za vse necestne dizelske motorje navedenih razponov moči za uporabo v aplikacijah, ki niso železniška vleka in plovila za plovbo po celinskih plovnih poteh (Vir: dieselnets.com, 2024).

Tabela 10: Emisijski standard stopnje III A/B za izvencestne dizelske motorje

Kategorija	Neto moč	Datum †	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM
	kW		g/kWh				
Stopnja III A							

H	$130 \leq P \leq 560$	2006.01	3,5	-	4,0	-	0,2
I	$75 \leq P < 130$	2007.01	5,0	-	4,0	-	0,3
J	$37 \leq P < 75$	2008.01	5,0	-	4,7	-	0,4
K	$19 \leq P < 37$	2007.01	5,5	-	7,5	-	0,6
Stopnja III B							
L	$130 \leq P \leq 560$	2011.01	3,5	0,19	-	2,0	0,025
M	$75 \leq P < 130$	2012.01	5,0	0,19	-	3,3	0,025
N	$56 \leq P < 75$	2012.01	5,0	0,19	-	3,3	0,025
P	$37 \leq P < 56$	2013.01	5,0	-	4,7	-	0,025
† Datumi za motorje s stalno vrtilno frekvenco so: 2011.01 za kategorije H, I in K; 2012.01 za kategorijo J.							

Vir: dieselnat.com

Tabela 11: Emisijski standard stopnje IV za izvencestne dizelske motorje

Kategorija	Neto moč	Datum †	CO	HC	NOx	PM
	kW		g/kWh			
Q	$130 \leq P \leq 560$	2014.01	3,5	0,19	0,4	0,025
R	$56 \leq P < 130$	2014.01	5,0	0,19	-0,4	0,025

Vir: dieselnat.com

Standardi stopnje III/IV vključujejo tudi omejitev za emisije amonijaka, ki v preskusnem ciklu ne sme preseči povprečja 25 ppm.

Standardi stopnje III B so uvedli mejo PM 0,025 g/kWh, ki je bila zasnovana za prisilno uporabo filtrov za trdne delce. V resnici je znaten delež motorjev lahko dosegel mejo PM s pomočjo tehnologij v valju brez filtrov. Standardi stopnje IV so uvedli zelo strogo mejo NOx 0,4 g/kWh, kar je sprožilo široko uporabo naknadne obdelave NOx (običajno urea-SCR) na prizadetih kategorijah motorjev (Vir: dieselnat.com, 2024).

Stopnja V

Uredba je bila predlagana leta 2014 in dokončno oblikovana 14. septembra 2016. Podrobnejše tehnične zahteve so opredeljene v vrsti podzakonskih predpisov. Standardi veljajo od leta 2019 za motorje pod 56 kW in nad 130 kW ter od leta 2020 za motorje od 56 do 130 kW.

Omejitve emisij na stopnji V za motorje necestne mobilne mehanizacije (kategorija NRE) so prikazane v tabeli 12. Ti standardi veljajo za dizelske (CI) motorje od 0 do 56 kW in za vse vrste motorjev nad 56 kW (Vir: dieselnets.com, 2024).

Tabela 12: Emisijski standard stopnje V za izvencestne motorje (NRE)

Kategorija	Vžig	Neto moč	Datum	CO	HC	NO _x	PM	PN
		kW		g/kWh				1/kWh
NRE-v/c-1	CI	$P < 8$	2019	8,00	7.50 ^{a,c}		0.40 ^b	-
NRE-v/c-2	CI	$8 \leq P < 19$	2019	6,60	7.50 ^{a,c}		0.40	-
NRE-v/c-3	CI	$19 \leq P < 37$	2019	5,00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-4	CI	$37 \leq P < 56$	2019	5,00	4.70 ^{a,c}		0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-5	Vsi	$56 \leq P < 130$	2020	5,00	0.19 ^c	0,40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-6	Vsi	$130 \leq P \leq 560$	2019	3,50	0.19 ^c	0,40	0.015	1×10 ¹²
NRE-v/c-7	Vsi	$P > 560$	2019	3,50	0.19 ^d	3,50	0,045	-
a HC+NO_x b 0.60 za motorje na ročni zagon, zračno hlajene in neposrednim vbrizgom c A = 1.10 za plinske motorje d A = 6.00 za plinske motorje								

Vir: dieseln.net.com

Tabela 13: Emisijski standard stopnje V za motorje generatorjev z močjo nad 560 kW (NRG)

Kategorija	Vžig	Neto moč	Datum	CO	HC	NOx	PM	PN
		kW		g/kWh				l/kWh
NRE-v/c-1	Vsi	P > 560	2019	3,50	0.19 ^a	0,67	0.035	-
^a A = 6.00 za plinske motorje								

Vir: dieseln.net.com

Uredba stopnje V je uvedla novo omejitev za število emisij delcev. Omejitev PN je zasnovana tako, da zagotovi uporabo visoko učinkovite tehnologije za nadzor delcev, kot so filtri trdnih delcev s stenskim tokom na vseh prizadetih kategorijah motorjev. Uredba st. V je tudi poostrila mejno vrednost PM na podlagi mase za več kategorij motorjev, z 0,025 g/kWh na 0,015 g/kWh (Vir: dieseln.net.com, 2024).

T4F

EPA (Environment Protection Agency) je 11. maja 2004 podpisala končno pravilo o uvedbi emisijskih standardov stopnje 4, ki so bili postopno uvedeni v obdobju 2008–2015. Standardi Tier 4 zahtevajo nadaljnje zmanjšanje emisij PM in NOx za približno 90 %. Ta zmanjšanja emisij so bila dosežena z uporabo naprednih tehnologij za naknadno obdelavo izpušnih plinov, pri čemer večina družin motorjev Tier 4 uporablja katalizatorje urea-SCR za nadzor NOx. Nekateri motorji Tier 4 uporabljajo tudi DPF, medtem ko drugi izpolnjujejo standarde brez filtrov za delce.

Emisijski standardi Tier 4 – postopno uvedeni od leta 2008 do 2015 – uvajajo znatno zmanjšanje NOx (za motorje nad 56 kW) in PM (nad 19 kW) kot tudi strožje omejitve HC. Omejitve emisij CO ostajajo nespremenjene glede na stopnjo 2-3. Motorji do 560 kW. Emisijski standardi stopnje 4 za motorje do 560 kW so navedeni v tabeli 14 (Vir: dieseln.net.com, 2024).

Tabela 14: Emisijski standardi Tier 4 — motorji do 560 kW, g/kWh (g/bhp-hr)

Moč motorja	Leto	CO	NMHC	NMHC+NOx	NOx	PM
kW < 8 (hp < 11)	2008	8,0 (6,0)	-	7,5 (5,6)	-	0.4a (0.3)

8 ≤ kW < 19 (11 ≤ hp < 25)	2008	6,6 (4,9)	-	7,5 (5,6)	-	0.4 (0.3)
19 ≤ kW < 37 (25 ≤ hp < 50)	2008	5,5 (4,1)	-	7,5 (5,6)	-	0.3 (0.22)
	2013	5,5 (4,1)	-	4,7 (3,5)	-	0.03 (0.022)
37 ≤ kW < 56 (50 ≤ hp < 75)	2008	5,0 (3,7)	-	4,7 (3,5)	-	0.3b (0.22)
	2013	5,0 (3,7)	-	4,7 (3,5)	-	0.03 (0.022)
56 ≤ kW < 130 (75 ≤ hp < 175)	2012- 2014c	5,0 (3,7)	0,19 (0,14)	-	0,40 (0,30)	0.02 (0.015)
130 ≤ kW ≤ 560 (175 ≤ hp ≤ 750)	2011- 2014d	3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	-	0,40 (0,30)	0.02 (0.015)
a – ročni zagon, zračno hlajeni, DI motorji se lahko certificirajo na Tier 2 standarde vse skozi 2009 ter na opsijski PM standard 0.6 g/kWh z začetkom v letu 2010 b – 0.4 g/kWh (Tier 2) če je proizvajalec skladen s standardom 0.03 g/kWh iz leta 2012 c – PM/CO: popolna skladnost od leta 2012; NOx/HC: Opcija 1 (če so uporabljeni bankirani krediti Tier 2 predpisov) — 50 % motorjev mora biti skladnih v 2012–2013; Opcija 2 (Če ni sklicevanja na kredite Tier 2) — 25 % motorjev mora biti skladnih v 2012–2014, s popolno skladnostjo od 31. 12. 2014 d – PM/CO: popolna skladnost od leta 2011; NOx/HC: 50 % motorjev mora biti skladnih v 2011–2013						

Vir: dieselnets.com

2.3 Raziskava poenotenja sestavnih delov

Raziskava poenotenja sestavnih delov je pokazala, da imamo trenutno na voljo preveč izvedb določenega sestavnega dela in jih je zato potrebno poenotiti. S tem korakom bomo olajšali delo nabavni službi, logistični službi znotraj podjetja in tudi proizvodnji, saj bo poenotenje imelo močan vpliv na čas montaže in s tem povezane stroške. Prva in zelo pomembna postavka pri poenotenju je bila določanje gabaritnih mer novega sestavnega dela, da se bo lahko ta en del vgradil v čim več motorjev ne glede na to, za katero stranko se motor dejansko proizvaja.

Raziskave smo se lotili tako, da smo ustvarili tabelo, kjer smo po x osi navedli trenutno razpoložljive sestavne dele, vključno s ceno sestavnega dela, na y osi pa smo navedli razpoložljive različice, ki smo jih ločili še po tipu motorja (D, TD in TCD), načinu vgradnje (10 različnih načinov vgradnje), emisijski stopnji (3 emisijske stopnje: Stage V je zadnja veljavna emisijska stopnja za področje EU, T4F je zadnja veljavna stopnja za ZDA in Stage IIIB je starejša emisijska stopnja za EU, po kateri pa se v določenih državah sveta še vedno lahko opremlja gradbena in kmetijska mehanizacija) in seveda njihovo pogostost uporabe v predhodnem poslovnem letu.

3 PRIMERJAVA KONSTRUIRANIH RAZLIČIC TER IZBIRA NAJUSTREZNEJŠE IZVEDBE

3.1 Izbira dela za poenotenje

Iz tabele, ki je prikazana na sliki 24, smo izluščili podatke, koliko različic se uporablja kolikokrat.

Tabela 15: Uporabnost različic

Število različic	Uporaba/vgradnja
5 od 16	1 različica
6 od 16	2 različici
2 od 16	3 različice
3 od 16	6 različic

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Iz zgornje tabele smo ugotovili, da obstajajo tri različice od šestnajstih, od katerih je vsaka uporabljena šestkrat. Ko smo izbor še nadalje zožili, smo ugotovili, da se samo ena od teh treh najpogosteje uporabljenih različic uporablja za vgradnjo tako v motorje prostornine 2.2 litra kot tudi v motorje prostornine 2.9 litra.

			Različica -->						3			13			14		
																	
			Najvišja cena = 1 EC -->						Dobavitelj A: 0,72 enote cene			Dobavitelj B: 1 enota cene			Dobavitelj C: 0,82 enote cene		
			Odstotek vseh vgradenj -->						11,03			13,44			10,08		
Št.	BR	Uporabnost 2022 v %	Emisijska stopnja	Način vgradnje	D	TD	TC										
								6			6			6			
1	2.2	2,750		intake side	X												
2	2.2	-	T4f / EU III	Ex2Belt		X											
3	2.2	0,152	T4f / EU III	Ex2Fly		X											
4	2.2	6,855	T4f / Stage V	Ex2Fly		X											
5	2.2	0,158	T4f / Stage V	Ex2Belt		X											
6	2.2	2,605	T4f / Stage V	CUST		X								X			
7	2.2	0,167	T4f / EU III	CUST		X								X			
8	2.2	-	T4f / EU III	intake side			X										
9	2.2	0,053	T4f / EU III	intake side			X										
10	2.2	-	T4f / EU III	intake front			X										
11	2.2	2,198	T4f / EU III	intake front			X										
12	2.2	-	T4f / Stage V	intake front			X										
13	2.2	3,260	T4f / Stage V	intake front			X										
14	2.2	6,223	T4f / Stage V	intake side			X							X			
15	2.2	0,796	T4f / EU III	intake side			X										
16	2.9	0,027	T4f / EU III	intake front w/ hose	X												
17	2.9	9,356	T4f / EU III	intake side	X												
18	2.9	0,390	T4f / EU III	intake top	X			X									
19	2.9	7,948	T4f / EU III	intake top	x			X									
20	2.9	2,465	T4f / EU III	Ex2Belt		X											
21	2.9	0,582	T4f / EU III	Ex2Fly		X		X									
22	2.9	22,882	T4f / EU III	Ex2Fly		X											
23	2.9	0,219	T4f / EU III	intake side			x										
24	2.9	-	T4f / EU III	intake top			x	X									
25	2.9	-	T4f / EU III	intake top w/hose			x										
26	2.9	0,031	T4f / EU III	intake side w/hose			x	X									
27	2.9	2,075	T4f / EU III	intake top			x	X									
28	2.9	2,159	T4f / EU III	intake side			x										
29	2.9	0,637	Stage V	intake front	x						X						
30	2.9	0,151	Stage V	Ex2Belt		x								X			
31	2.9	10,860	Stage V	Ex2Fly		x											
32	2.9	-	Stage V	Ex2Fly		x											
33	2.9	0,934	Stage V	intake side			x							X			
34	2.9	7,682	Stage V	intake front			x				X						
35	2.9	1,027	Stage V	intake side/top			x										
36	2.9	0,234	Stage V	intake side/top			x										
37	2.9	0,020	Stage V	intake front			x				X						
38	2.9	1,589	Stage V	intake front			x				X						
39	2.9	3,494	Stage V	intake front			x				X						
40	2.9	0,002	Stage V	intake side			x							X			
41	2.9	0,020	Stage V	intake front			x				X						

Slika 21: Tabela s prikazom izbrane različice

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

To je različica številka 14, ki je enakomerno zastopana pri motorjih prostornine 2.2 in 2.9 litra. Ta se pojavi 3-krat pri obeh prostorninah motorja. Zato smo se odločili, da bomo to različico prilagoditi tako, da se bo lahko vgradila v čim več možnih različic (ki jih je vse skupaj 41), in sicer po načinu vgradnje.

Rezultat primerjav je pokazal, da lahko izbrano različico s posameznimi dodatki uporabimo 18-krat.

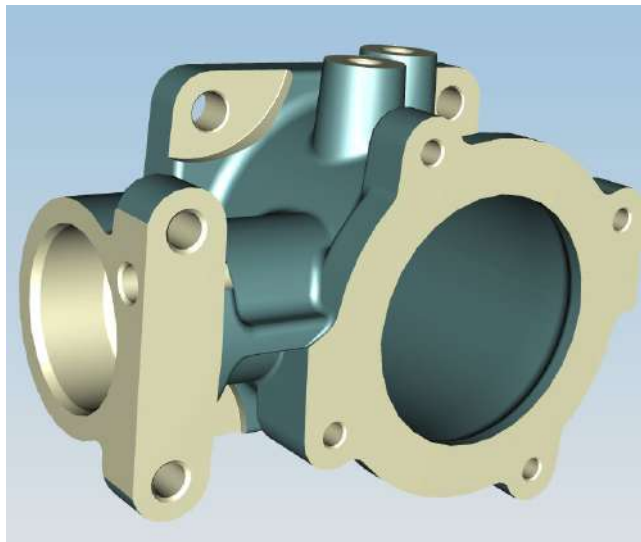
							
Št.	BR	Emisijska stopnja	Način vgradnje	D	TD	TCD	XYZ
							18
1	2.2		intake side	X			bearbeitungs-V + Schraubnippel + hose flange
2	2.2	T4f / EU III	Ex2Belt		X		X + ?
3	2.2	T4f / EU III	Ex2Fly		X		
4	2.2	T4f / Stage V	Ex2Fly		X		
5	2.2	T4f / Stage V	Ex2Belt		X		X + ITV + elbow + hose
6	2.2	T4f / Stage V	CUST		X		X + ITV + elbow + hose
7	2.2	T4f / EU III	CUST		X		X + ?
8	2.2	T4f / EU III	intake side			X	X + hose flange / + "offset flange"
9	2.2	T4f / EU III	intake side			X	X + hose flange / + "offset flange"
10	2.2	T4f / EU III	intake front			X	
11	2.2	T4f / EU III	intake front			X	
12	2.2	T4f / Stage V	intake front			X	
13	2.2	T4f / Stage V	intake front			X	
14	2.2	T4f / Stage V	intake side			X	X + hose flange
15	2.2	T4f / EU III	intake side			X	X + hose flange / + "offset flange"
16	2.9	T4f / EU III	intake front w/ hose	X			bearbeitungs-V + Schraubnippel + hose flange
17	2.9	T4f / EU III	intake side	X			bearbeitungs-V + Schraubnippel + hose flange
18	2.9	T4f / EU III	intake top	X			
19	2.9	T4f / EU III	intake top	x			
20	2.9	T4f / EU III	Ex2Belt		X		X + hose flange + hose
21	2.9	T4f / EU III	Ex2Fly		X		
22	2.9	T4f / EU III	Ex2Fly		X		
23	2.9	T4f / EU III	intake side			x	X + hose flange
24	2.9	T4f / EU III	intake top			x	
25	2.9	T4f / EU III	intake top w/hose			x	X + hose flange
26	2.9	T4f / EU III	intake side w/hose			x	
27	2.9	T4f / EU III	intake top			x	
28	2.9	T4f / EU III	intake side			x	X + hose flange
29	2.9	Stage V	intake front	x			
30	2.9	Stage V	Ex2Belt		x		X + ITV + elbow + hose
31	2.9	Stage V	Ex2Fly		x		
32	2.9	Stage V	Ex2Fly		x		
33	2.9	Stage V	intake side			x	X + ITV + flange
34	2.9	Stage V	intake front			x	
35	2.9	Stage V	intake side/top			x	
36	2.9	Stage V	intake side/top			x	
37	2.9	Stage V	intake front			x	
38	2.9	Stage V	intake front			x	
39	2.9	Stage V	intake front			x	
40	2.9	Stage V	intake side			x	X + ITV + flange
41	2.9	Stage V	intake front			x	

Slika 22: Prikaz izbrane različice

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Poleg tega smo ugotovili tudi, da se lahko ta različica uporablja pri vseh treh tipih motorja (D, TD in TCD), pri vseh treh emisijskih stopnjah (EU III, St. V in T4F), kakor tudi pri 5 od 10 načinov vgradnje (Side, Ex2belt, Intake top w/hose, Intake front w/hose in CUST).

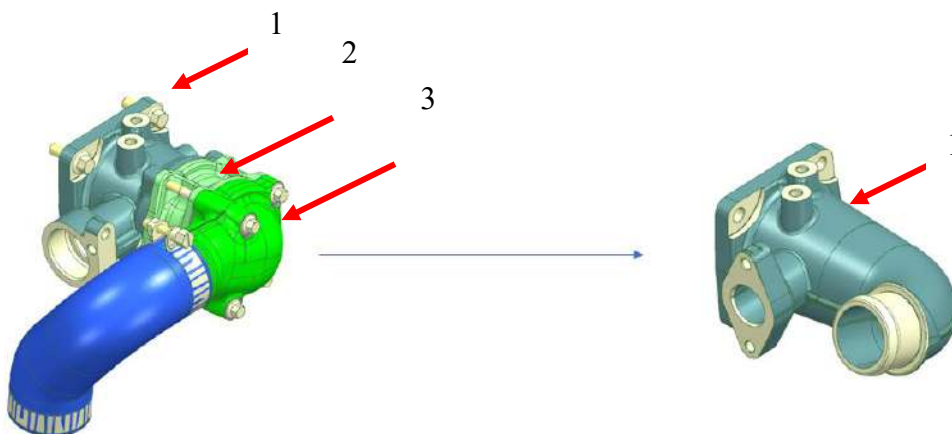
Zato smo to različico kot prvo izbrali za namene poenotenja.



Slika 23: Izbrana različica za poenotenje

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

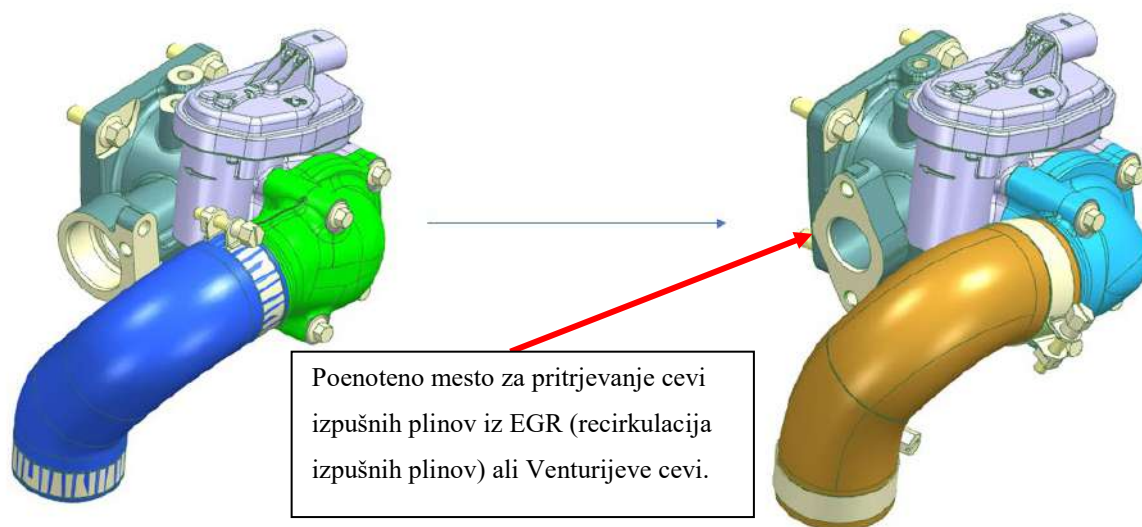
Na to različico se pri vgradnji v motor namestita še dva dela, če motor ne potrebuje dušilnega ventila. V tem primeru smo združili te tri sestavne dele v enega, kar še dodatno skrajša čas montaže.



Slika 24: Prikaz, kako smo iz treh delov dobili en vgradni del

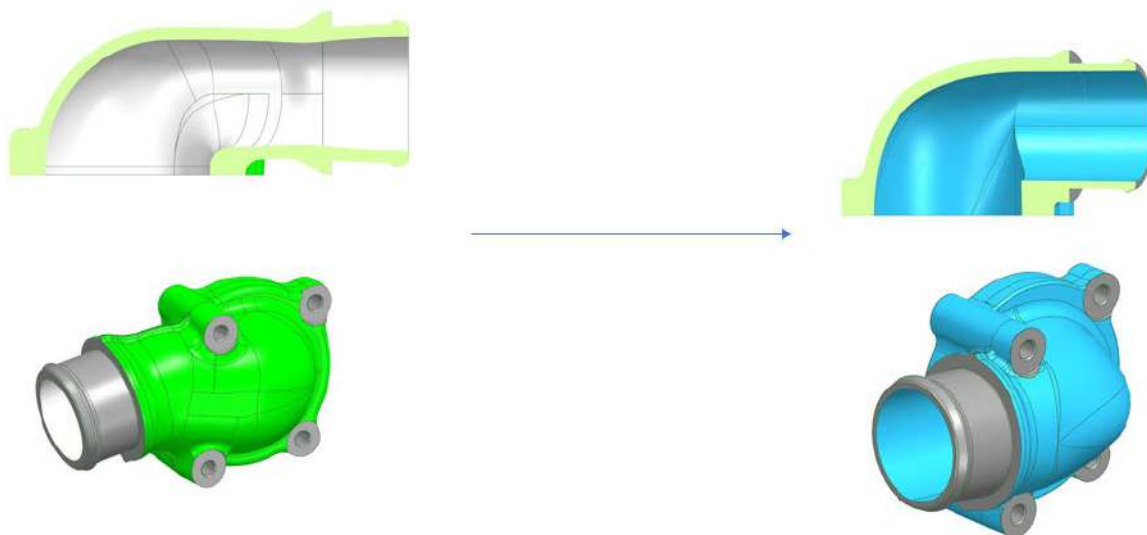
Vir: Deutz Engineering d.o.o.

V primeru variante, ko moramo vgraditi tudi dušilni ventil, pa smo zamenjali koleno in »mešalec zraka«. Prejšnje koleno in »mešalec zraka« sta bila narejena s postopkom ulivanja v pesek, zdajšnja pa s postopkom tlačnega litja.



Slika 25: Prikaz vgradnje z dušilnim ventilom

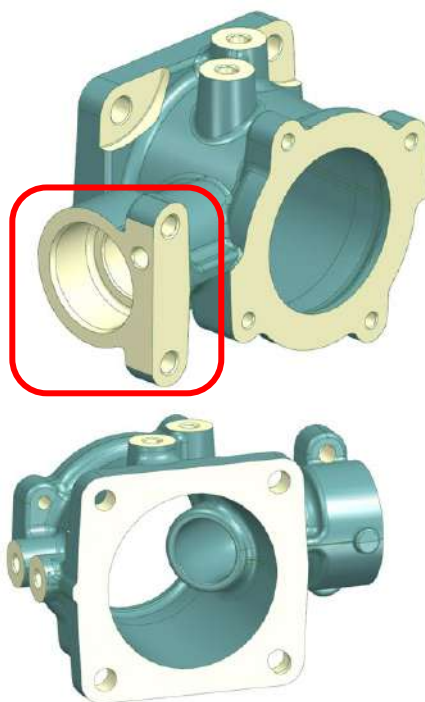
Vir: Deutz Engineering d.o.o.



Slika 26: Koleno ulito v pesek (levo) in koleno ulito s tlačnim litjem (desno)

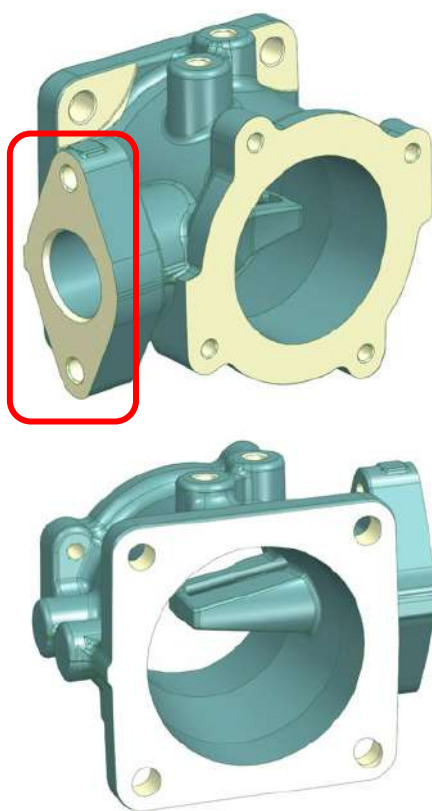
Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Pri novem vgradnem delu pa smo izvedli še izboljšavo pri mešanju zraka – koleno, kakor tudi spremenili bočni priklop.



Slika 27: Obstoječa različica s cevnim nastavkom

Vir: Deutz Engineering d.o.o.



Slika 28: Nova različica s konusnim nastavkom

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Kot je iz zgornjih dveh slik razvidno (Slika 31 in 32), se pri novem vgradnem delu zrak razprši v dve smeri, pri starem pa je to potekalo enosmerno. Poleg tega smo zamenjali tudi postopek izdelave – iz litja v pesek smo prešli na tlačno litje.

Zraven sesalnega kolena smo poenotili tudi mešalec zraka, in sicer smo iz štirih obstoječih različic konstruirali eno, ki jih bo nadomestila.

Pred tem se je za vse različice predhodno izvedla CFD analiza (pretok zraka, padec tlaka, mešanje zraka ...).

Na osnovi te analize je bilo razvidno, katere različice je bilo možno združiti in poenotiti za oba motorja. Zaradi zaupnosti podatkov te analize ne morem prikazati v diplomskem delu.

Po izbiri 5 kandidatov za končni izdelek se je dele najprej skonstruiralo, nato pa se je še enkrat izvedla verifikacija s CFD analizo.

3.2 CFD Analiza (Computational fluid dynamics)

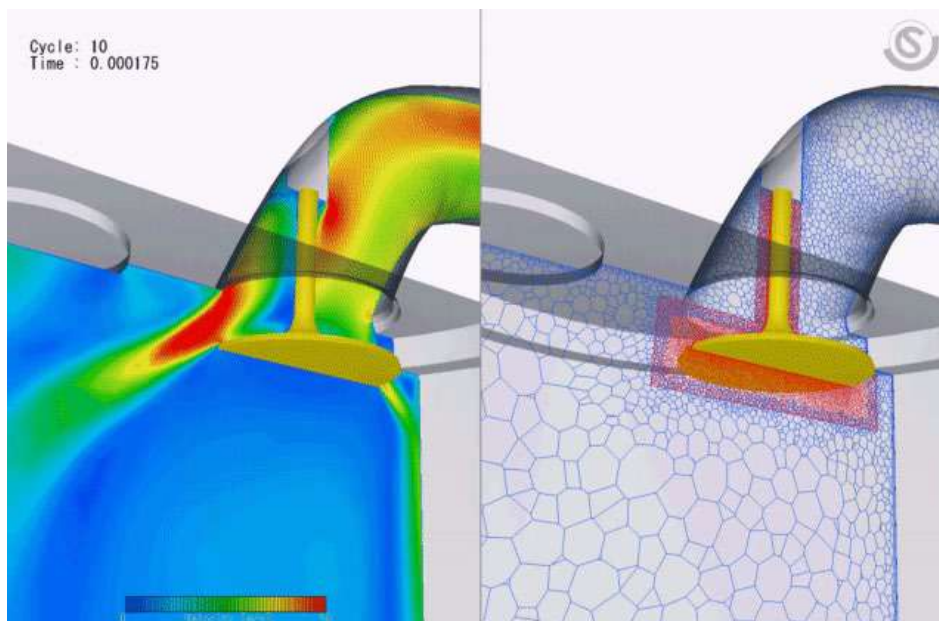
Računalniška simulacija dinamike tekočin vključuje uporabo temeljnih zakonov mehanike, vodilnih enačb dinamike tekočin in modeliranja za matematično oblikovanje fizičnega problema. Ko so enkrat formulirani, računalniški viri uporabljajo numerične metode za reševanje enačb s programsko opremo CFD, da dobijo približne rešitve za vključene fizikalne lastnosti.

Računalniške simulacije dinamike tekočin temeljijo na Navier-Stokesovi enačbi, ki se uporablja za opis gibanja tekočin. Natančnost simulacij CFD je odvisna od natančnosti modela, uporabljenih približkov in predpostavk, eksperimentalne validacije in razpoložljivih računalniških virov. Bistveno je opredeliti negotovosti in napake v računalniški simulaciji dinamike tekočin, da jo uporabimo kot učinkovito orodje pri načrtovanju in analizi.

Obstajajo tri glavne metode napovedovanja obnašanja tekočin in njihove interakcije z okoliškim okoljem – eksperimentalna, analitična in numerična. Računalniška dinamika tekočin je numerična metoda simulacije enakomernega in neenakomernega gibanja tekočin z uporabo računalniških metod in strojne opreme.

Računalniška dinamika tekočin je dobro uveljavljena metodologija, ki se pogosto uporablja za zamenjavo ali dopolnitev eksperimentalnih in analitičnih metod za pomoč pri inženirskem načrtovanju in analizi vsakodnevnih izdelkov (Vir Spletna stran

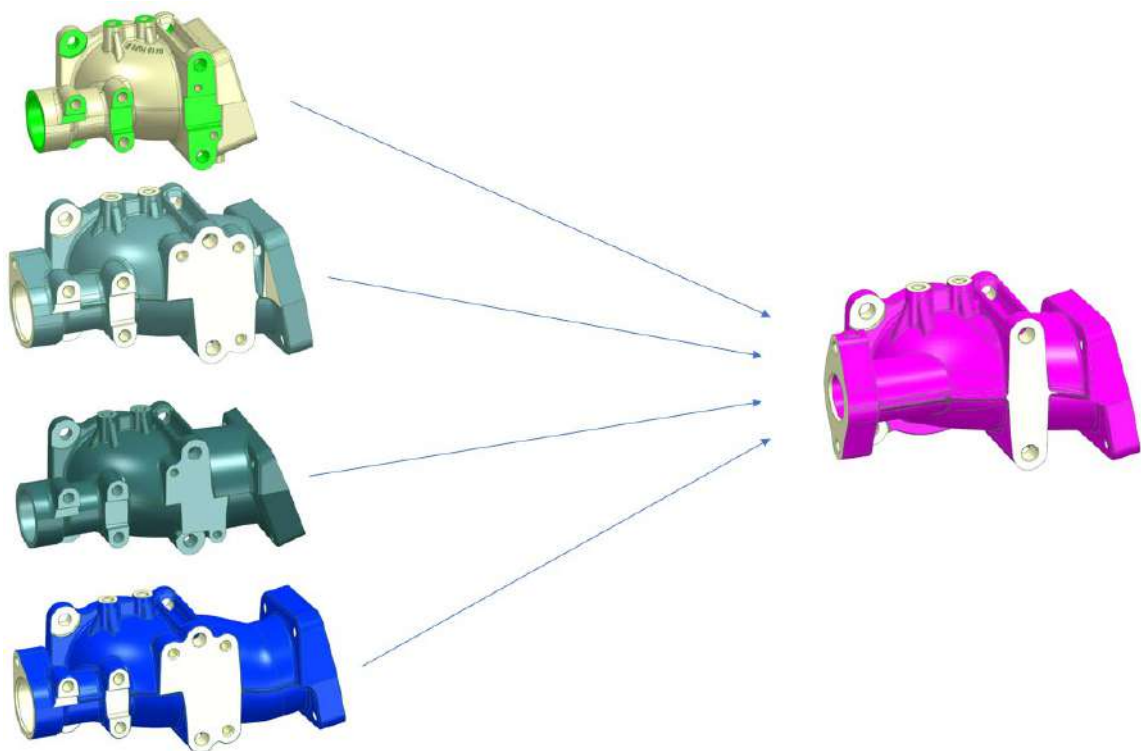
<https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/computational-fluid-dynamics-cfd-simulation/>).



Slika 29: Prikaz CFD simulacije

Vir: <https://enteknorate.com/cfd-simulation-reacting-flows-combustion-engine-gas-turbine/>

Na podlagi te analize se je nato optimizirala notranjost sesalnih kolen, medtem ko smo zunanost prilagodili ob upoštevanju vgradnega prostora.



Slika 30: Poenotenje mešalca zraka

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

3.3 Dimenzioniranje zunanosti sestavnega dela

Pri dimenzioniranju zunanosti sestavnega dela smo morali upoštevati več dejavnikov.

Najpomembnejši med njimi je dostopnost za vgradnjo na proizvodni liniji oziroma zamenjavo na lokaciji, kjer se mora sestavni del zamenjati.

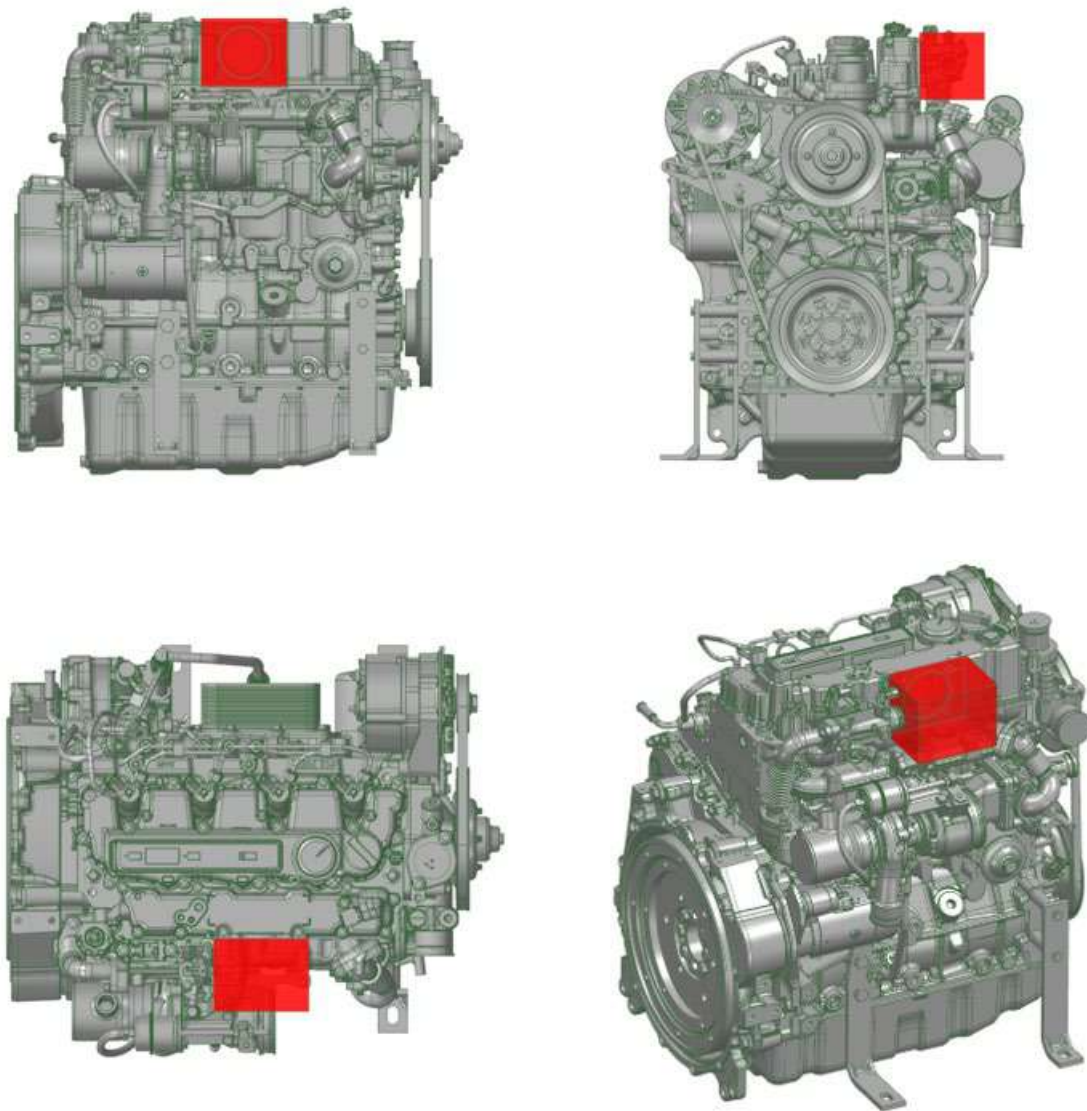
Kar se tiče dostopnosti za vgradnjo na proizvodni liniji je bil eden izmed dejavnikov, ki smo jih morali upoštevati, čas za vgradnjo posameznega sestavnega dela. Ta čas je vnaprej določen in delavec mora v tem času z vgradnjo varno opraviti, saj se motor nato samodejno premakne na naslednje delovno mesto, kjer se vgrajujejo oziroma nameščajo še druge komponente. Da pa delavec v tem določenem času uspešno in varno namesti sestavni del, mora imeti neoviran dostop do pritrdilnih mest, vključno z orodjem.

Dostopnost na lokaciji uporabe pa je ključna, da se okvarjeni sestavni del zamenja oziroma popravi v najkrajšem možnem času in seveda brez tveganja za varnost serviserja.

Ker se naši motorji nameščajo v delovne stroje za izvencestno uporabo, torej traktorje, viličarje in ostalo gradbeno mehanizacijo, so običajno na odročnih deloviščih in prevoz v servisno delavnico predstavlja težavo. Ker nedelovanje stroja predstavlja za stranko izgubo, je potrebno

morebitne okvare hitro odpraviti na samem delovišču. Ker stranka na delovišču nima na razpolago montažne linije in prilagojenega orodja, ki se uporablja v proizvodnji, je pri dimenzioniranju potrebno upoštevati tudi dostopnost za odstranitev in ponovno namestitev sestavnega dela z orodjem, ki je prosto dostopno v redni prodaji.

Na spodnjih slikah je z rdečim kvadrom v različnih pogledih prikazan prostor, ki nam je bil na voljo za dimenzioniranje sestavnega dela.



Slika 31: Naris, tloris, stranski ris in 3D pogled razpoložljivega vgradnega prostora

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

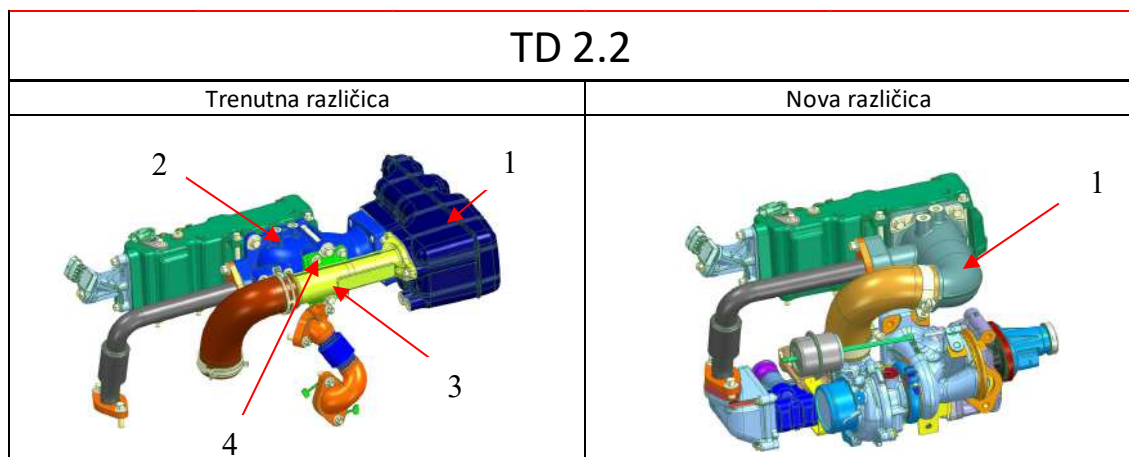
4 DISKUSIJA DOBLJENIH REZULTATOV NA PODLAGI PRIMERJAVE

Spodnja tabela prikazuje, kako smo s tremi novimi različicami obstoječih sestavnih delov pokrili sklop šestih motorjev prostornine 2.2 litra. Ker pa sta motorja prostornine 2.2 litra in 2.9 litra konstrukcijsko enaka, saj smo pri 2.2 litra samo odstranili 1 valj, pomeni, da lahko te nove sestavne dele uporabimo tudi pri različici motorja s prostornino 2.9 litra. S tem smo tako dejansko pokrili vsaj 12 od 41 različic vgradnje. Spodnja tabela prikazuje zaenkrat le vgradnjo v motorje izvedbe TD 2.2 (s turbopolnilnikom).

Model	TD 2.2			Sestavni del	Sestavni del	Sestavni del	Sestavni del	
	Trenutna različica	Nova različica	Nova različica za TD 2.2					
1 (140)								
2 (STAGE 1)								
3 (140)								
4 (STAGE 1)								
5 (140)								
6 (STAGE 1)								

Slika 32: Primerjava obstoječe različice sestave z novo različico

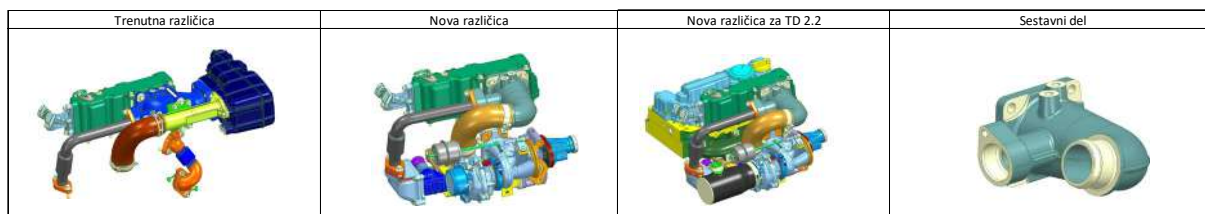
Vir: Deutz Engineering d.o.o.



Slika 33: Primerjava konstrukcije z obstoječimi deli (levo) in novimi deli (desno)

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Iz slike na predhodni strani (slika 36, stran 48) je razvidno, kako je novo konstruirani del zamenjal 3 obstoječe dele (natančnejša primerjava je prikazana na sliki 28, stran 43).



Slika 34: Prikaz vgradnje z novim mešalcem zraka in kolenom

Vir: Deutz Engineering d.o.o.

Zgornja slika prikazuje vgradnjo novega mešalca zraka in sesalnega kolena (nova različica in nova različica za TD 2.2), ki nadomesti resonator, prav tako pa omogoča tudi vgradnjo novega in sodobnejšega turbo polnilnika.

Zgornji sistem vgradnje prikazuje, kako se deli vgradijo na motor, ki mora imeti tudi sistem za obdelavo izpuhov (EAT – Exhaust After Treatment). V tem primeru gre za filter trdih delcev DPF (Diesel Particle Filter).

Tako smo s konstruiranjem nekaj novih delov poenotili montažo, naredili celoten motor kompaktnejši in ugodnejši.

5 SKLEP

Diplomsko delo sem pripravil na osnovi aktualnega projekta, ki ga izvajamo v podjetju DEUTZ Engineering d.o.o. Podjetje DEUTZ AG je pri nas naročilo projekt poenotenja sestavnih delov pri motorjih z notranjim zgorevanjem nižje prostornine.

Diplomsko delo je bilo zastavljeno na štirih hipotezah, ki smo jih želeli potrditi. Te hipoteze so sledeče:

H1 – S poenotenjem sestavnih delov se prihrani na finančni ravni.

H2 – S poenotenjem se zmanjša število variant, ki so trenutno na voljo – z 18 na 5.

H3 – Dvig produktivnosti proizvodne linije za 15 %.

H4 – Olajšanje dela nabavni službi in logistiki (krovna tema).

Hipoteza H1 je bila dokazana že s samim izračunom stroškov orodij, ki jih potrebujemo za litje vseh do sedaj obstoječih sestavnih delov. Če smo do sedaj potrebovali 18 različnih orodij, jih bomo od sedaj naprej potrebovali le še 5, kar že predstavlja prihranek okrog 330.000,00 €.

Hipoteza H2 še ni dokončno dokazana, saj je postopek uvajanja novih sestavnih delov v takšni masovni proizvodnji (teh motorjev se letno proizvede čez 55.000 kosov) dokaj zahteven. Novo uvedeni del mora biti potrjen s strani več oddelkov, pa tudi testiranja so razdeljena na več faz, ki si sledijo ena za drugo. Najprej je tu testiranje prototipa, šele nato pa sledi testiranje za serijsko proizvodnjo. Zraven testiranja za serijsko proizvodnjo pa se mora izvesti tudi testiranje za namene certificiranja motorjev za razna tržišča, ki pa imajo po večini svojo zakonodajo o emisijah. Certificiranje je obvezno, saj gre v tem primeru za sestavne dele motorja, ki so certifikacijsko relevantni in jih morajo potrditi tudi pooblašene institucije v državah, kjer je motor dan na tržišče, kot na primer TÜV in KBA za EU ter EPA/CARB za ZDA oziroma Kalifornijo.

Hipoteza H3 – Zadani dvig produktivnosti proizvodne linije 15 % je realno dosegljiv, saj bo moral delavec na proizvodnem traku montirati le en del namesto treh, ki jih je le-ta nadomestil. To pomeni, da bo delavec porabil manj časa z vijačenjem in tesnjenjem sestavnih delov. Za vijačenje novo konstruiranega dela bo delavec porabil do 3-krat manj časa, saj bo moral priviti 4 vijake in ne 12, kot jih je moral do sedaj. Poleg tega pa mora tudi tesniti le eno vmesno

površino namesto dosedanjih dveh. Pri treh različnih sestavnih delih obstaja tudi večja verjetnost napake pri vijačenju/tesnjenju, saj lahko pride do zamenjave oziroma uporabe napačnega vijačnega/tesnilnega materiala.

Hipoteza H4 – Ta hipoteza je potrjena že s samim dejstvom, da bo moral dotični nabavni referent nabaviti le en del, namesto treh, ki so bili potrebni za ta tip motorja. Poleg tega, da ima manj nabavnih delov, pa ima tudi opraviti z manj dobavitelji. Če so bili do sedaj potrebni trije dobavitelji, bomo sedaj za ta en del imeli le enega. Razbremenitev dela nabavnega referenta pa se samoumevno prenese tudi na logistični oddelek podjetja. Skladišče polizdelkov bo nekoliko preglednejše in zaposleni na tem oddelku bodo hitreje našli in prepeljali potrebne dele na mesto vgradnje.

Zaradi tajnosti projekta in predvsem zato, ker projekt še ni zaključen, ne morem v popolnosti potrditi hipoteze 2, ampak glede na do sedaj izvedena dela in rezultate lahko rečem, da so obeti 18 → 5 popolnoma dosegljivi.

Poleg potrjevanja zgoraj navedenih hipotez pa sem v diplomskem delu zajel tudi nekaj ključnih področij, ki se med seboj prepletajo in so v takšnem procesu nepogrešljiva.

Glede na to, da je projekt še vedno v fazi izvajanja in je že do sedaj nakazal tako na finančne, logistične in ostale prednosti, lahko z gotovostjo trdim, da se bo ta projekt razširil tudi na druge tipe in prostornine motorjev, ki nam jih v našem skupku ne manjka. Za prihodnost podjetja pa je ključnega pomena uporabniku ponuditi optimalno izdelan in dostopen izdelek, ki ustreza vsem veljavnim predpisom in standardom.

6 VIRI

Emission Standards, Dieselnet b.d., dostopno na <https://dieselnet.com/standards/>, pridobljeno 24.06.2024

Service online – Day & night, DEUTZ AG b.d. – TIS / SIS portal, dostopno na <https://www.deutz.com/en/parts-service/service-portal-shop/>, pridobljeno 17.05.2024

About us Deutz, Deutz AG b.d., dostopno na <https://www.deutz.com/en/company/>, pridobljeno 14.05.2024

Friedel, A., (1998), *Einfluss der Produktgestalt auf den Energieaufwand beim Recycling mechanischer Bauteile und Baugruppen*

Heinemann, T. (2016), *Energy and Resource Efficiency in Aluminium Die Casting: Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management (2016)*

Herrmann C, Pries H, Hartmann G. - *Energie- und ressourceneffiziente Produktion von Aluminiumdruckguss*

Hoffmann F, Jordi, U. (2013), *Berücksichtigung des Recycling bei der energetischen Bewertung technischer Systeme*

Kammer, C. (2012), *Aluminium Taschenbuch 1 – Grundlagen und Werkstoffe*, pridobljeno 19.05.2024

Quinkertz, R. (2002), *Optimierung der Energienutzung bei der Aluminiumherstellung. Aachen*, dostopno na <http://d-nb.info/96523231X>., pridobljeno 17.05.2024

Computational fluid dynamics simulation, SIEMENS b.d., dostopno na <https://www.sw.siemens.com/en-US/technology/computational-fluid-dynamics-cfd-simulation/>, pridobljeno 22.06.2024

Wiendahl, H-P. (2009), *Veränderungsfähigkeit von Produktionsunternehmen*, dostopno na [researchgate.com](https://www.researchgate.com), pridobljeno 17.05.2024