



ICES  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija

Program: Strojništvo

Modul: Proizvodnja

## **KONSTRUIRANJE MOTORJA NA NOTRANJE ZGOREVANJE**

Mentor: mag. Slavko Božič, univ. dipl. inž. str.  
Lektorica: Nina Skube, prof. slov.

Kandidat: Matej Ogrinec

Kamnik, avgust 2019

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju mag. Slavku Božiču za vodenje, nasvete in vso pomoč pri pisanju diplomskega dela.

Hvala podjetju Gi-Teh d.o.o. za izposajo merilne opreme, ki sem jo potreboval za izdelavo diplomskega dela.

## IZJAVA

Študent Matej Ogrinec izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Slavka Božiča, univ. dipl. inž. str.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne \_\_\_\_\_

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

## **POVZETEK**

V diplomski nalogi je predstavljen projekt konstruiranja dvotaktnega motorja z notranjem zgorevanjem. Na začetku je opis raziskave trga glede potrebe po takšnem motorju. Sledi raziskava primernih serijskih komponent, ki so primerne za vgradnjo v takšen motor. Vsi posamezni sestavni deli so narisani v 3D-modelirnem okolju in predstavljeni v tehnični dokumentaciji. Opisani so razvoj sestavnega sklopa, konstruiranje lastnega ohišja motorja, izdelava tehnične dokumentacije, primerne za izdelavo blokov, in navodila za sestavo motorja. V zadnjem delu naloge sledi kratek povzetek legalnosti uporabe takšnega motorja za pogon motornega surfa.

## **KLJUČNE BESEDE:**

- razvoj,
- konstrukcija,
- motor in
- tehnična dokumentacija.

## **ABSTRACT**

The thesis presents the development of designing a combustion engine. It begins with the research of the market, if there is a need for this kind of engine. Following is a research for serial parts that could be used in an assembly. All of assembly parts are recreated in a 3D modeling environment and displayed in technical documentation. There is a description of assembly development, design of the motor housing and technical documentation needed for producing the motor blocks and assembly. In the end is a short legal notice about using this kind of engine in powering a motorised surf board.

## **KEYWORDS**

- Development
- Construction
- Engine
- Technical documentation

## KAZALO

1	UVOD .....	1
1.1	Predstavitev problema.....	1
1.2	Cilji naloge .....	2
1.3	Metode dela .....	2
1.3.1	Raziskovanje.....	2
1.3.2	Izvajanje meritev .....	2
1.3.3	3D-modeliranje.....	2
1.3.4	Tehnična dokumentacija in navodila za sestavo.....	2
1.3.5	Raziskava zakonodaje motornih surfov .....	2
2	MOTORNI SURFI .....	3
2.1	Predstavitev deskanja na vodi.....	3
2.2	Prvi motorni surfi .....	3
2.3	Sodobni motorni surfi .....	4
3	IDEJA.....	4
3.1	Tehnika .....	5
3.2	3D-Modeliranje.....	5
4	RAZVOJ.....	6
4.1	Izbira komponent.....	7
4.2	Merjenje in preresovanje komponent v 3D-okolje .....	7
4.3	Sestavljanje komponent v primerno geometrijo .....	9
4.4	Konstruiranje blokov motorja .....	10
4.5	Električni zaganjač in vžig .....	12
5	TEHNIČNA DOKUMENTACIJA .....	16
6	NAVODILA ZA SESTAVO MOTORNEGA SKLOPA.....	17
7	ZAKONODAJA MOTORNIH SURFOV .....	26
8	ZAKLJUČEK .....	26
9	VIRI.....	28

## KAZALO SLIK

Slika 1: Pionir motornih surfov Hobar Alter .....	3
Slika 2: Prvi serijsko izdelan motorni surf .....	4
Slika 3: 3D-model Mazu .....	5
Slika 4: Tekmovalni model Mazu .....	6
Slika 5: Meritve glavne gredi AM6-motorja s pomočjo digitalnega profil projektorja ..	8
Slika 6: Primerjava merjenja in virtualne gredi .....	8
Slika 7: Pozicioniranje glavnih sestavnih delov in urejanje geometrije .....	9
Slika 8: Tloris glavnih sestavnih delov motorja .....	9
Slika 9: Konstruiranje levega bloka motorja .....	10
Slika 10: Tesnjenje glavne gredi in sestav enosmernega ležaja .....	11
Slika 11: Pozicioniranje sestava električnega zaganjača .....	12
Slika 12: Pripadajoči deli električnega zaganjača .....	13
Slika 14: Priprava levega bloka na sestavo električnega vžiga .....	15
Slika 15: Pripadajoči deli električnega vžiga .....	15
Slika 16: Končna pozicija sestava električnega vžiga .....	16
Slika 17: Eksplozijska slika motorja z vsemi sestavnimi deli .....	16

## KAZALO PRILOG

Priloga 1: Platnica tehnične dokumentacije .....	17
Priloga 2: Pregled sestavnih sklopov .....	18
Priloga 3: Sestav blokov in gredi .....	19
Priloga 4: Sestav cilindra .....	20
Priloga 5: Sestav uplinjača .....	21
Priloga 6: Sestav električnega zaganjača .....	22
Priloga 7: Sestav električnega vžiga .....	23
Priloga 8: Delavniška risba levega bloka .....	24
Priloga 9: Delavniška risba desnega bloka .....	25

## KRATICE IN AKRONIMI

ccm = kubični centimeter  
SMT = spodnja mrtva točka  
ZMT = zgornja mrtva točka

# 1 UVOD

V diplomski nalogi je predstavljen projekt konstruiranja in izdelave dvotaktnega motorja z notranjim zgorevanjem.

Motor, ki je predstavljen v tej nalogi, je namenjen vgradnji v motorno surf desko. Delovna prostornina cilindra je 70 kubičnih centimetrov, uplinjač je membranski. Motor deluje na 2-% mešanico olja in neosvinčenega bencina. Vsi sestavni deli, razen ohišja motorja, so serijski kosi, ki jih najdemo v redni prodaji rezervnih delov. Kar loči ta motor od ostalih, je geometrija postavitve cilindra in uplinjača. Horizontalna postavitve teh komponent omogoča nizko težišče motorja in nizek čelni presek, ko je motor vgrajen v surf desko. Sestav motorja vključuje tudi električni zaganjač, ki omogoča preprost vžig motorja pred plovbo.

Motor je sestavljen iz sedmih standardnih komponent, in sicer so to: vžigalna svečka, sestav vžigalnega statorja in rotorja, sestav cilindra, glavna gred z ojnico, membranski uplinjač, lamelni ventil in električni zaganjač. Lastne konstrukcije so obe polovici ohišja in razni manjši pripadajoči deli, kot so nosilci in distančne puše. Predstavljena sta celoten postopek risanja sestavnih komponent v 3D-modelirniku in oblikovanje lastnega ohišja ter pripadajočih delov. Polovici ohišja motorja se izdelata s pomočjo CNC-rezkalnega stroja.

## 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Želja vsakega modelarja je zgraditi nekaj večjega, nekaj uporabnega. Naveličal sem se modelirati modele čolnov, vodene preko radijske postaje. Njihov namen je krasiti razstavno polico in nekaj malega vožnje, medtem ko je pilot z nogami na trdnih tleh. Idejo o gradnji motornega surfa sem gojil že vrsto let. Med tem časom sem se dodobra spoznal s kompozitnimi materiali in delom z njimi. Izdelava lupine za motorni surf mi ne predstavlja problema.

Pogon takšnega plovila pa je zelo specifična zadeva. Prva možnost je kupiti obstoječi pogonski sklop za motorni surf, ampak višina takšne investicije ne pride v poštev. Ostala mi je rešitev, da se lotim izdelave lastnega pogona. Modeliranje v 3D-okolju mi gre dobro od rok in lastna izdelava takšnega pogona ne bi smela biti prevelik zalogaj. Glede na to, da želim takšno plovilo tržiti, je pomembno, da pri konstruiranju takšnega pogona predvidevam uporabiti čim več serijsko izdelanih komponent. Še vedno pa je treba skonstruirati ohišje motorja, saj je le ohišje tista komponenta, ki loči takšen pogon od ostalih v redni prodaji. Ohišje samo po sebi geometrijsko ni zahteven element v 3D-modelirniku. Njegova funkcija pa je zelo pomembna, saj skrbi za sinhrono delovanje vseh sestavnih elementov pogona.

## 1.2 CILJI NALOGE

Prvi cilj naloge je raziskati, katere so najbolj primerne sestavne komponente za takšen pogon. Med izbiranjem komponent bom imel v kriteriju ekonomičnost in pomembnost komponente v sestavu. Cena komponent se na trgu zelo razlikuje, prav tako kakovost.

Drugi cilj je vse izbrane sestavne komponente dobiti na zalogo, jih dimenzijsko premeriti in njihovo obliko prenesti v 3D-okolje.

Tretji cilj je preko 3D-sestava oblikovati želeno geometrijo motorja in na osnovi geometrije glavnih elementov oblikovati bloke motorja lastne konstrukcije.

## 1.3 METODE DELA

### 1.3.1 Raziskovanje

V prvem delu naloge sem raziskoval teorijo delovanja motorja na notranje zgorevanje. S tem sem se seznanil z vsemi potrebnimi komponentami in njihovimi vlogami za uspešno delovanje takšnega motorja. Pri izbiranju komponent sem primerjal njihovo ceno in kakovost. Vsaka vgrajena komponenta ima svojo tržno nišo in na voljo je veliko različnih produktov različne kakovosti.

### 1.3.2 Izvajanje meritev

Kupljene komponente je bilo treba prerisati v 3D-okolju in za to je bilo treba opraviti veliko meritev s pomočjo kljunastega merila in digitalnega profilnega projektorja.

### 1.3.3 3D-modeliranje

Po izmeri kosov je sledilo risanje komponent v modelirniku, kjer sem uporabil pomerjene dimenzije kosa, da sem dobil kar se da natančno virtualno obliko komponente. Veliko komponent je del ločenega sestava, kot na primer uplinjač, ki vsebuje pet različnih komponent. Ko sem dokončal z risanjem manjših sestavov in posameznih komponent, sem delo nadaljeval s sestavljanjem vseh manjših sestavov in posameznih komponent v skupni sestav. V skupnem sestavu sem nato lahko skonstruiral bloke motorja.

### 1.3.4 Tehnična dokumentacija in navodila za sestavo

Celotni sestav v 3D-okolju ni zaključek naloge. Sestavil sem eksplozijske risbe, ki ponazarjajo geometrijo vsakega sestava, in uredil njihove kosovnice. Za oblikovane bloke motorja sem uredil delavniške risbe, ki so potrebne pred izdelavo komponent na CNC-rezkalnem stroju.

### 1.3.5 Raziskava zakonodaje motornih surfov

Ob koncu naloge sem raziskal tudi zakonodajo, da preverim smiselnost gradnje in investicije v projekt konstruiranja takšnega motorja. Vloženi čas in finančni vložek nista upravičena, če pogonski sklop ni legalen.



## 2 MOTORNI SURFI

### 2.1 PREDSTAVITEV DESKANJA NA VODI

Surfanje z desko po valovih izhaja iz polinezijske kulture. Prve zapise o takšnem športu so prvič opisali britanski raziskovalci na otoku Tahiti v letu 1767. Z razvojem športa in tehnologije so lesene surf deske nadomestili kompozitni materiali. (Wikipedia, 2019)

Za vsako vrsto surfanja pa so potrebni določeni naravni pogoji za izvajanje športa. Bodisi je to plimovanje, ki ustvari primerno velike valove, ali vetrovno obdobje za uporabo jadralnih desk. Da bi vseeno lahko surfali, ko čakamo na primeren val ali veter, se je razvila potreba po motorni surf deski.

### 2.2 PRVI MOTORNI SURFI

V medijih se prvič pojavi slika surf deske na motorni pogon v letu 1935, ko so jo uporabljali avstralski reševalci iz vode.

V petdesetih in šestdesetih se je razvoj motornih surfov vrnil v delavnice domačih mojstrov. O tem priča slika pionirja Hobarja Alterja na svojem doma narejenem motornem surfu.



*Slika 1: Pionir motornih surfov Hobar Alter  
(Vir: [blag.illicitsnowboarding.com](http://blag.illicitsnowboarding.com), 2013)*

Leta 1965 je na trg prišel prvi serijsko izdelan motorni surf z imenom Jetboard. Izdeloval jih je Alfred Bloomington, enega njegovih prvih surfov hranijo v kalifornijskem surfarskem muzeju.



*Slika 2: Prvi serijsko izdelan motorni surf  
(Vir: [blag.illicitsnowboarding.com](http://blag.illicitsnowboarding.com), 2013)*

## 2.3 SODOBNI MOTORNI SURFI

Trenutno se pojavlja vedno več novih podjetij in proizvodov motornih surfov, gnanih z električnimi motorji, in sicer ker so električni pogonski motorji lahko dostopni in standardiziranih velikosti. Slabi strani električno gnanih surfov sta poraba in shranjevanje energije v težkih ter dragih akumulatorjev.

Bencinsko gnane motorne surfe trenutno proizvaja samo peščica aktivnih podjetij. Prednost bencinsko gnanega surfa je ravno priročnost priprave pogonskega agregata na ponovno vožnjo. Motorji na notranje zgorevanje niso tako občutljivi na stike s slano vodo kot njegove izvedenke, gnane z električno energijo. Za sodobne motorne surfe velja, da imajo vgrajene 90–100-ccm motorje, skelet surfa pa je izdelan s pomočjo ogljikovih kompozitnih materialov.

## 3 IDEJA

Željo po surfanju na valovih sem razvijal že od malih nog. To, da obstajajo tudi motorni surfuri, sem izvedel šele, ko sem končal srednjo šolo. Svojo prvo redno zaposlitev sem opravljal v podjetju, ki je izdelovalo kompozitne surf deske, namenjene vgradnji pogonskega motorja. Tam sem imel priložnost, da se поблиže spoznam z delovanjem motornega surfa. Po nekaj testnih vožnjah s tovarniškim surfom sem vedel, da je to odličen športni rekvizit. Delo v tem podjetju sem zaključil po prvi polovici leta in svojo poklicno pot nadaljeval v drugih industrijskih panogah. Ideja o razvoju lastnega pogonskega motorja pa me ni zapustila.

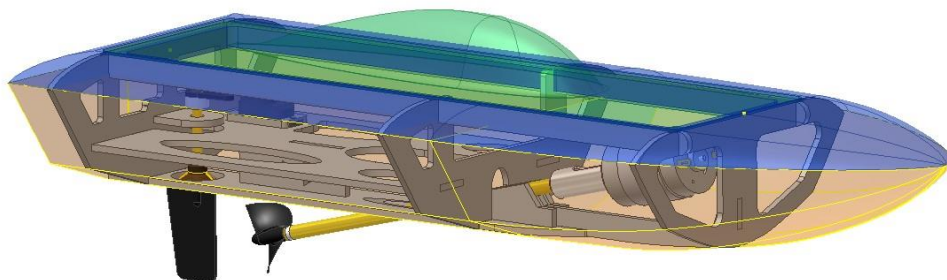
### 3.1 TEHNIKA

Tehnična dokumentacija in razvoj izdelkov sta mi všeč. Ideja, da lahko z domišljijo in tehničnimi protokoli ustvarimo fizični izdelek, mi velikokrat skrajša spanec.

Računalniški programi, ki omogočajo natančen vnos podatkov in njihov prenos v realni fizični svet, nam delo le olajšajo. Za razvoj ideje v realnost pa ni dovolj samo znanje računalniškega modeliranja. Imeti je treba širok spekter teoretičnega in praktičnega znanja na področjih strojnih elementov, tehnične dokumentacije, lastnosti materialov, tehnologije obdelav in mehanike.

### 3.2 3D-MODELIRANJE

Modeliranje v 3D-programu Inventor sem spoznal v tretjem letniku srednje šole. Takrat sem poletne počitnice preživel za računalnikom in starim načrtom, risanim v AvtoCAD-u, dajal globino. 3D-modeliranje še vedno uporabljam za kratkočasenje. Eden zadnjih uspešnih projektov je bil razvoj sestavljanke preprostega modelarskega čolna, namenjenega za osnovnošolska tekmovanja v kategoriji MČ1.



*Slika 3: 3D-model Mazu  
(Lastni vir)*



Slika 4: Tekmovalni model Mazu  
(Lastni vir)

## 4 RAZVOJ

Na začetku konstruiranja sem raziskal, kako deluje dvotaktni motor. Teorijo delovanja sem črpal iz knjige Praktični tečaj za poklicne avtomobilske mehanike.

### 2.2 Dvotaktni krožni proces

Dvotaktni proces se začne v SMT. Zahteva en polni vrtljaj ročične gredi in omogoča po en vžig pri vsaki ZMT. Plini so stisnjeni že poprej, bodisi v karterju motorja, ali s posebnim batom, ali pa s kompresorjem. Vstop in izstop plinov omogočajo kanali, ki se končajo v stenah valja in so odprti, kadar je bat v SMT. Nekatere izvedbe motorjev imajo tudi izpušne ventile, ki jih krmilijo odmikači.

Načeloma se dvotaktni proces odvija na naslednji način:

**PRVI TAKT.** Ker je bat na začetku v SMT, so kanali odprti in zgoreli plini uhajajo iz valja, hkrati pa pod tlakom vdirajo v valj sveži plini skozi pretočni kanal. Ti sveži plini so usmerjeni proti glavi valja, da se ne bi pomešali z zgorelimi plini in prezgodaj ušli iz valja.

Ko se bat premika od SMT proti ZMT, naprej zapre pretočni kanal, takoj nato pa tudi izpušni kanal, zatem pa na novo stiska novo polnitev plina.

**DRUGI TAKT.** Na koncu kompresije se plini vžgejo, nastali visoki tlak pa potisne bat proti nasprotni mrtvi točki; ta takt žene motor. Nekoliko prej, preden doseže bat SMT, odpre najprej izpušni kanal, takoj zatem tudi pretočni kanal. Zgoreli plini uidejo iz valja, obenem pa vanj vdre nova polnitev svežih plinov. Začne se nov proces.«  
(Chollet, 1979)

Kako bom pristopil k načrtovanju motorja, sem imel v grobem že načrtano na začetku izdelovanja naloge. Prva stvar je bila raziskava sestavnih delov, ki bi bili cenovno in časovno dobro dostopni. Vedel sem, da je za takšen projekt treba uporabiti čim več standardiziranih komponent, ki so lahko in hitro dobavljive. S takšnim pristopom se lahko v serijski produkciji izognemo velikim finančnim vložkom, saj ni potrebe po lastnem razvoju posameznih komponent.

Ene najpomembnejših stvari, ki sem jih zasnoval že na začetku naloge, so bile geometrija motorja, njegova delovna prostornina in preprostost delovanja. Pri delovni prostornini sem se raje ustavil pri 70 ccm. V praksi, ki jo imam po vožnjah z motornim surfom s 100 ccm, je vožnja tako močnega surfa prej boj za preživetje kot pa užitek. Ciljam na pogonski agregat, ki bo omogočal mirno surfanje brez doseganja vrtooglave hitrosti.

Vedel sem, da je za uspešno delovanje vseh sestavnih komponent treba vse komponente najprej prerisati v 3D-okolju, da jih lahko geometrijsko razporedim v virtualnem okolju.

#### **4.1 IZBIRA KOMPONENT**

Kot že omenjeno, sem kot glavno komponento izbral 70-ccm cilinder. Cilindre prodajajo tudi v kit kompletih, tako da sem izbral 70-ccm cilinder kit za dobro znan motor, ki ga uporablja podjetje Aprilia v svojih mopedih. Prav tako sem za vse preostale gnane komponente izbral kar rezervne dele za tako imenovani pogonski agregat AM6. Sestav glavne gredi, set ležajev in tesnil prav tako izhajajo kot rezervni deli AM6-motorja.

Po vzoru preostalih motorjev za pogon surfov sem tudi jaz izbral membranski uplinjač znamke Tillotson. Izbral sem premer sesalnega kolena 21 mm, saj takšna dimenzija najbolj ustreza uporabljenemu cilindru. Takšen tip uplinjača dobro ustreza aplikaciji, za katero je motor mišljen. Membranski uplinjač nima tako velikega čelnega preseka kot preostali tipi uplinjačev, kar se izkaže kot prednost, ko je treba motor namestiti v tesni prostor znotraj surf deske.

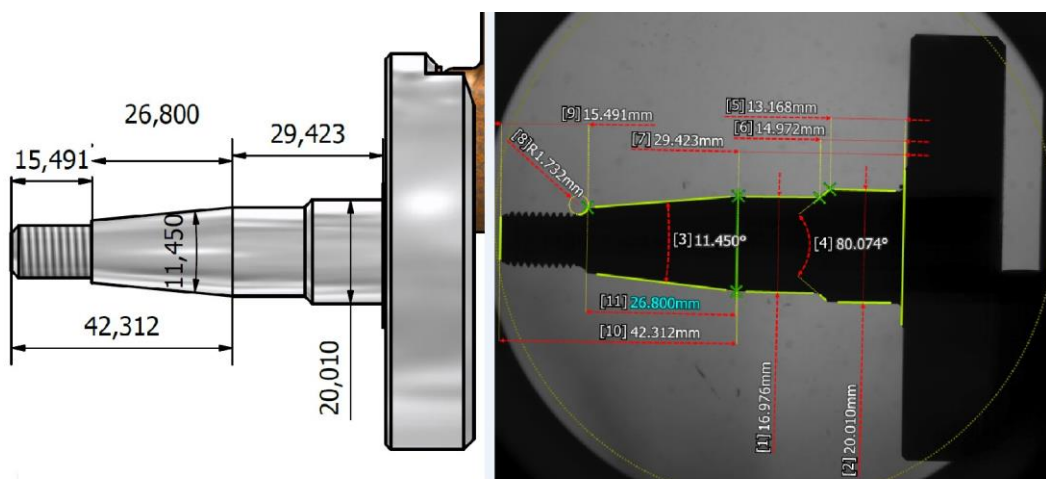
#### **4.2 MERJENJE IN PRERISOVANJE KOMPONENT V 3D-OKOLJE**

Pri večini sestavnih delov sem meritve izvajal kar z uporabo kljunastega merila. Zunanje mere sestavnih delov nimajo pomembnih dimenzij, ki bi lahko vplivale na delovanje motorja. Nekatere bolj zahtevne kose sem pomeril s pomočjo digitalnega profila projektorja Keyence, ki ga imajo v podjetju Gi-Teh d.o.o.



Slika 5: Meritve glavne gredi AM6-motorja s pomočjo digitalnega profil projektorja (Lastni vir)

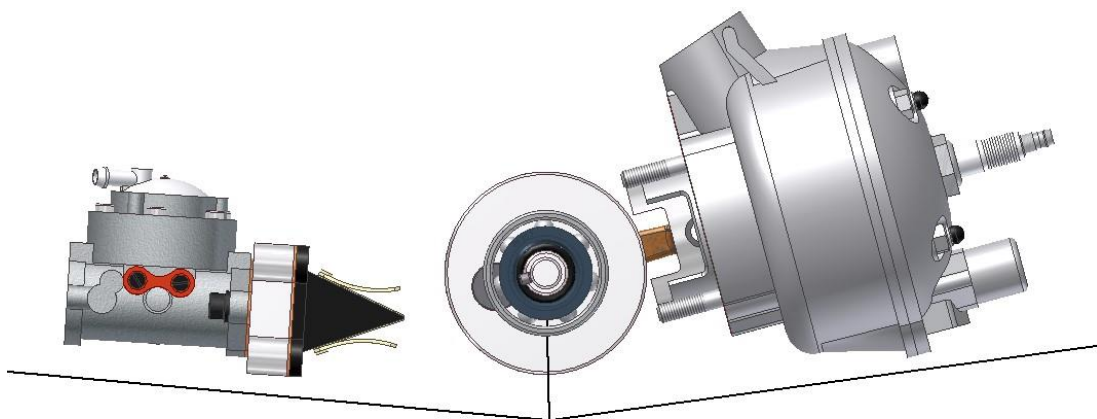
Ko sem pomeril dimenzije gredi, sem dobljene vrednosti prenesel v 3D-modelirnik in uporabil enake dimenzije, ko sem risal gred.



Slika 6: Primerjava merjenja in virtualne gredi (Lastni vir)

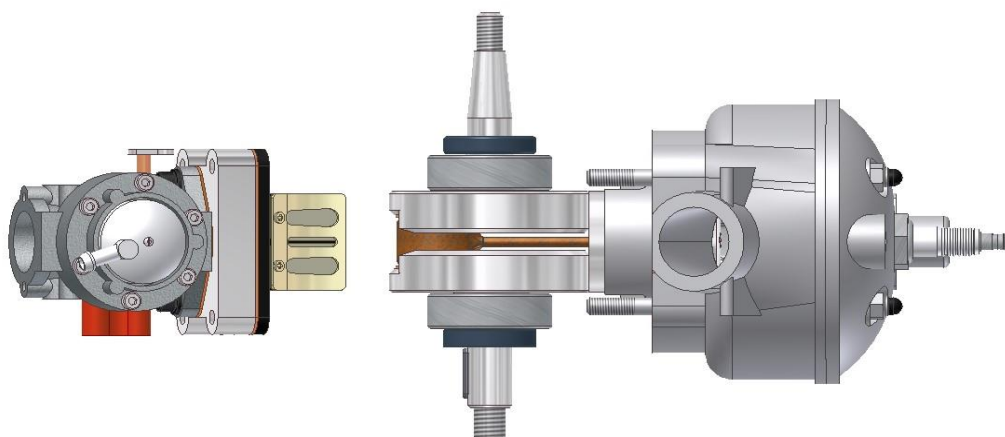
### 4.3 SESTAVLJANJE KOMPONENT V PRIMERNO GEOMETRIJO

Ko sem imel vse glavne komponente prerisane v 3D-modele, sem začel s sestavljanjem vseh komponent v delujočo celoto. Sestavnico sem začel z glavno gredjo. Nanjo sem namestil oba ležaja glavne gredi in na ojnico namestil bat. Na nasprotno stran sem namestil sestav uplinjača, membranskega ventila in adapterja, ki omogoča združenje obeh delov. Spodaj se vidi skicirana spodnja stran surf deske.



*Slika 7: Pozicioniranje glavnih sestavnih delov in urejanje geometrije  
(Lastni vir)*

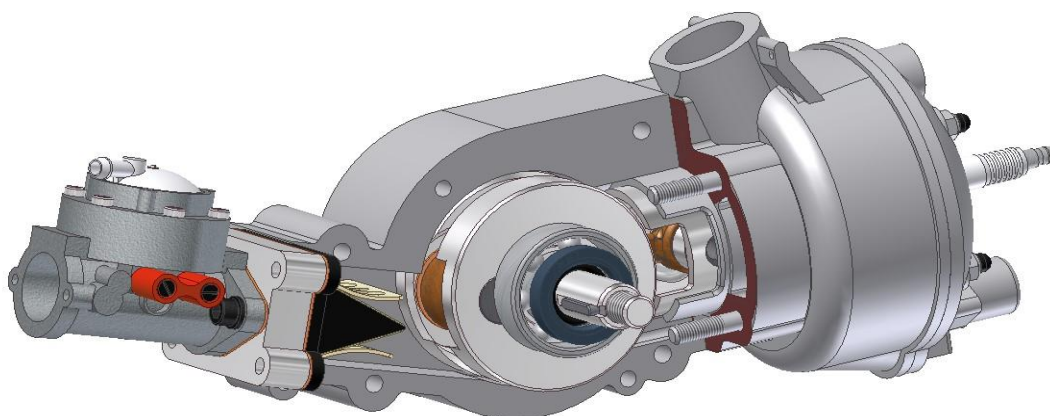
Glede oddaljenosti cilindra od osi glavne gredi sem definiriral tako, da sem ojnico postavil v SMT in vrh cilindra oddaljil od vrha bata za definirano dolžino hoda.



*Slika 8: Tloris glavnih sestavnih delov motorja  
(Lastni vir)*

## 4.4 KONSTRUIRANJE BLOKOV MOTORJA

Ko sem definiral končne položaje uplinjača in cilindra, sem začel z oblikovanjem blokov. Oddaljenost bloka od vztrajnika sem oddaljil za 1 mm. Manjši volumen okoli vrtečih sestavnih delov pomeni bolj učinkovito delovanje motorja, ko mešanica plinov potuje skozi blok motorja do zgorevalne komore. V bloku motorja sem oblikoval tudi pretočne kanale za prenašanje mešanice bencina in zraka do glave cilindra. Za referenčno obliko sem uporabil kar obliko tesnila. Tesnilo cilindra sem preslikal in sliko prenesel v računalniški program, kjer sem definiral obliko in velikost tesnila. Levi blok vsebuje na notranji strani tudi ležišče, ki je namenjeno ležaju glavne gredi, in ležišče radialnega grednega tesnila.



*Slika 9: Konstruiranje levega bloka motorja  
(Lastni vir)*

Kar se tiče tesnjenja gredi na levem bloku, je bila rešitev zelo preprosta. Na desnem bloku je geometrija tesnjenja zasnovana nekoliko drugače. V tej stopnji konstruiranja sem prezrcalil obliko levega bloka na desno stran in odstranil povezavo zrcaljenja. Odstranitev povezave zrcaljenja mi je omogočala to, da sem lahko neodvisno spreminjal levo in desno polovico ohišja motorja. Če te povezave ne bi odstranil, bi se mi med konstruiranjem prenašale vse spremembe geometrije z leve na desno polovico bloka.

Levi in desni blok si delita naslednje geometrijske elemente:

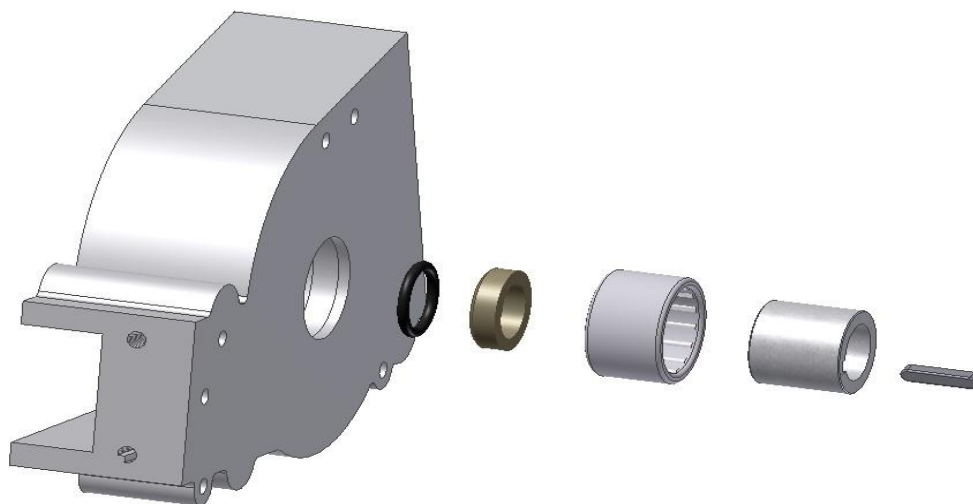
- sesalni kolektor,
- lokacije vijakov za pritrditev uplinjača,
- ohišje vztrajnika,
- izvrtino za namestitev cilindra,
- lokacijo stojnih vijakov za pritrditev cilindra,
- lokacijo in geometrijo centrirnih zatičev,



- lokacijo vijakov za spojitev obeh polovic bloka in
- lokacijo ter geometrijo lukenj za montažo motorja.

Desni blok je zasnovan tako, da njegova zunanja stran služi za pritrnitev električnega zaganjača. Zaganjač prenaša gibanje na glavno gred preko zobatega jermena. Na glavni gredi sta ležaj glavne gredi in radialno tesnilo, ki tesni po zunanji strani puše enosmernega ležaja. Ta sprememba tesnjenja je posledica različne geometrije glavne gredi. Glavna gred ima na levi polovici konusno obliko za tesno prileganje magnetnega rotorja. Na levi polovici se blok tesni direktno na površino glavne gredi.

Tesnjenje na desni strani sem izvedel na enak način, kot je to storjeno pri motorju AM6, od katerega sem uporabil glavno gred. Rešitev tesnjenja je izvedena z uporabo enega okroglega tesnila, na katero se prileže distančnik (na spodnji sliki obarvan v rjavo). Na distančnik se namesti puša enosmernega ležaja. Puša ima tudi utor za moznik, ki prepreči, da bi puša drsela po glavni gredi.



*Slika 10: Tesnjenje glavne gredi in sestav enosmernega ležaja  
(Lastni vir)*

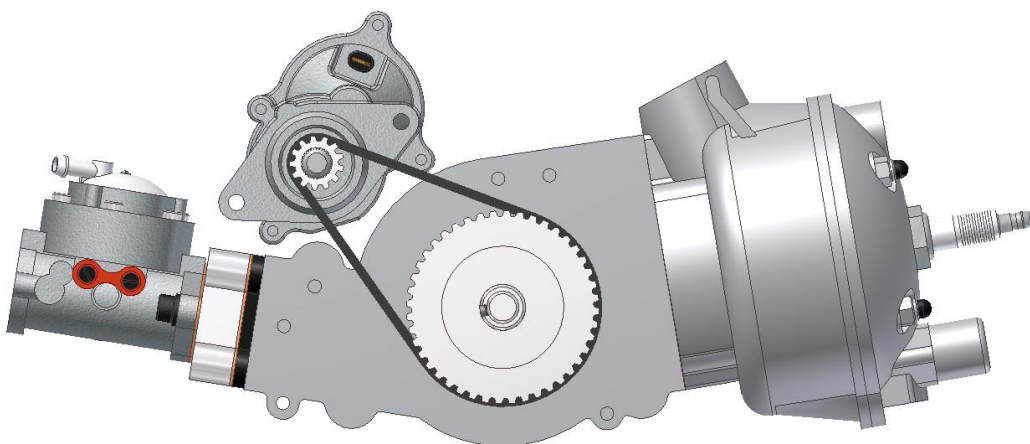
Ko sem zagotovil montažo enosmernega ležaja na glavno gred, sem nadaljeval oblikovanje sestava za električni zaganjač. Velika jermenica ima vtisnjen enosmerni ležaj in prirobnico oblikovano tako, da se aksialno ne more premakniti proti bloku. Gibanje v nasprotno smer sem omejil z matico, ki se privijači na glavno gred. Ta matica stisne celotni sestav na desni polovici glavne gredi.

## 4.5 ELEKTRIČNI ZAGANJAČ IN VŽIG

Po definiranju vpetja enosmernega ležaja sem delo nadaljeval s konstruiranjem sistema za električni vžig motorja. Za električni zaganjač sem uporabil že obstoječi zaganjač, ki ima v ohišju zobniški prenos. Problem, ki ga srečamo pri konstruiranju električnega vžiga, je, da je treba zagotoviti relativno nizke vrtljaje motorja, hkrati pa zagotoviti dovolj močan moment zagonskega sistema. Določanje prestavnega razmerja je v mojem primeru narekovala geometrija motorja. Zobnik na glavni gredi ne sme gledati čez rob bloka motorja. Prav tako sem moral predvidevati namestitev zaščitnega pokrova, ki bo pokrival sistem.

Ko sem dobil električni zaganjač, poleg njega nisem dobil nobenih informacij glede njegovih karakteristik. Vedel sem samo njegovo nazivno napetost, tj. 12 V. K sreči imam doma modelarsko delavnico in tudi optični čitalnik obratov propelerja za merjenje obratov modelarskih letalskih motorjev. Na zaganjač sem namestil majhno modelarsko eliso in priklopil napajanje. S pomočjo čitalnika sem odčital stalne obrate zaganjača 1000/min. pri 12 V. Za vžig dvotaktnega motorja je priporočljivo zavrteti glavno gred z obrati 200–300/min. Po preračunavanju prestavnega razmerja sem prišel do kombinacije zobnikov s prestavnim razmerjem  $i = 3,38$ . V teoriji s takšnim razmerjem imam na gredi 295,85/min v neobremenjenem stanju.

Za prenos vrtljajev sem uporabil zobati jermen in zobate jermenice. Takšen prenos sem izbral zaradi njene preproste montaže in protizdrsne lastnosti. Sestav prenosa sem položil na mizo in s kljunastim merilom pomeril medosno razdaljo med jermenicami. Orientacijo zaganjača je narekovala oblika bloka motorja.



Slika 11: Pozicioniranje sestava električnega zaganjača  
(Lastni vir)

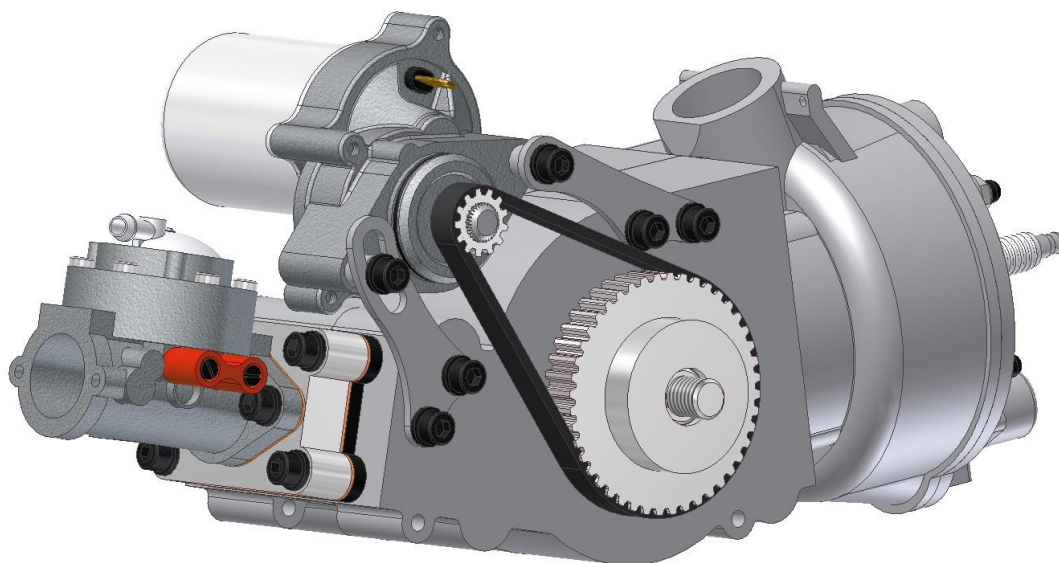
Ko sem sestavne dele zaganjača postavil v primerno lokacijo na modelu, sem začel s konstruiranjem nosilcev. Nosilce sem zasnoval z uporabo 3 mm debele nerjavne pločevine. Nosilci so togo nameščeni na blok motorja in preko dveh distančnih puš privijačeni na ohišje zaganjača.



*Slika 12: Pripadajoči deli električnega zaganjača*

(Lastni vir)

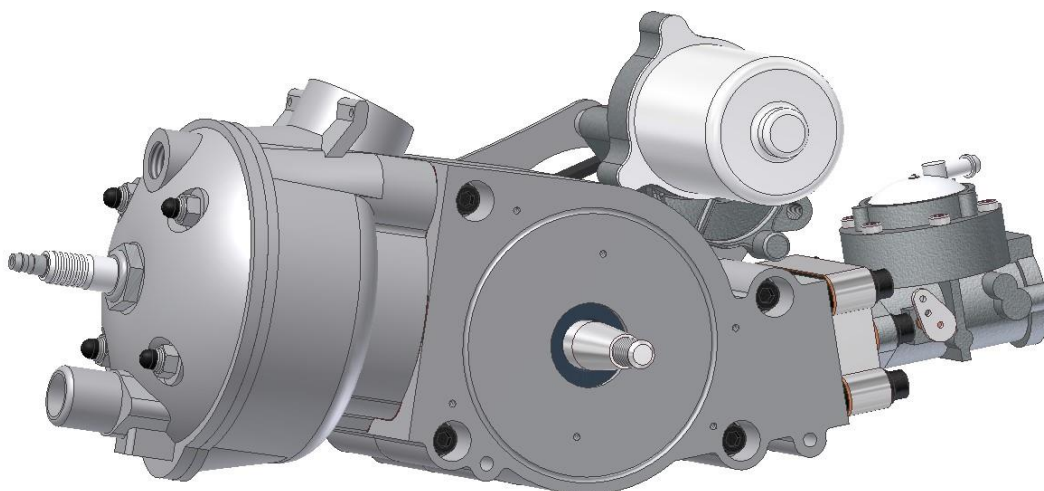
Nosilec na spodnji strani zaganjača ima podolgovato luknjo za vijak. Njen namen je prilagajanje napetosti jermena. Omogoča preprosto montažo sistema in če se jermen zaradi dolgoročne uporabe raztegne, lahko s pomočjo te podolgovate luknje ponovno nastavimo napetost jermena.



Ko sem rešil problem zagona motorja, se je bilo treba posvetiti vžiganju vžigalne svečke. Za vžigalni sestav sem izbral obstoječi vžigalni sistem, namenjen dirkalnemu dvotaktnemu motorju. Dirkalna izvedba vžiga ima manj sestavnih delov in manjši magnet na rotorju. Manjši magnet pomaga motorju, da lažje pridobi obrate zaradi manjšega vztrajnostnega momenta. Prav tako na dirkalni izvedbi vžiga ne najdemo dodatnih tuljav, namenjenih za generiranje elektrike, ki je potrebna za napajanje svetil.

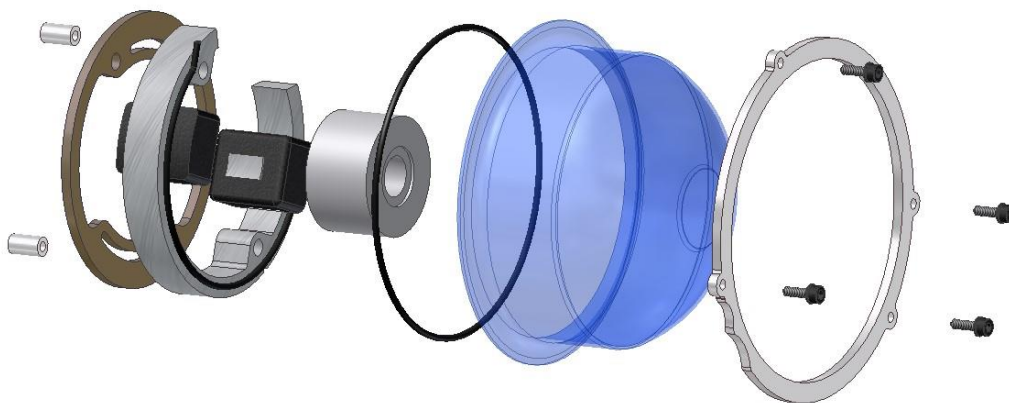
Na tej stopnji konstrukcije sem v levi blok oblikoval luknje za vijake, ki služijo za spajanje obeh polovic. Poglobitev za glavo vijaka je prilagojena standardni dolžini vijakov.

Prva stvar pri konstruiranju vžigalnega sistema je bila oblikovanje utora, ki bo služil za pritrditev tesnilnega obroča. Tesnjenje elektronskih elementov je pri takšnem motorju zelo pomembno, saj je motor namenjen rekreativnemu plovilu. Vdor vode v motorni prostor je možen in v tem primeru se s preventivnim tesnjenjem komponent lahko izognemo nezaželeni odpovedi elektronske komponente.

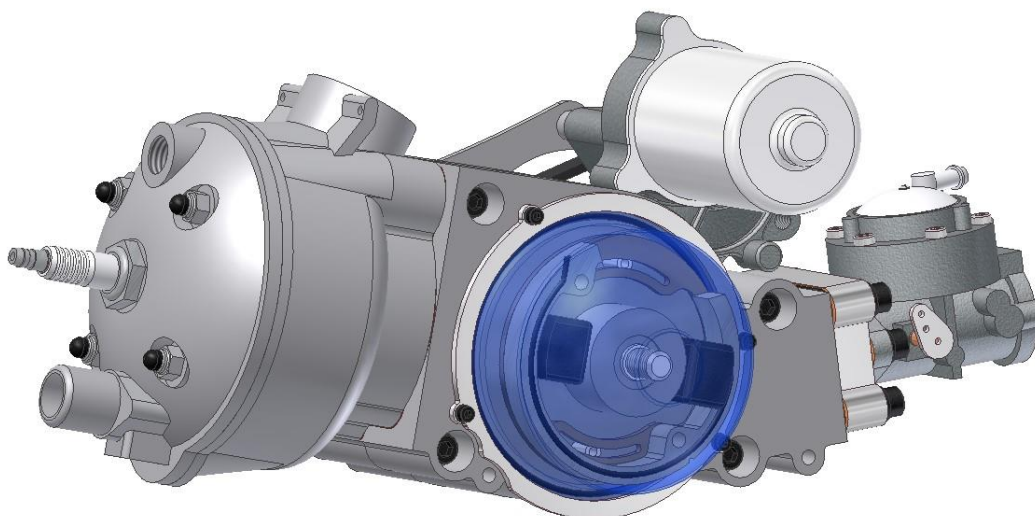


*Slika 13: Priprava levega bloka na sestavo električnega vžiga*  
(Lastni vir)

Za namestitev vžigalnega sestava na blok motorja sem skonstruiral pritrdilno ploščico, ki ima podolgovate pritrdilne luknje. Te luknje služijo za fino nastavitve vžiga. Ta pritrdilna ploščica je privijačena na blok motorja preko dveh distančnih puš, ki obenem služita tudi za natančno določanje pozicije rotorja. Pokrov vžiga je preproste oblike, da se lahko izdelava s pomočjo kompozitnega materiala v kalupu. Pokrov tesni na blok preko tesnilnega obroča in je pritrjen na blok preko okrogle prirobnice.



*Slika 14: Pripadajoči deli električnega vžiga*  
(Lastni vir)

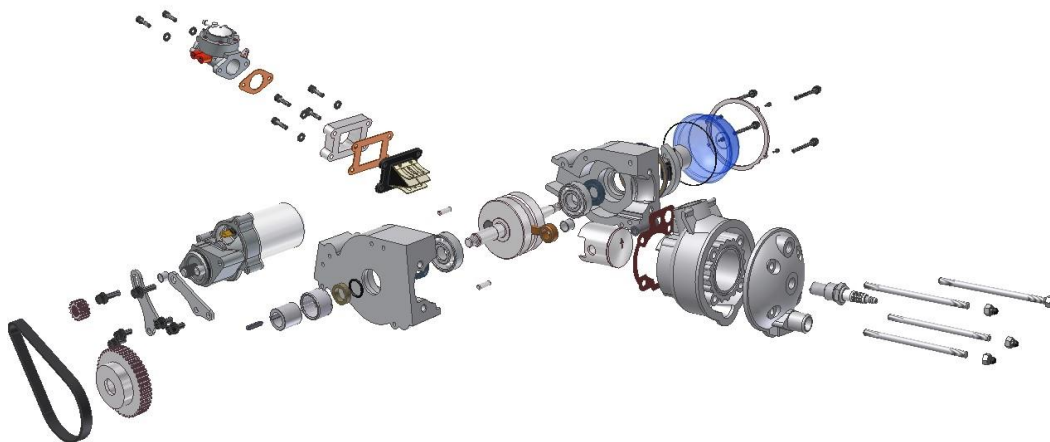


Slika 15: Končna pozicija sestava električnega vžiga  
(Lastni vir)

## 5 TEHNIČNA DOKUMENTACIJA

Ko sem dokončal s sestavljanjem vseh sestavnih delov, sem se lotil izdelave tehnične dokumentacije. Dokumentacijo sem sestavil kot navodila za sestavo in servis. Za lažjo predstavbo celotnega sestava sem izdelal eksplozijski sestav, ki jasno prikaže orientacijo in zaporedje sestava. Za levi in desni blok sem pripravil tudi delavniško risbo, ki je potrebna za uspešno izdelavo kosov.

Celotna tehnična dokumentacija s kosovnicami je v navodilih za sestavo.

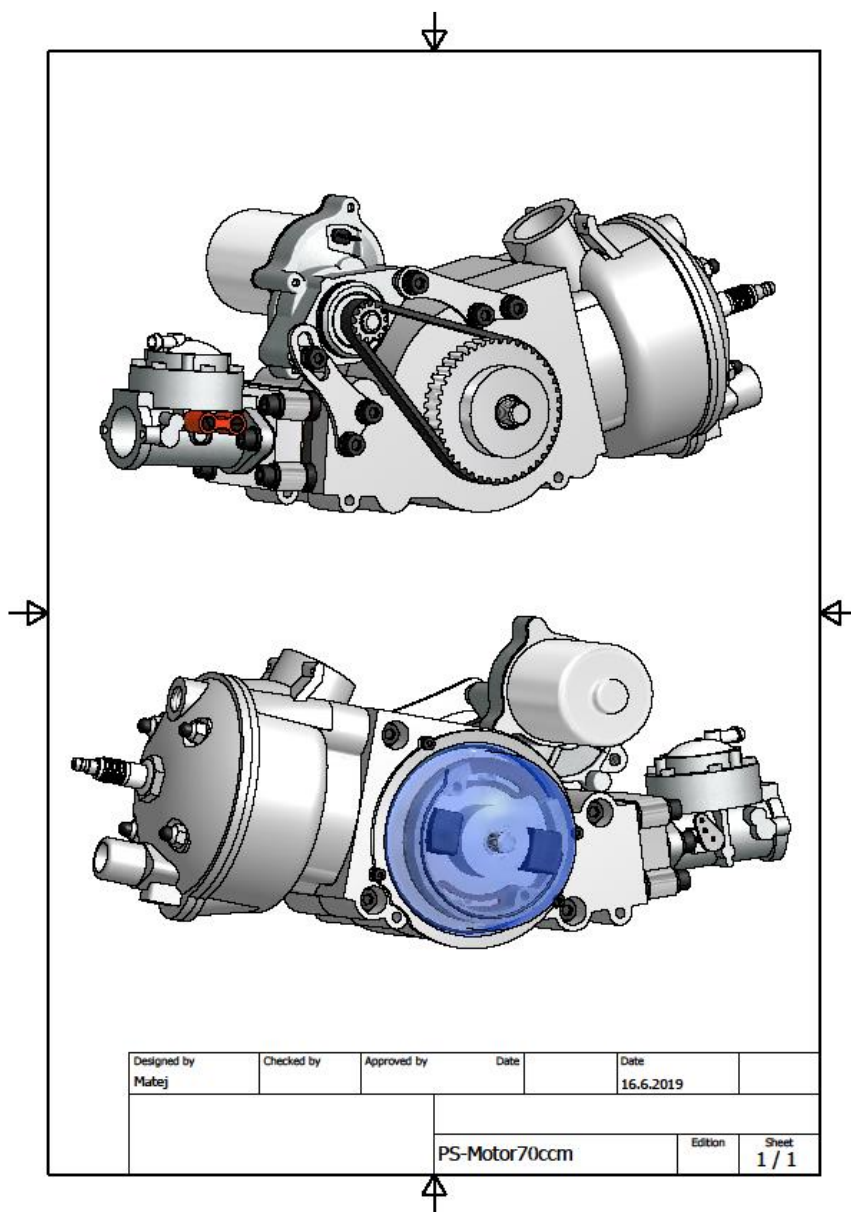


Slika 16: Eksplozijska slika motorja z vsemi sestavnimi deli  
(Lastni vir)

## 6 NAVODILA ZA SESTAVO MOTORNEGA SKLOPA

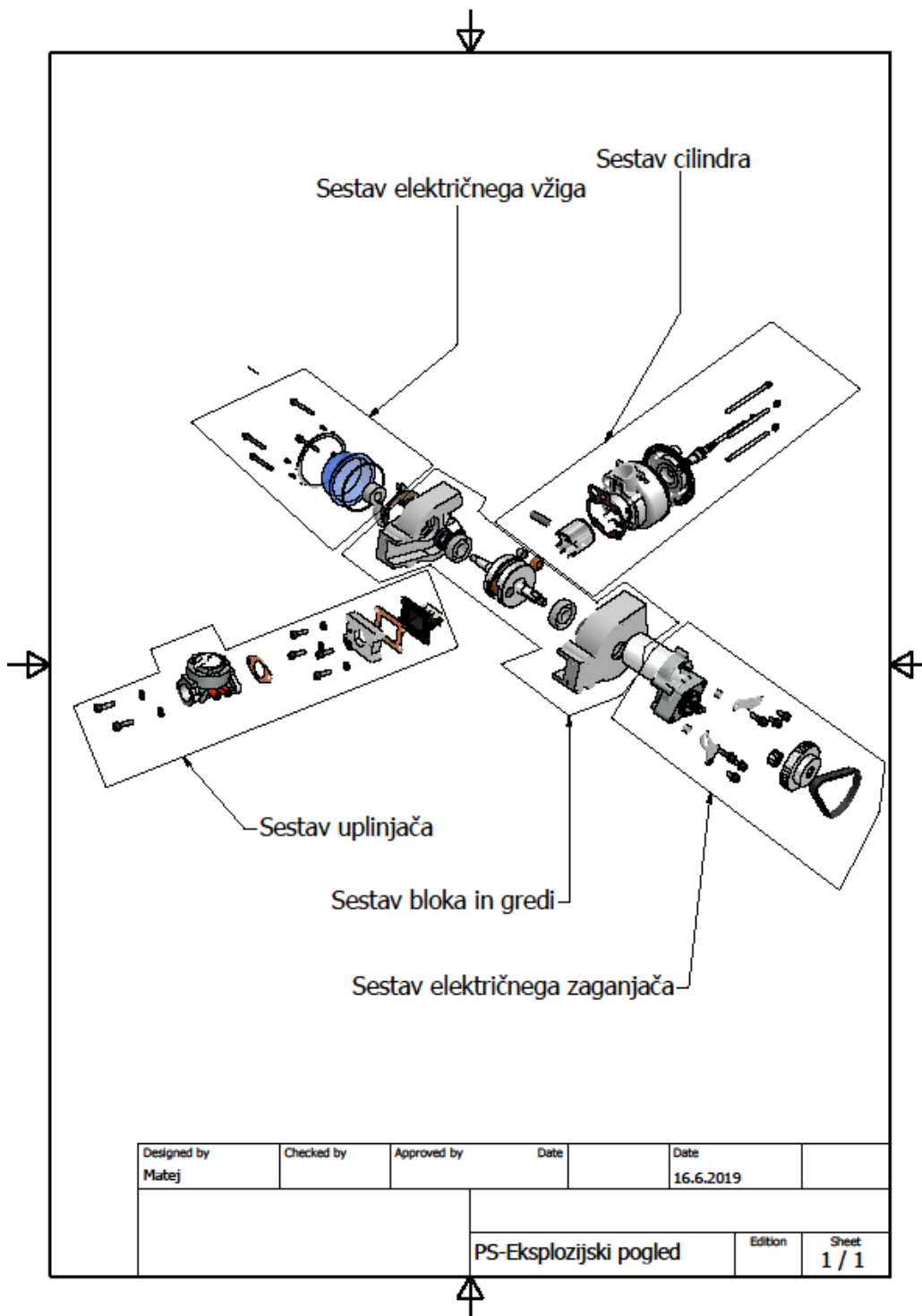
V prilogah so prikazane sestavne in delavniške risbe obeh polovic blokov motorja. Prvi del prilog so navodila za sestavo motornega sklopa. Enaka dokumentacija je uporabna tudi, ko je treba naročiti rezervne dele pri servisnem intervalu.

Platnica dokumentacije prikazuje končni produkt sestavnice. Tako si lahko že takoj na začetku sestave lahko seznanimo s sestavnimi deli in njihovo lokacijo na samem motorju.



Priloga 1: Platnica tehnične dokumentacije  
(Lastni vir)

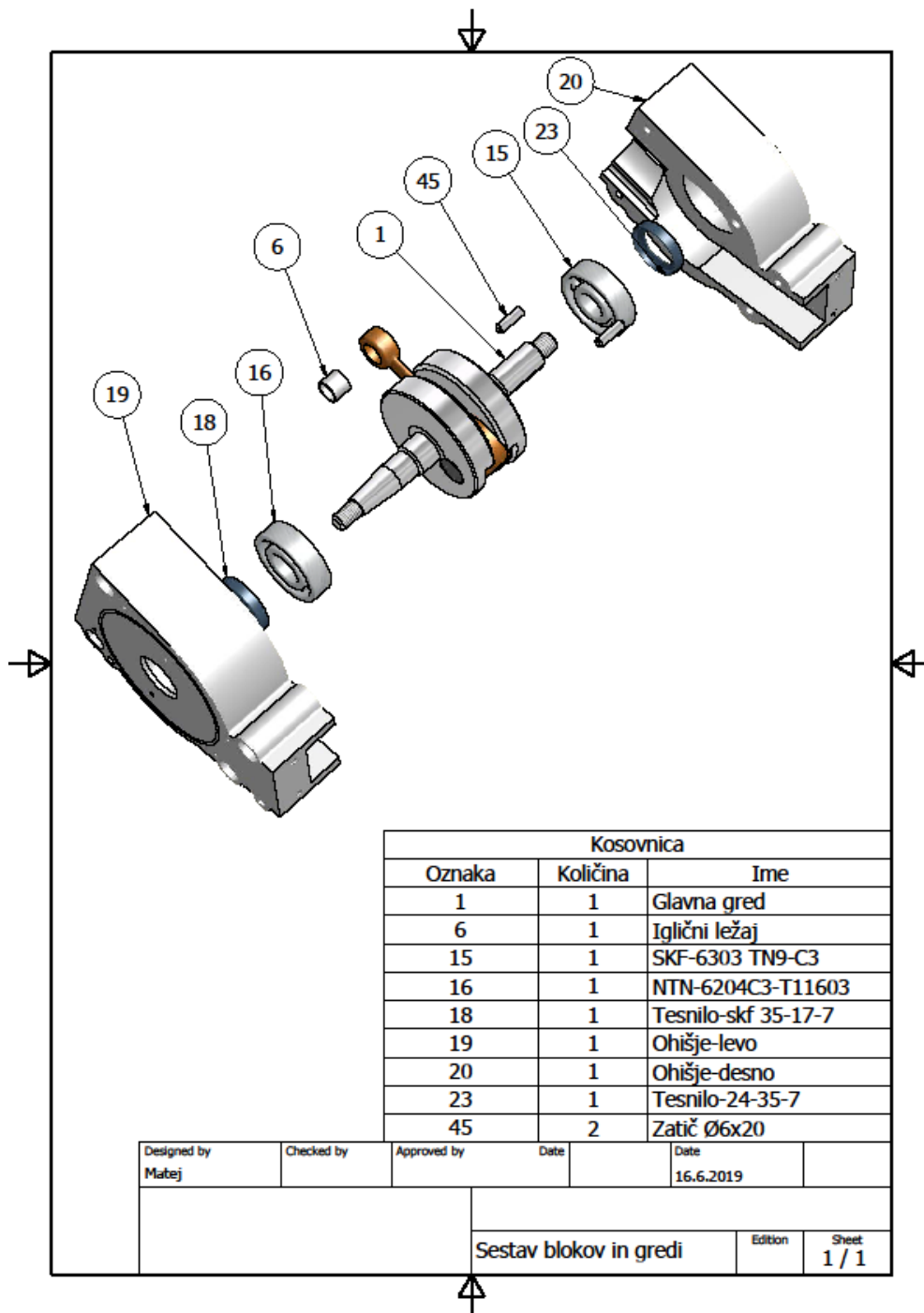
Druga priloga nam prikazuje eksplozijski pogled sestava. V tem pogledu so vidne vse vgrajene komponente motorja. Motor sem razdelil na pet ključnih elementov. Vsak ločeni sestav opravlja določeno vlogo pri delovanju motorja.



Priloga 2: Pregled sestavnih sklopov  
(Lastni vir)

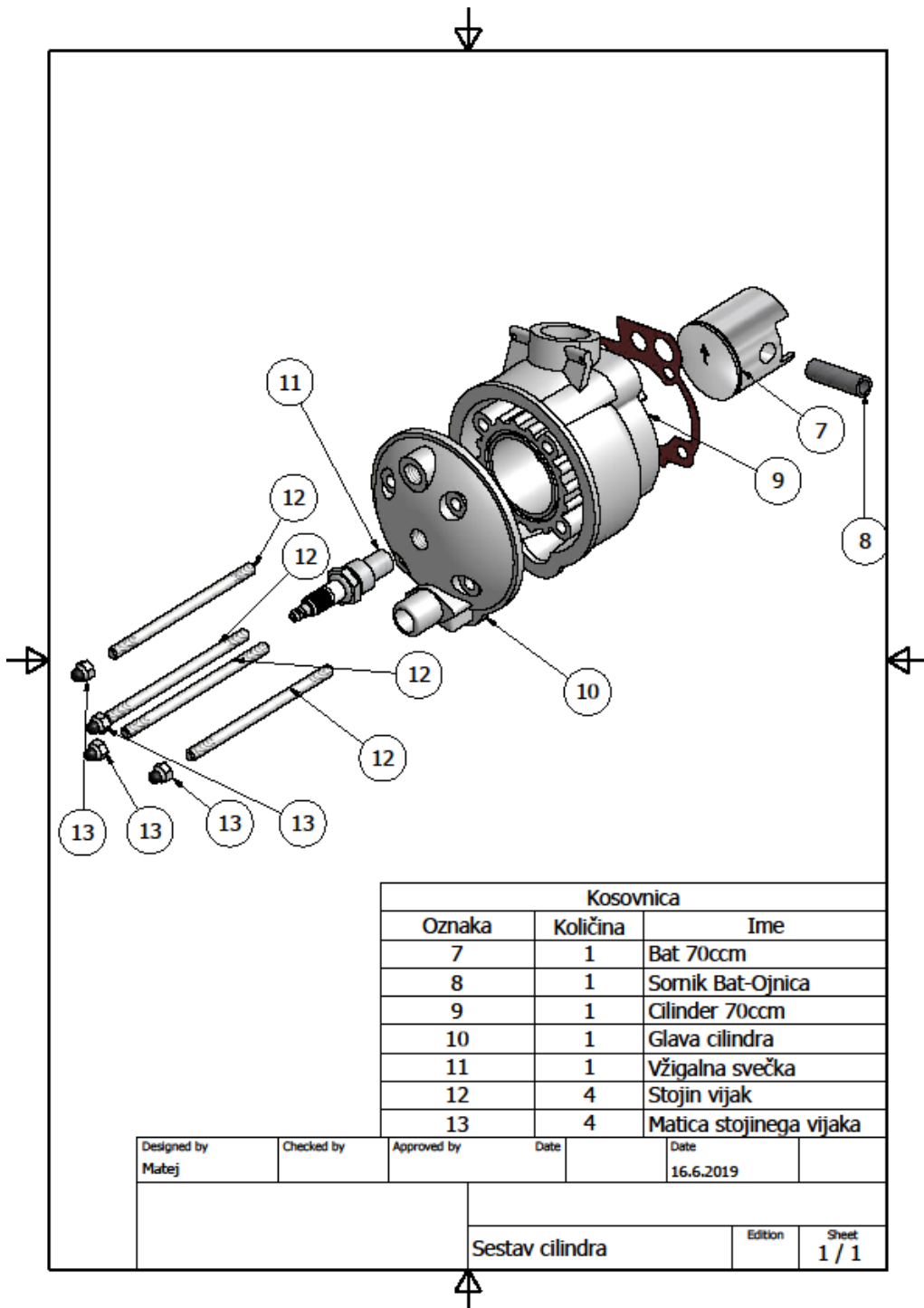


Tretja priloga prikazuje jedro motorja. Glavna gred je eden najbolj pomembnih elementov vsakega batnega motorja. V ohišje motorja je sestavljena preko ležajev, tesnjenje pa je izvedeno preko dveh radialnih grednih tesnil. V kosovnici spodaj desno lahko preverimo seznam vseh glavnih komponent tega sestava.



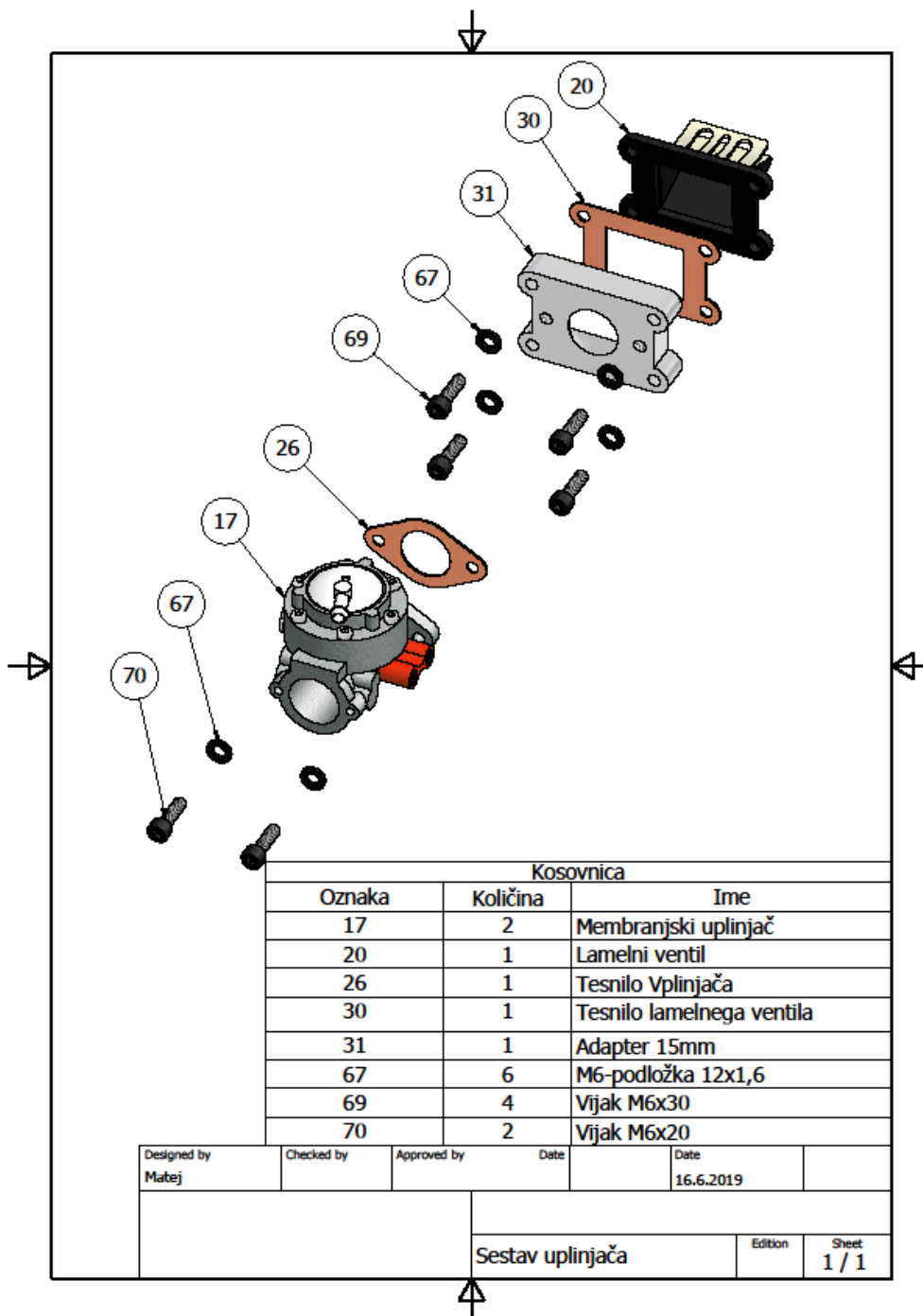
Priloga 3: Sestav blokov in gredi  
(Lastni vir)

Priloga štiri nam prikazuje sestav cilindra in njegovih pripadajočih komponent. Bat je najprej treba preko sornika pritrditi na ojnico glavne gredi. Ne sme manjkati niti tesnilo cilindra, preden cilinder namestimo na bloke motorja.



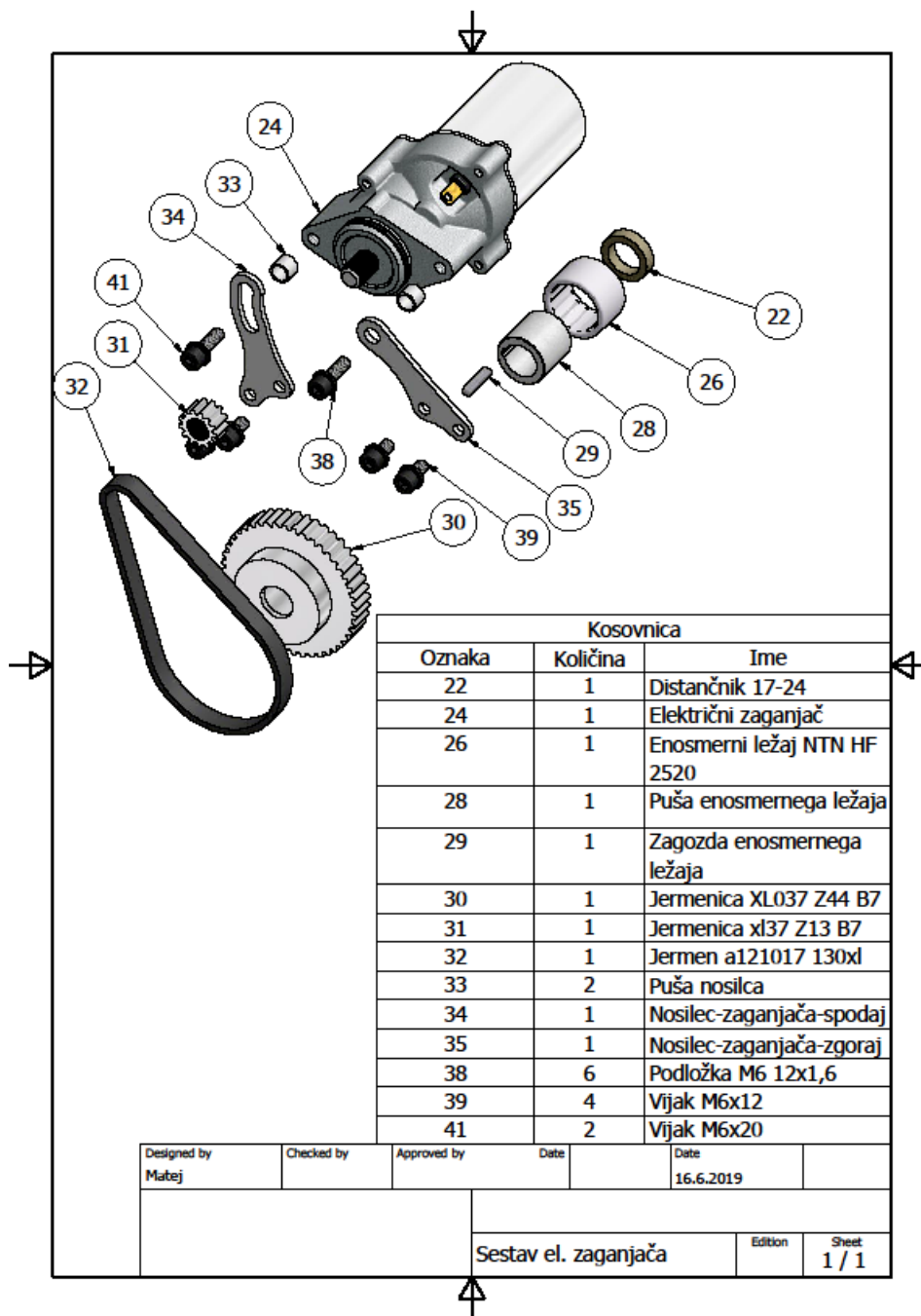
Priloga 4: Sestav cilindra  
(Lastni vir)

Priloga številka pet nam prikazuje sestavnico uplinjača. Za bolj učinkovito delovanje motorja je v sestavnici prisoten tudi enosmerni lamelni ventil, označen z oznako 20. Ta ventil preprečuje, da ko bat v motorju ustvari pozitiven pritisk v bloku, mešanica bencina in zraka ne uide skozi sestavo uplinjača v nasprotni smeri. Uplinjač je pritrjen na ventil preko adapterja, tesnil in vijakov.



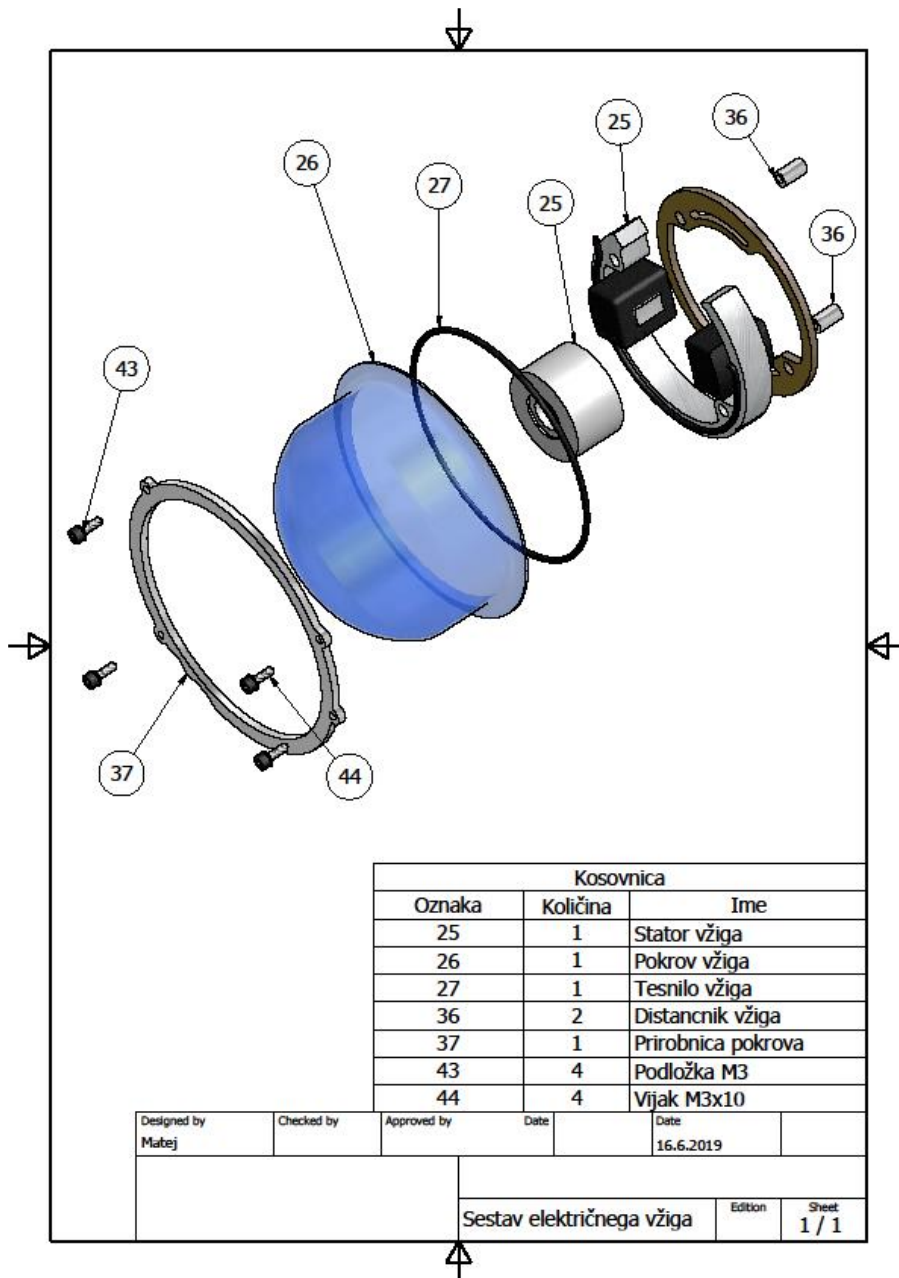
Priloga 5: Sestav uplinjača  
(Lastni vir)

Priloga šest nam prikazuje sestav zagonskega sistema. Za uspešno delovanje električnega zaganjača je treba pred namestitvijo jermenic pritrčiti na glavno gred pušo enosmernega ležaja. Ta puša služi kot naležna površina enosmernega ležaja, ki je s tesnim ujemom pritrjen na jermenico z oznako 30. Električni zaganjač je pritrjen na ohišje motorja preko dveh nosilcev. Eden od njih ima podolgovato luknjo, ki služi nastavitvi napetosti jermena.



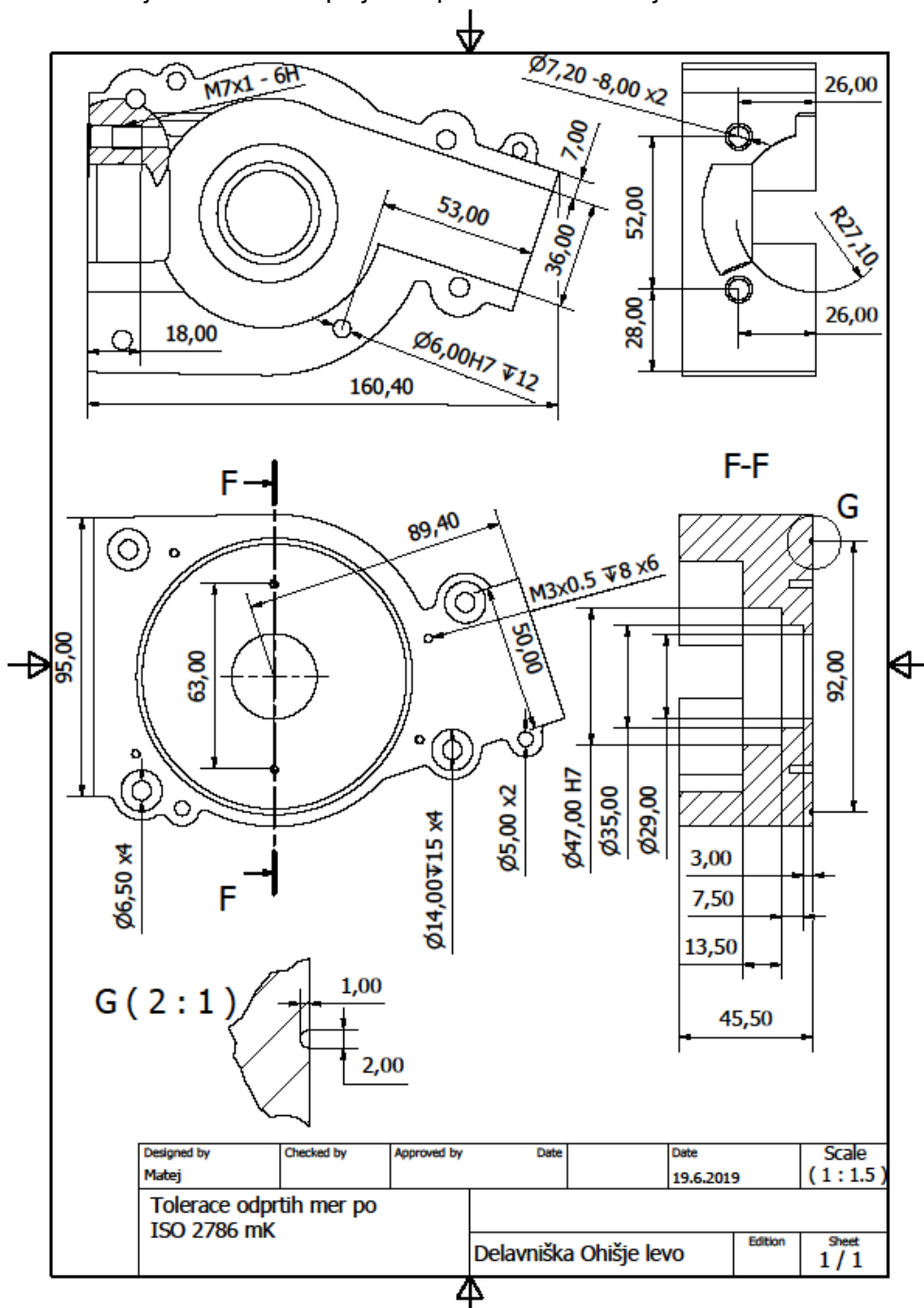
Priloga 6: Sestav električnega zaganjača  
(Lastni vir)

Priloga sedem prikazuje sestav komponent za generiranje in proženje vžigalne iskre. Stator je pritrjen na blok motorja preko distančnikov, ki omogočajo fino nastavitev pozicije rotorja. Rotor je pritrjen na gred preko tesnega ujema zaradi konusne oblike. Tesnjenje vžigalnega sklopa je urejeno preko tesnilnega obroča, ki se prilega utoru na bloku motorja. Pokrov vžiga je oblikovno zasnovan za lažjo izdelavo kompozitnega izdelka. Pokrov je pritrjen na blok motorja s pomočjo prirobnice, ki enakomerno porazdeli pritisk na tesnilni obroč.



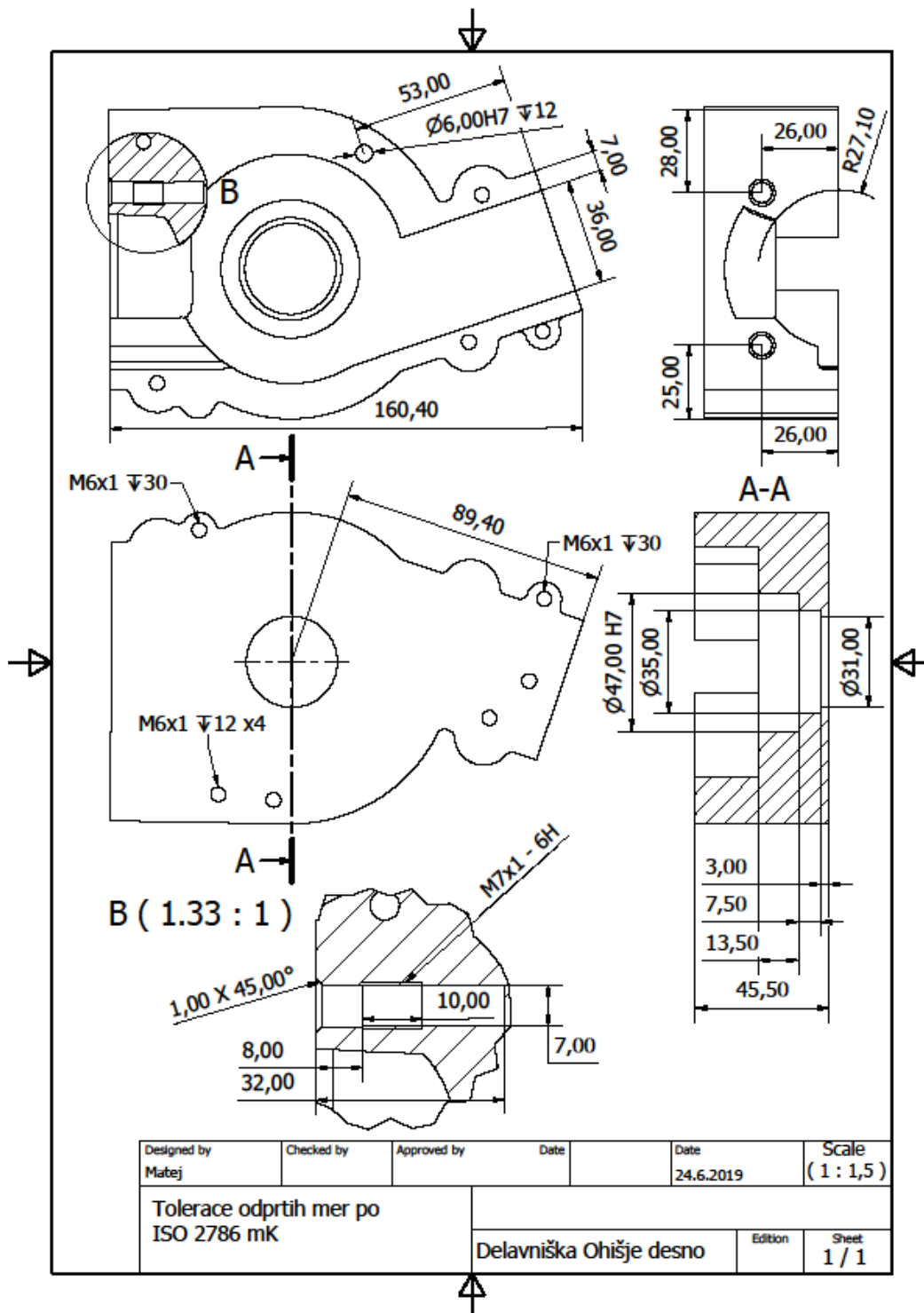
Priloga 7: Sestav električnega vžiga  
(Lastni vir)

Priloga osem prikazuje delavniško risbo leve polovice motornega bloka. Programiranje obdelave na CNC-stroju poteka na podlagi 3D-modela, ampak vseeno je treba priložiti tudi delavniško risbo, da se operater lahko predhodno seznaní s projektom. Prav tako je delavniška risba osnovni dokument, ko se kreira ponudba za izdelavo kosov. Na risbi so definirane tudi zunanje dimenzije, ki jih lahko operater preverja po končani operaciji. Ležišče ležaja in luknja za centrini zatič imata manjše tolerančno polje kot preostale dimenzije.



Priloga 8: Delavniška risba levega bloka  
(Lastni vir)

Priloga devet prikazuje desno polovico bloka motorja. Karakteristično se ne razlikuje od delavniške risbe leve polovice bloka. Notranja stran bloka je simetrična levi polovici. Zunanja stran ima luknje z vrezanim navojem za pritrditev zaganjača.



Priloga 9: Delavniška risba desnega bloka  
(Lastni vir)

## 7 ZAKONODAJA MOTORNIH SURFOV

Skonstruirani motor je namenjen vgradnji v motorno surf desko. V izogib morebitnemu navzkrižju z zakonodajo sem raziskal tudi aktualne zakone, ki definirajo pravila za rekreacijska plovila.

Pravilnik o rekreacijskih plovilih v splošnih določbah definira rekreacijska plovila kot:

»3. člen

(1) V tem pravilniku »rekreacijsko plovilo« pomeni kakršenkoli čoln katerekoli vrste za športne namene in prosti čas, ne glede na vrsto pogona, z dolžino trupa od 2,5 do 24 m, merjene glede na ustrezne harmonizirane standarde. «

»4. člen

Ta pravilnik se ne uporablja za:

- plovila, namenjena izključno tekmovalju, vključno s tekmovalnimi čolni na vesla in čolni na vesla za trening, ki jih tako označi proizvajalec,
- deske na motorni pogon, osebna vodna plovila in druga plovila s podobnim pogonom,« (Uradni list, 2004)

Pravilnik o rekreacijskih plovilih torej ne velja za desko na motorni pogon. Kot proizvajalec lahko definiram uporabo surfa tudi kot tekmovalno plovilo, namenjeno samo tekmovaljem in vožnji po zasebnih vodnih površinah, se aktualna zakonodaja ne dotika specifičnega produkta.

Raziskal sem tudi zakonodajo Evropske unije, kjer je zakonodaja sestavljena enako. Zakonodaja surfov, gnanih na motorni pogon, še ni definirana. (Directive 94/25/EC, 2003)

## 8 ZAKLJUČEK

Raziskovalni del naloge je potekal brez težav. Izbor potrebnih komponent je večinoma narekoval finančni vložek. Modeliranje posameznih komponent je potekalo po pričakovanjih. Edini zaplet se je pojavil, ko sem moral opraviti meritve komponent, ki imajo ozko tolerančno polje zunanjih dimenzij. Dimenzije gredi, ležajev in ojnice so predstavljale pri merjenju največji izziv. Tu sem imel srečo, da pri svojem poklicu opravljam tudi meritve na bolj zapletenih elementih. V podjetju, kjer sem zaposlen, so mi v uporabo odstopili merilno opremo, na kateri sem lahko tudi digitalno prenesel rezultate v računalnik.

Projekt sem organizacijsko uredil računalniško, kakor to urejam v službi. Vsak podsestav ima svojo mapo in v njej sestavne dele. Ko sem urejal in izdeloval revizije



končnega sestava, nisem naletel na nepričakovane zaplete. Velikost projekta in število sestavnih delov pa sta povzročila, da se je moj osebni računalnik zelo grel. V veliki meri je procesor obratoval na stalni temperaturi 65 stopinj Celzija. Povišana temperatura na računalniških komponentah slabo vpliva na hitrost in odzivnost sistema. Preden se lotim novega projekta ali revizije tega, moram bolje poskrbeti za računalniške komponente in njihovo hlajenje.

Fizična izdelava obeh polovic ohišja motorja se je žal zaustavila, ker trenutno nimam na razpolago prostega CNC-rezkalnega stroja. Razmišljam o izdelavi 3D-tiskanih kosov za prvo testiranje geometrije ohišja motorja. Plastični 3D-tisk je stroškovno bolj prizanesljiv kot rezkani kosi, narejeni iz bloka aluminija. A slaba stran 3D-tiska je, da sestav lahko služi samo za demonstracijo delovanja, ne dejanskega pogona. A za namen demonstracije in testiranje geometrije mislim, da bodo 3D-tiskani bloki motorja dobra alternativa.

Sestavljeni motor naj bi razvil 12 konjskih moči, kar bo zagotovo dovolj za pogon motornega surfa. Komaj čakam.

## 9 VIRI

*blag.illicitsnowboarding.com*. (29. avgust 2013). Pridobljeno iz <http://blag.illicitsnowboarding.com/2013/08/a-brief-history-of-motorised-surfboards.html>

Chollet, H. (1979). Vse o avtomobilu MOTOR. V H. Chollet, *Praktični tečaj za poklicne avtomobilske mehanike, Motor* (str. 23, 24). Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

Directive 94/25/EC, P. (16. junij 2003). Pridobljeno iz eur-lex.europa.eu: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:214:0018:0035:EN:PDF>

Uradni list, b. l. (23. september 2004). *Uradni-list.si*. Pridobljeno iz <https://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?sop=2004-01-4637>

*Wikipedia*. (9. avgust 2019). Pridobljeno iz <https://en.wikipedia.org/wiki/Surfing>