



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Strojništvo
Modul: Snovanje in konstruiranje orodij

PREDELAVA ENOSTAVNE LESNE STRUŽNICE V STRUŽNICO ZA KOVINO

Mentor: Samo Trček
Lektorica: Ana Kovač, prof. slov. in angl.

Kandidat: Gregor Čuden

Ljubljana, maj 2026

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju g. Samu Trčku za pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala g. Gregorju Vedralu in g. Urošu Kaduncu iz podjetja MVA d. o. o. za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala gre družini, ki me je spodbujala pri končanju diplomskega dela.

IZJAVA

Študent Gregor Čuden izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom gospoda Sama Trčka.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole in v institucionalnem oz. nacionalnem repozitoriju (COBISS).

Dne: 15. 5. 2026

Podpis: _____

POVZETEK

Diplomsko delo opisuje predelavo enostavne lesne stružnice v stružnico za kovino. Stružnica za les nam ni v veliko korist, zato smo se odločili za nadgradnjo. Predelan stroj nam bo v prvi vrsti omogočal obdelavo kovinskih obdelovancev in večjo natančnost, hkrati pa bomo med izdelavo diplomskega dela poglobili znanje razvoja in računalniškega modeliranja.

Po predelavi stružnica izpolnjuje svoje pogoje, vendar se pokažejo potrebe po dodatnih nadgradnjah in izboljšavah. S tovrstno predelavo se srečamo redko, saj je s finančnega in časovnega vidika bolj smiselno kupiti stružnico za kovino, ki je že v osnovi izdelana za tak namen. Novo znanje, ki smo ga pridobili med izdelavo diplomskega dela, pa nam bo koristilo vse življenje.

KLJUČNE BESEDE

- stružnica za kovino,
- struženje,
- predelava.

SUMMARY

The diploma thesis describes the conversion of a simple wood lathe into a metal lathe. The wood lathe itself is of limited use to us, so we decided to upgrade it. The converted machine will primarily enable the machining of metal workpieces with greater precision, while at the same time we will deepen our knowledge of development and computer modelling during the thesis.

After the conversion, the lathe meets its requirements; however, the need for additional upgrades and improvements becomes apparent. This type of conversion is encountered rarely, as from a financial and time perspective it is more sensible to purchase a metal lathe that is already designed for such a purpose. The new knowledge acquired during the thesis will be useful to us throughout our lives.

KEYWORDS

- metal lathe,
- turning,
- conversion.

KAZALO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 2 | STRUŽNICA..... | 2 |
| 2.1 | Zgodovina | 4 |
| 2.2 | Univerzalna stružnica za kovino in stružnica za les | 5 |
| 2.3 | Stružne sile | 8 |
| 3 | OBSTOJEČE STANJE | 11 |
| 3.1 | Pomanjkljivosti | 12 |
| 4 | PRAKTIČNI DEL..... | 13 |
| 4.1 | Konstrukcija..... | 14 |
| 4.2 | Vpetje..... | 19 |
| 4.3 | Rezilno orodje..... | 21 |
| 4.4 | Vreteno | 32 |
| 5 | BARVANJE, NATANČNA SESTAVA IN IZDELKI..... | 35 |
| 6 | ZAKLJUČEK..... | 41 |
| 7 | LITERATURA IN VIRI | 42 |

KAZALO SLIK

| | |
|--|----|
| Slika 1: Karuselska stružnica | 3 |
| Slika 2: Numerično krmiljena stružnica | 3 |
| Slika 3: Nartova kopirna stružnica iz leta 1721 | 5 |
| Slika 4: Univerzalna stružnica za kovino..... | 6 |
| Slika 5: Stružnica za les | 7 |
| Slika 6: Rezalne sile pri struženju | 8 |
| Slika 7: Razmere pri struženju | 9 |
| Slika 8: Einhell TC-WW 1000/1..... | 11 |
| Slika 9: Einhell TC-WW 1000/1 z označenimi komponentami za odstranitev | 13 |
| Slika 10: 3D-model začetne osnove..... | 14 |
| Slika 11: 3D-model regala..... | 15 |
| Slika 12: Ploskovno brušenje | 16 |
| Slika 13: Merjenje ravnosti..... | 16 |
| Slika 14: 3D-model posteljice..... | 17 |
| Slika 15: 3D-model sprednje ojačitve vretenjaka | 18 |
| Slika 16: 3D-model zadnje ojačitve vretenjaka | 19 |
| Slika 17: 3D-model vpenjalne glave..... | 20 |
| Slika 18: Komplet linearne tehnike..... | 22 |
| Slika 19: 3D-model glavnih vodil | 23 |
| Slika 20: 3D-model linearnih puš | 24 |
| Slika 21: 3D-model višinske razlike puš in cevi..... | 24 |
| Slika 22: 3D-model podlog | 25 |
| Slika 23: 3D-model krogličnega vretena | 26 |
| Slika 24: 3D-model sedla | 27 |
| Slika 25: 3D-model prečnega suporta..... | 28 |
| Slika 26: Mali suport z držalom za orodje | 29 |
| Slika 27: 3D-model spodnjega dela mize..... | 29 |
| Slika 28: 3D-model srednjega dela mize..... | 30 |
| Slika 29: 3D-model mize | 30 |
| Slika 30: 3D-model spodnjega dela podnožja malega suporta | 31 |
| Slika 31: 3D-model podnožja malega suporta | 31 |
| Slika 32: 3D-model stružnice z vsemi komponentami..... | 32 |
| Slika 33: Vreteno stružnice | 33 |
| Slika 34: Zadnja ojačitev vretenjaka..... | 35 |
| Slika 35: Sprednja ojačitev vretenjaka | 35 |
| Slika 36: Stružnica s posteljico in vodili sedla | 36 |
| Slika 37: Stružnica s krogličnim vretenom sedla..... | 36 |
| Slika 38: Umerjanje vpetja brušenega jeklenega valja..... | 37 |
| Slika 39: Stružnica s sedlom | 37 |
| Slika 40: Stružnica s pritrjenim prečnim suportom | 38 |
| Slika 41: Miza in podnožje malega suporta..... | 38 |

| | |
|---|----|
| Slika 42: Končna sestava stružnice | 39 |
| Slika 43: Stružena ročka za pomik sedla | 39 |
| Slika 44: Priprava za rezkanje | 40 |
| Slika 45: Rezkan zaklep vrat | 40 |

KRATICE

- CNC: Computer numerical control – avtomatizirano krmiljenje stroja z računalnikom
- 3D: Tridimenzionalni prostor

1 UVOD

Stružnica je obdelovalni stroj, ki se v veliki meri uporablja za izdelavo rotacijskih teles. Obdelovanec se vrti okoli svoje osi, kar nam omogoča, da z različnim orodjem izvajamo operacije, kot so rezanje, brušenje, vrtanje in podobno. Tak princip obdelovanja se uporablja že tisočletja in je v današnji dobi nepogrešljiv.

Glavni cilj diplomskega dela je predelava enostavne stružnice za les v stružnico za kovino. Stružnica za les nam ni v veliko korist, zato smo se odločili za nadgradnjo. Predelan stroj bo bolj natančen in večnamenski, zato bo tudi bolj v uporabi. Namen diplomskega dela je izobraževalne narave, poglobitev znanja razvoja in računalniškega modeliranja. Izdelati je treba 3D-model stroja z vsemi potrebnimi komponentami in ga tudi izvesti.

Stroj bomo izdelali za osebne potrebe domače delavnice. Pripomogel bo k vzdrževalnim delom na strojih in objektih ter pri izdelavi kasnejših projektov. Velikokrat se je že zgodilo, da bi nam omenjeni stroj olajšal nekatere postopke izdelave, zato smo se morali za podobne storitve zanašati na tretjo osebo oziroma smo k problemom pristopili na drugačen način, ki pa ni bil vedno optimalen.

Najpomembnejša omejitev pri diplomskem delu je osnova stroja, ki je majhna in lahka, stružnice za kovino pa so po naravi težje in bolj toge, pri čemer bi radi ohranili osnovni videz stroja. Pri obdelavi obdelovancev na stružnici pride do velikih rezalnih sil, ki jih bomo kasneje podrobneje obravnavali. Stroj je treba izdelati tako, da je sposoben prenesti sile med delovanjem, ker v nasprotnem primeru prihaja do močnih vibracij stroja in posledično slabe kakovosti izdelkov.

V diplomskem delu je predvsem uporabljena opisna metoda. Opisali bomo trenutno stanje obstoječe stružnice Einhell TC-WW 1000/1 in teoretični del diplomskega dela. Nato bomo nadaljevali z opisom praktičnega dela, predelavo stružnice.

2 STRUŽNICA

V diplomskem delu bomo predstavili predelavo enostavne stružnice za les v stružnico za kovino. Kaj pa stružnica sploh je? Aberšek (1995) v knjigi Tehnologija in obdelava kovin piše, da je stružnica stroj, na katerem se izvaja postopek obdelave z odrezovanjem, kjer v glavnem izdelujemo valjaste predmete. Z novejšimi postopki je možna tudi izdelava predmetov z drugačnimi oblikami, ki pa morajo biti vsaj v osnovi rotacijska telesa.

Pri stružnici opravlja obdelovanec glavno krožno gibanje, medtem ko podajanje, globino reza in ostala pomožna gibanja opravlja orodje.

Na stružnici uporabljamo različne tehnologije odrezovanja, kot so rezanje, vrtanje in brušenje. Tako skoraj ni delavnice brez tega obdelovalnega stroja.

Stružnice najdemo v več vrstah in oblikah, ki so prilagojene obdelovancem. Katero stružnico potrebujemo, je odvisno od tega, s kakšnim materialom imamo opravka, kakšne so dimenzije obdelovancev in v končni fazi, za kako veliko serijo izdelkov jo potrebujemo.

Glede na glavne dele in njihovo razmestitev razlikujemo predvsem naslednje osnovne vrste stružnic:

- univerzalne,
- čelne,
- karuselske,
- revolverске.

Iz navedenih osnovnih oblik so se razvile tudi kopirne, avtomatske in numerično krmiljene stružnice.



Slika 1: Karuselska stružnica
(Vir: Machineseeker, 2026)



Slika 2: Numerično krmiljena stružnica
(Vir: DN Solutions, 2026)

Ker je tema diplomskega dela predelava stružnice za les v univerzalno stružnico za kovino, bomo v naslednjih podpoglavjih predstavili zgodovino stružnic in njihovo uporabo danes. Nato bo sledilo poglavje, kjer bomo predstavili stružnico za les in univerzalno stružnico za kovino ter njune razlike. Zaključili pa bomo s poglavjem o stružnih silah.

Zadnji dve poglavji bosta podlaga za praktični del diplomskega dela.

2.1 Zgodovina

Stružnice so prav gotovo najstarejši obdelovalni stroji, ki jih še danes največ uporabljamo.

Najstarejša upodobitev stružnice izvira iz 4. stoletja pred našim štetjem. Upodobitev so odkrili v Egiptu, v grobnici Petosirisa. Artefakt iz 13. ali 14. stoletja pred našim štetjem, ki so ga našli na mikenskem grškem najdišču, po načinu izdelave spominja na tehnologijo struženja, vendar to ni stoođstotno potrjeno. Bolj zanesljivo o uporabi struženja govorijo artefakti, odkriti v severni Italiji, iz 6. stoletja, kjer so v etruščanski grobnici našli fragmente lesene sklede. Tudi v Turčiji so odkrili dve ploščati leseni posodi iz istega stoletja z okrasnimi struženimi robovi. To dokazuje, da stružnice obstajajo že tisočletja in da smo s sodobno tehnologijo le nadgradili že dolgo obstoječi stroj (Wikipedia, b. l. b).

Precizne stružnice so se začele počasi razvijati pred industrijsko revolucijo, k čemur je pripomoglo več posameznikov. Med bolj opaznimi je na primer ruski inženir Andrey Nartov, ki je leta 1718 izumil morda prvo stružnico z mehansko vodenim sedlom. Kasneje so na osnovi njegovih izumov izdelali tudi precizne stružnice za struženje navojev, katerih princip delovanja se je obdržal vse do 20. stoletja (Wikipedia, b. l. b).



*Slika 3: Nartova kopirna stružnica iz leta 1721
(Vir: Wikipedia, b. l. a)*

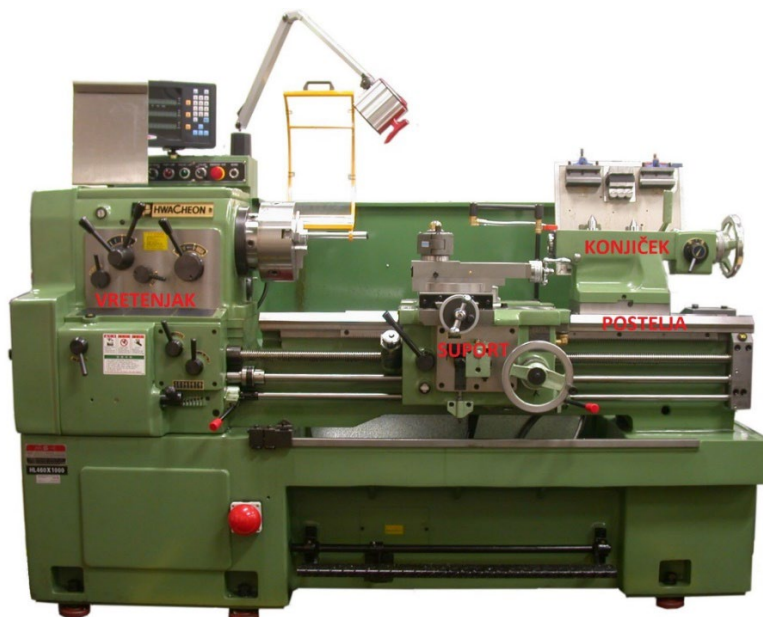
S pojavom industrijske revolucije se je zgodil tudi velik napredek pri razvoju stružnic. Z mehaniziranim pogonom so se razvile v težje stroje z debelejšimi in bolj togimi deli. Sprva so stružnice poganjala vodna kolesa in parni stroji, konec 19. stoletja pa so jih začeli poganjati elektromotorji (Wikipedia, b. l. b).

Od petdesetih let prejšnjega stoletja so se za krmiljenje stružnic začeli uporabljati numerično krmiljeni servomehanizmi, kar je hitro privedlo do računalniško numerično krmiljenih stružnic, ki jih označujemo s kratico CNC. Danes v predelovalni industriji sobivajo ročno krmiljene in CNC-stružnice (Wikipedia, b. l. b).

2.2 Univerzalna stružnica za kovino in stružnica za les

Univerzalno stružnico za kovino sestavljajo štiri glavni deli:

- vretenjak,
- postelja,
- suport,
- konjiček.



*Slika 4: Univerzalna stružnica za kovino
(Vir: Wikipedia, b. l. b)*

Priročnik za kovinarje (Skuhala, 1974) in Aberšek (1995) v knjigi Tehnologija in obdelava kovin glavne sestavne dele opišeta kot:

Vretenjakova glavna naloga je, da posreduje vrtilno gibanje pogonskega motorja na vreteno stružnice in ji omogoča različne vrtilne hitrosti. Po navadi je vretenjak zaprto ohišje, v katerem je vležajeno glavno vreteno in ostale gredi z zobniki. Včasih je nanj pritrjen tudi elektromotor.

Postelja stružnice združuje vse dele stružnice, zato mora biti dovolj toga in močna, da se ne deformira pri obremenitvi. S svojimi vodili omogoča dobro vodenje suporta in konjička.

Suportova osnovna naloga je, da nosi orodje, ki mu omogoča vzdolžno in prečno gibanje ter gibanje pod kotom. Celoten suport je sestavljen iz treh sklopov:

1. Glavni vzdolžni suport, ki mu rečemo sani. Vgrajeno ima ohišje, v katerem so gredi in zobniki za ročne in strojne pomike.
2. Na glavnem vzdolžnem suportu je nameščen prečni suport. Prek vodil v obliki lastovičjega repa ga lahko pomikamo ročno ali strojno.
3. Na prečni suport je nameščen mali suport, ki ga lahko vrtimo okoli njegove navpične osi. Uporablja se za fino nastavljanje noža in za struženje pod kotom. Pomik je možen le ročno.

Konjiček pri struženju uporabljamo kot oporo daljšim obdelovancem in za vrtanje lukenj. Konjiček ima na sprednjem delu pinolo s konusom, v katero lahko vstavimo konico, zasredilni ali spiralni sveder. Pomikamo ga lahko vzdolž stružnice po vodilih postelje, za fino nastavitvev pa uporabimo ročno kolo, ki premika pinolo.

Tukaj je treba omeniti še en del, ki je zelo pomemben za delo na stružnici, in to je vpenjalna glava. Najbolj razširjene so vpenjalne glave s čeljustmi, med katere vpnemo obdelovanec. Obstaja tudi vpetje s plano ploščo za večje in nesimetrične kose ter vpenjanje med konicami za vpenjanje daljših obdelovancev.

Opisali smo glavne sestavne dele univerzalne stružnice za kovino, zdaj pa si pogloblje oglejmo primer stružnice za les.



Slika 5: Stružnica za les
(Vir: Techsoft, 2026)

Hitro opazimo, da imata stružnici skupne štiri glavne sklope, vendar je njihova izvedba zelo različna. Stružnica za les je namenjena izdelavi z ročnim orodjem, kjer natančnost ni tako pomembna kot pri izdelavi izdelkov na stružnici za kovino. Tudi sile pri struženju lesa so precej manjše kot pri struženju kovine.

Vreteno, postelja in konjiček imajo pri lesni stružnici enake naloge, kot je opisano zgoraj za univerzalno stružnico za kovino. Največjo razliko pa opazimo pri suportu. Stružnica za les ima namreč le kovinsko naslonjalo, brez kakršnih koli vodil in ročic. Preprosto vpnemo lesen obdelovanec, dleto naslonimo na naslonjalo in začnemo s struženjem.

Za struženje na lesni stružnici uporabljamo tudi vse tri zgoraj naštetе vpenjalne priprave.

2.3 Stružne sile

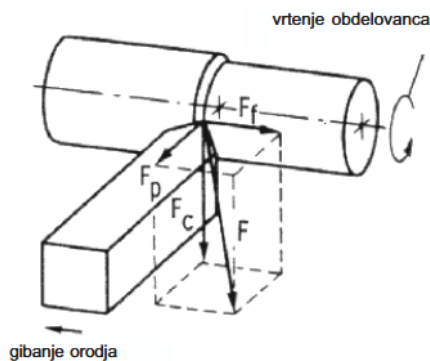
Pri struženju ne smemo zanemariti vpliva rezalnih sil, ki se pojavljajo med obdelavo. V poglavju bomo predstavili osnovne lastnosti sil in njihov pomen za nadgradnjo naše stružnice. Pogledali si bomo tudi razmerje v velikosti sil, ki se pojavljajo med struženjem različnih materialov.

»Odrezovalno silo orodja F , ki mora premagovati rezalni odpor materiala, sestavljajo tri komponente« (Kraut, 2019):

- podajalna sila F_f ,
- odrivna sila F_p ,
- glavna sila F_c .

$$F = \sqrt{F_f^2 + F_p^2 + F_c^2}$$

Rezultanta rezalnih sil oziroma odrezovalna sila orodja F je odvisna od smeri gibanja orodja in obdelovanca.



Slika 6: Rezalne sile pri struženju
(Vir: Kopač, 2002)

Najpomembnejša je glavna sila F_c , ki je po navadi tudi največja in odločilna za porabo moči pri odrezovanju. Na natančnost in kakovost odrezovanja veliko vpliva tudi odrivna sila F_p , najmanjši poudarek pa je na podajalni sili F_f , ki je od vseh treh tudi najmanjša.

Za teoretično računanje glavne sile F_c se najpogosteje uporablja izračun s pomočjo specifične rezalne sile.

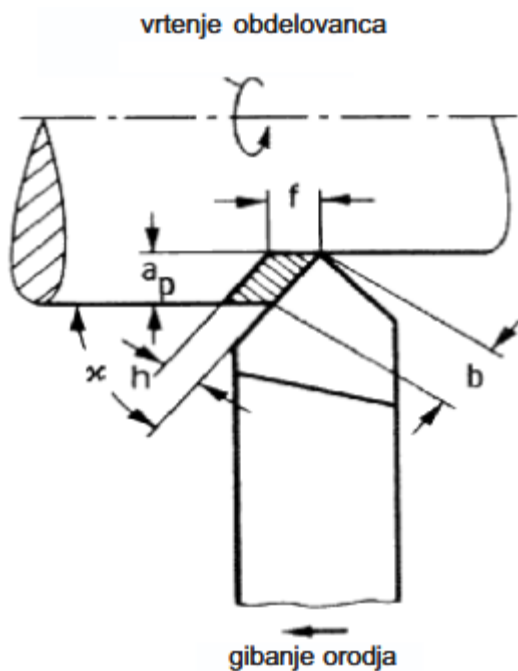
$$F_c = A_c \cdot k_c$$

$$F_c = b \cdot h \cdot k_c = b \cdot h \cdot k_{c1x1} \cdot h^{(-m_c)}$$

$$F_c = b \cdot k_{c1x1} \cdot h^{(1-m_c)}$$

$$b = a_p / \sin x$$

$$h = f \cdot \sin x$$



Slika 7: Razmere pri struženju
(Vir: Kopač, 2002)

Za primer si izračunamo razmerje glavnih sil pri odrezovanju jekla E295 in aluminijevih zlitin. Za izračun predpostavljamo, da uporabljamo identično orodje in da je širina odrezka enaka, kar nam močno poenostavi spodnjo enačbo.

$$\frac{F_{cFe}}{F_{cAl}} = \frac{b \cdot k_{c1x1Fe} \cdot h^{(1-m_{cFe})}}{b \cdot k_{c1x1Al} \cdot h^{(1-m_{cAl})}}$$

V strojniškem priročniku v tabeli poiščemo ustrezne vrednosti za standardni specifični rezalni sili k_{c1x1} in potenčna eksponenta m_c . Ker sta omenjena potenčna eksponenta precej enakovredna, se pri našem grobem izračunu odločimo še za dodatno poenostavljenost enačbe.

$$\frac{F_{cFe}}{F_{cAl}} \cong \frac{k_{c1x1Fe}}{k_{c1x1Al}} = \frac{1990}{640} \cong 3.11$$

Za dana materiala, jeklo E295 in aluminijevo zlitino, lahko grobo ocenimo, da se pri struženju jekla E295 pojavlja približno trikrat večja odrezovalna sila orodja kot pri aluminijevih zlitinah.

Za zgornji izračun smo se odločili, ker je tema našega diplomskega dela predelava stružnice za les v stružnico za kovino. Bolj smiselno bi bilo v tem primeru izračunati razmerje sil struženja jekla in lesa, vendar pa tukaj nastopi problem, ker je les naraven in nehomogen material, zato podoben izračun ni mogoč.

Dobro je znano, da je les precej mehkejši material od jekla in aluminijevih zlitin, zato predpostavljamo, da je razmerje stružnih sil med jeklom in lesom precej večje. Iz tega sklepamo, da bo za potrebe našega diplomskega dela treba poskrbeti, da bo naša predelana stružnica te sile zmožna prenesti.

3 OBSTOJEČE STANJE



Slika 8: Einhell TC-WW 1000/1
(Vir: Einhell, 2026)

Slika 8 najbolje opiše obstoječe stanje. Gre za enostavno lesno stružnico, namenjeno za enostavnejše lesene ali plastične izdelke. Razvidni so sestavni deli stružnice, ki smo jih že omenili v teoretičnem poglavju Univerzalna stružnica za kovino in stružnica za les.

Sestavni deli so:

- vretenjak,
- postelja,
- suport (naslon),
- konjiček,
- vpenjalna plana plošča.

3.1 Pomanjkljivosti

Pomanjkljivosti stružnice za naše diplomsko delo razdelimo v štiri sklope:

- konstrukcija,
- vpetje,
- rezilno orodje,
- vreteno.

Konstrukcijsko gledano je osnova stružnice zelo slaba, tudi za namen, za katerega se oglašuje. Kvadratne cevi in pločevinasto ohišje, ki jih vidimo na sliki 8 v prejšnjem poglavju, so debeline dveh milimetrov. Stružnica ima možnost pritrditve po celotni dolžini postelje, vendar menimo, da manjka dodatna pritrditev pod vretenjakom.

Vpetje obdelovanca na osnovni stružnici predstavlja enostavna plana plošča, to je ravna plošča z luknjami, skozi katere z lesnimi vijaki pritrdimo obdelovanec. Za potrebe diplomskega dela bomo potrebovali vpenjalno glavo s čeljustmi, kakršne se po navadi uporabljajo za vpetje na klasičnih stružnicah za kovino.

Rezilno orodje na lesni stružnici je po navadi dleto, ki ga naslonimo na suport (naslon) za orodje in obdelujemo les. V našem primeru, kjer izdelujemo stružnico za kovino, nam ta oblika supporta (naslona) žal ne koristi. Stroju bo treba izdelati suport, kakršnega smo opisali v poglavju Univerzalna stružnica za kovino in stružnica za les.

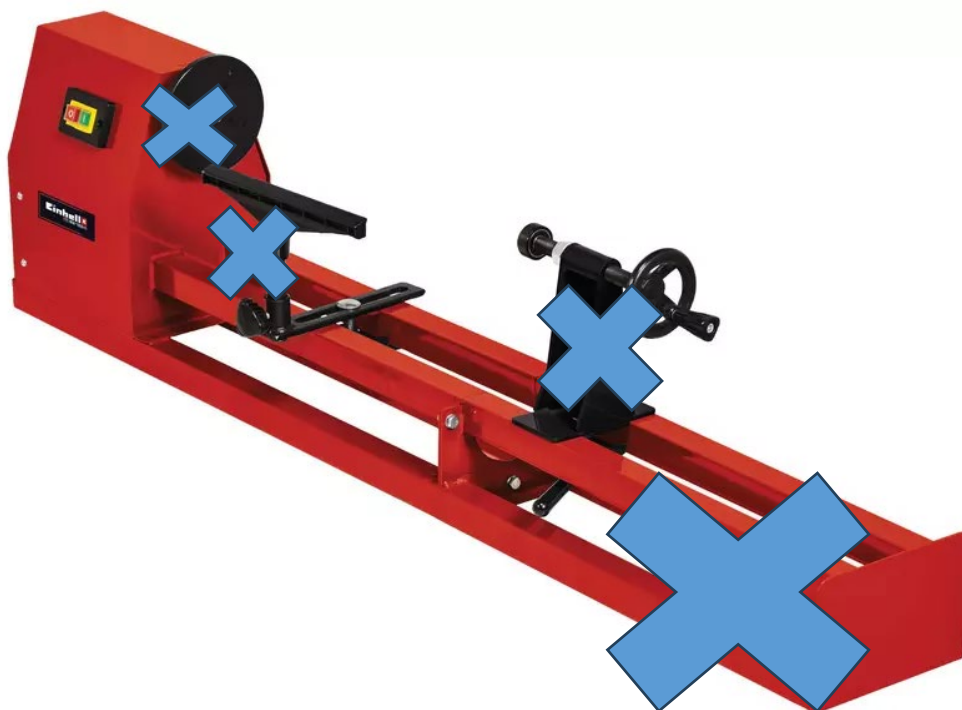
Vreteno stružnice ima po svoji dolžinski osi en milimeter zračnosti, kar se s pritiskom konjička na obdelovanec sicer uspešno prikrije, vendar pri struženju brez konjička prihaja do velikih vibracij.

4 PRAKTIČNI DEL

Začelo se je z željo po stružnici za kovino. V domači delavnici se je nekje na vrhnji polici nabiral prah na pred leti kupljeni enostavni stružnici za les, ki ni bila ravno za odpad, v uporabi pa tudi ni bila. Po daljšem premisleku smo se odločili, da bi bil to odličen projekt za izdelavo diplomskega dela in poglobitev znanja razvoja ter računalniškega modeliranja.

Zaradi preglednosti dela smo se odločili to poglavje razdeliti na štiri podpoglavja, čeprav delo ni potekalo v strogo enakem vrstnem redu.

Začnemo tam, kjer je najlažje. Odstranimo vse komponente, ki jih za diplomsko delo ne potrebujemo.

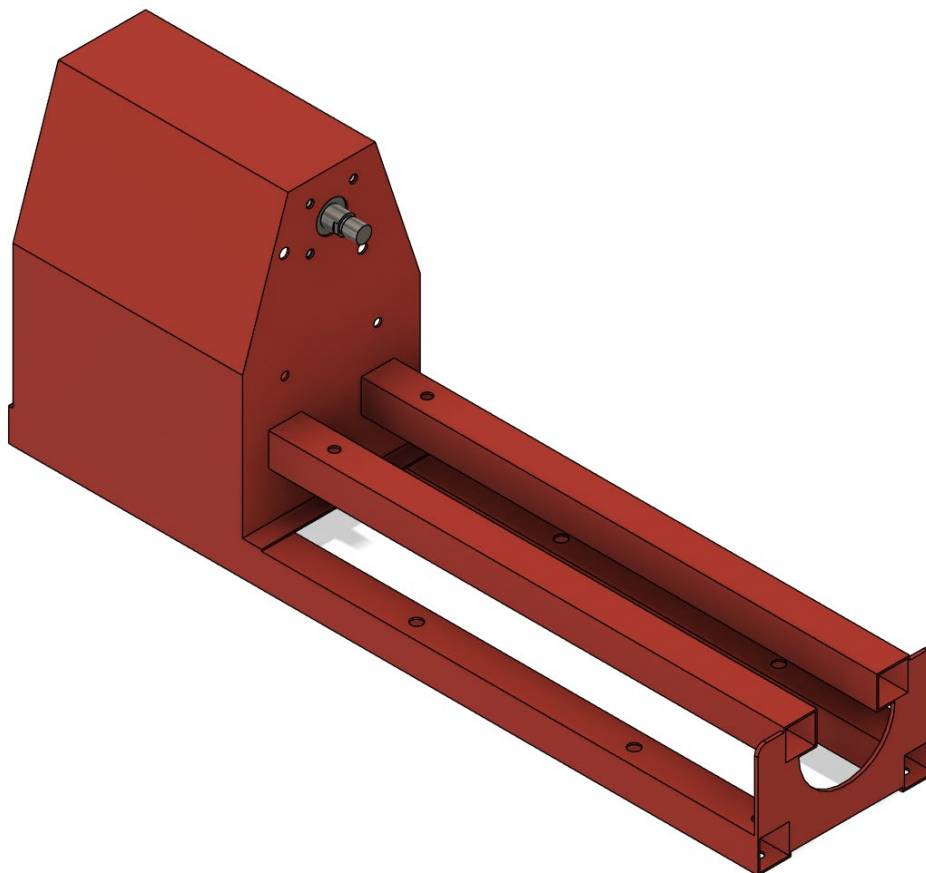


Slika 9: Einhell TC-WW 1000/1 z označenimi komponentami za odstranitev
(Vir: Einhell, 2026)

Odstranimo vpenjalno plano ploščo, suport (naslon), konjička in podaljšek stružnice, da nam ostaneta samo postelja in vretenjak. Konjička za potrebe diplomskega dela ne izdelujemo.

Nato moramo izdelati računalniški 3D-model, kar bo osnova za našo nadgradnjo.

Na spletu poiščemo ustrezen program za računalniško modeliranje. Izberemo Autodesk Fusion, saj omogoča brezplačno osebno uporabo. Po krajšem učenju uporabe programa začnemo z risanjem našega 3D-modela.



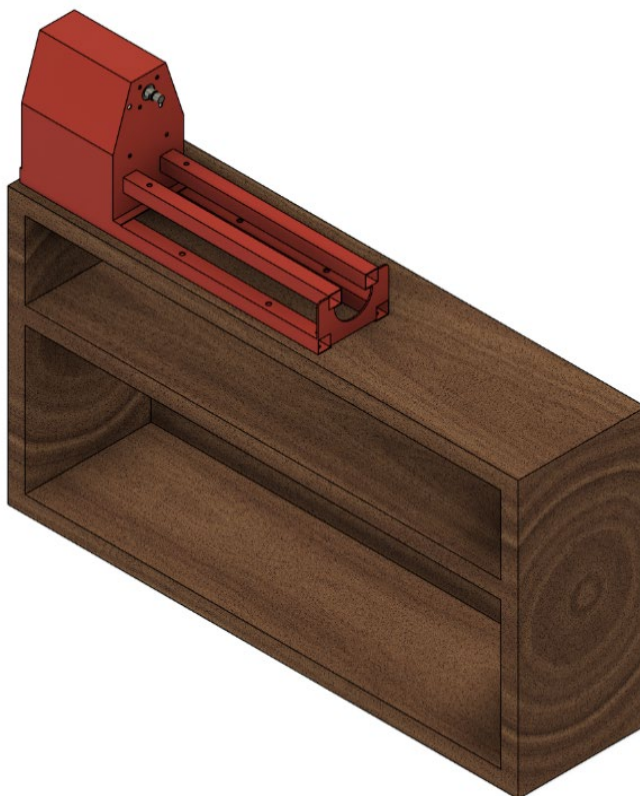
*Slika 10: 3D-model začetne osnove
(Lastni vir)*

4.1 Konstrukcija

V poglavju Kritična analiza smo omenili, da nismo zadovoljni z obstoječo konstrukcijo. Menimo, da mora biti stružnica težja in bolj robustna, radi pa bi ohranili osnovni videz. Ena od možnosti, ki se nam je sprva ponujala, je bila, da bi nekako zapolnili cevi, s tem pa bi jih ojačali in pridobili na teži. Vstavljanje manjše debelostenske cevi smo hitro opustili, ker smo menili, da bi se nova cev po vsej verjetnosti zataknila nekje na pol poti, pri odpravljanju napake pa bi hitro lahko prišlo do poškodbe osnovne konstrukcije. Druga možnost, ki smo jo pretehtali, je bila vlivanje finega betona v cevi, vendar so bili razlogi za opustitev podobni prvi možnosti.

Na koncu smo se odločili, da stružnico konstrukcijsko ojačamo z dodajanjem novih komponent na že obstoječe stanje in jo dobro pritrdimo. V primeru napake ali če stvar ne bi delovala, bi osnova ostala nepoškodovana, če odštejemo nekaj manjših lukenj.

Za pritrditev smo se odločili za izdelavo močnega regala, ki ga pritrdimo tudi v steno delavnice.



*Slika 11: 3D-model regala
(Lastni vir)*

Masivni regal bo s svojo močno konstrukcijo prenesel in ublažil velik del vibracij, ki se bodo pojavljale med obratovanjem stroja. S pritrditvijo še nekoliko počakamo in razmišljamo naprej. Vemo, da bo treba vodila in sani nekam pritrditi, in ker nam trenutno stanje tega ne omogoča najboljše, se odločimo utrditi posteljo stružnice.

Na našo srečo imamo v delavnici velik kos jeklene plošče debeline 15 milimetrov, ki po svoji dolžini ustreza dolžini postelje med zgornjimi in spodnjimi cevmi. Težak je po izračunu približno 26 kilogramov, kar bi bistveno pripomoglo k ojačitvi stružnice.

Naletimo pa na težavo. Plošča je mehansko poškodovana zaradi uporabe improviziranega nakovala. Ker mora ta del stroja predstavljati temelj, na katerem

bomo gradili, mora biti brezhiben. Zavedamo se, da se bodo napake med delom seštevale, zato smo se, kljub želji, da bi nalogo izvedli brez zunanjih izvajalcev, odločili za njihovo pomoč, saj lahko delo opravijo kakovostneje. Obrnili smo se na sodelavce orodjarje iz podjetja MVA d. o. o., ki so nam s ploskovnim brusilnim strojem izravnali ploščo.

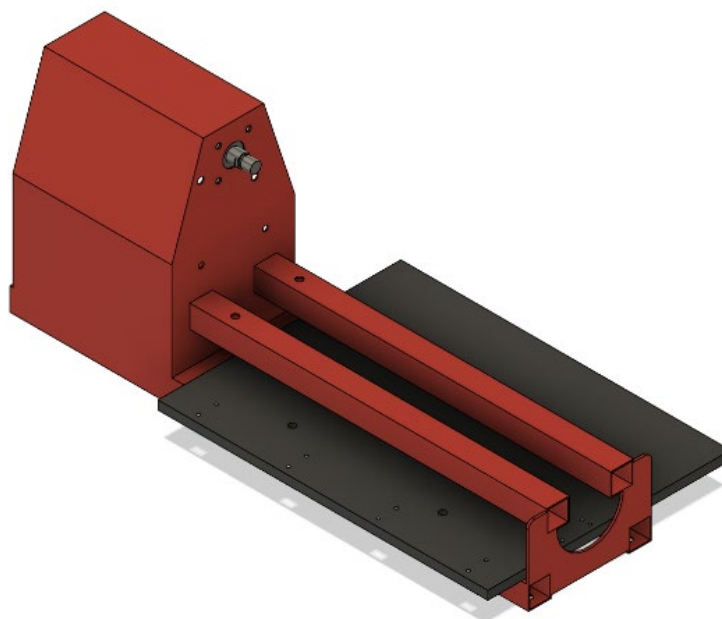


*Slika 12: Ploskovno brušenje
(Lastni vir)*



*Slika 13: Merjenje ravnosti
(Lastni vir)*

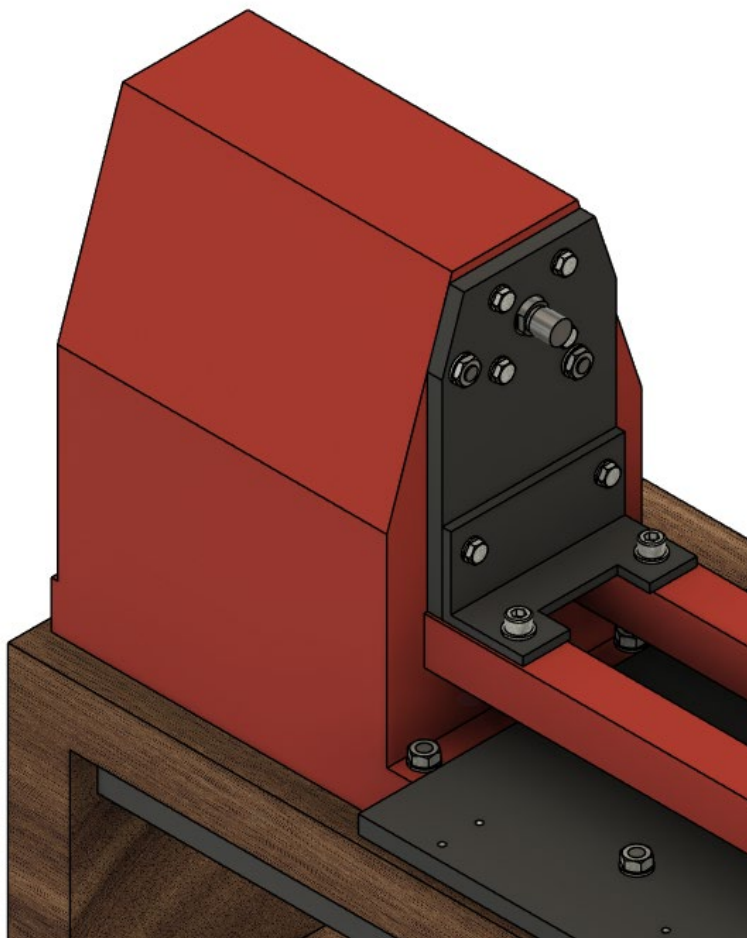
S slike 12 je razvidno, kako neravna je bila plošča pred brušenjem. Po brušenju smo z merilno napravo preverili ravnost plošče. Slika 13 prikazuje največje odstopanje, ki meri 0,219 milimetra, povprečno pa odstopa 0,106 milimetra. Zaradi magnetnega načina pritrditve pri brušenju plošča še vedno ostane nekoliko valovita, vendar je to za potrebe diplomskega dela zelo dobro.



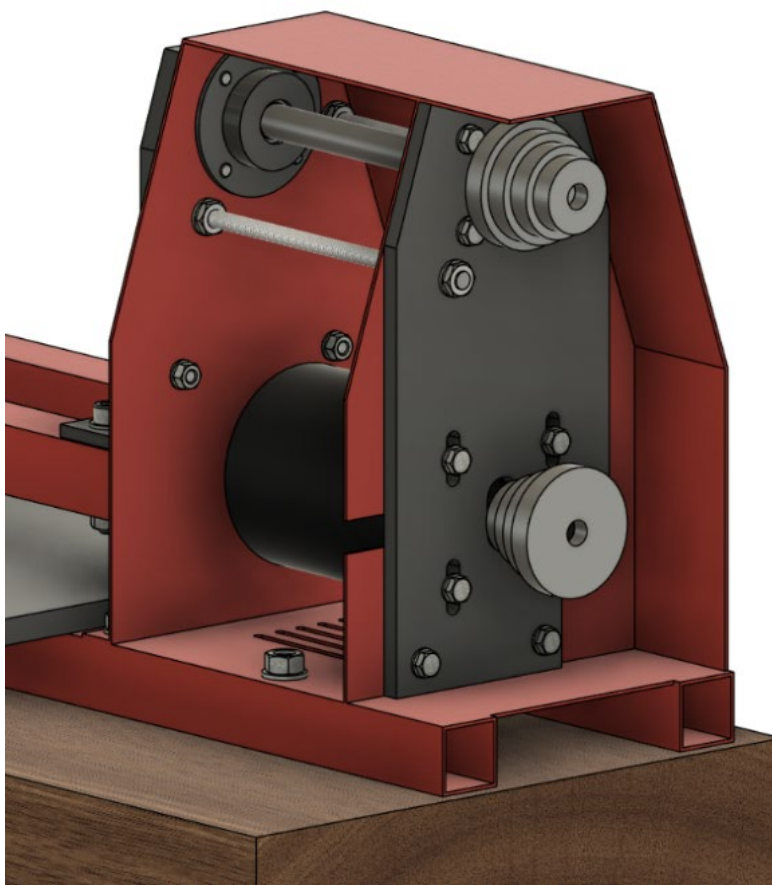
*Slika 14: 3D-model posteljice
(Lastni vir)*

Na tej točki smo se lotili izdelave suporta, vendar bomo zaradi preglednosti diplomskega dela nadaljevali z opisovanjem konstrukcijske izboljšave.

Postelja stružnice in pritrditev stroja se nam zdita ustrezni, treba je še ojačati vretenjak. Odločimo se za odebelitev obstoječih sten, na katere so pritrjena ohišja ležaja in pogonski motor. Sprednji del vretenjaka pri vpenjalni glavi pridobi debelino 12 milimetrov. Zadnji del, na katerega je pritrjen pogonski motor, pa 10 milimetrov, kar je maksimalna debelina, ki nam jo dopuščajo pogonske jermenice. Sprednjo ojačitev podpremo z močnim kotnikom na zgornji cevi osnovne konstrukcije. Prvotni vretenjak je imel povezavo med sprednjo in zadnjo stranico, ki jo zamenjata dve močni navojni palici M10.



*Slika 15: 3D-model sprednje ojačitve vretenjaka
(Lastni vir)*



Slika 16: 3D-model zadnje ojačitve vretenjaka
(Lastni vir)

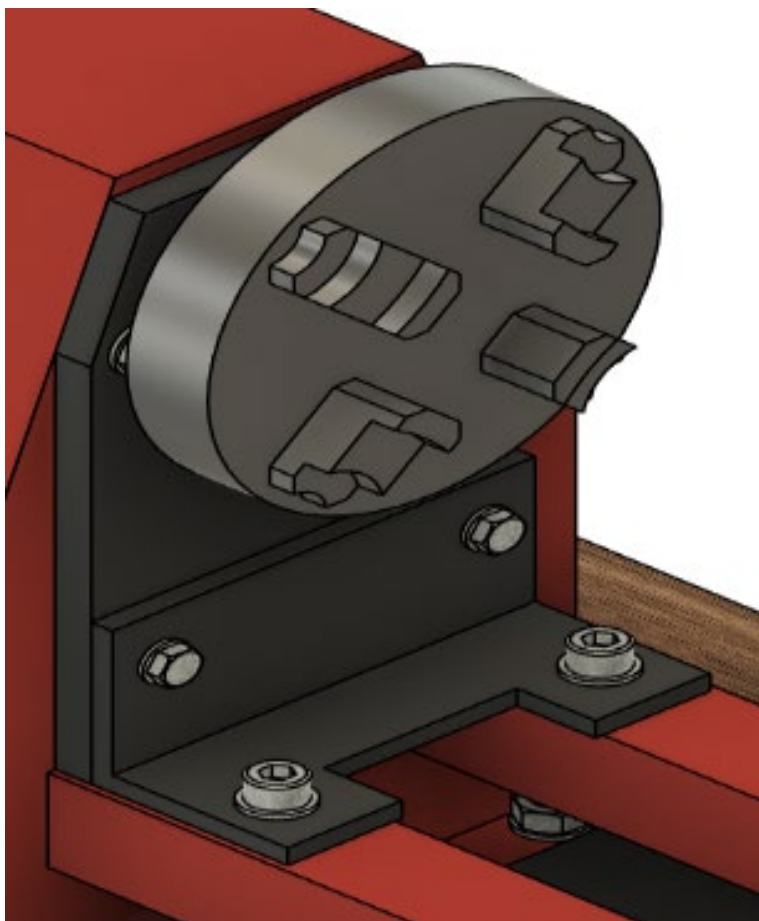
4.2 Vpetje

Pri struženju je zelo pomembno vpetje obdelovanca. Dobro vpetje zagotavlja varnost pri delu in poskrbi za kakovostno obdelavo. Z nakupom stružnice dobimo dve vpenjalni pripravi. Ena je jeklena konica, ki jo uporabimo pri struženju lesa. Deluje na preprost način, in sicer tako, da obdelovanec s konico konjička pritisnemo na vpenjalno konico. Na ta način obdelujemo daljše obdelovance, na primer noge za stol ali mizo. Druga vpenjalna priprava je plana plošča z luknjami, skozi katere z lesnimi vijaki vpneemo večji kos lesa, ki ga nato lahko obdelujemo brez konjička. Tak princip se uporablja za izdelavo lesenih skled, lončkov in podobno.

Za struženje kovine nam ne koristi nobeden od zgoraj naštetih načinov vpetja. Načeloma se v praksi uporablja vpetje med dvema konicama in plana plošča tudi za kovino, vendar nam za namen diplomskega dela to ne pride v poštev, poleg tega pa konica in plošča, ki ju imamo, nista namenjeni pritrditvi kovinskih obdelovancev.

Razmišljamo o nakupu tričeljustne vpenjalne glave, kot jih po navadi srečamo na klasičnih stružnicah. Ugotovimo, da bi morali za montažo takšne vpenjalne glave močno poseči v vreteno našega obstoječega stroja. Po navadi imajo stružnice na koncu vretena za pritrnitev vpenjalne glave okrogel nastavek, ki natančno nalega na zadnjo stran vpenjalne glave, ta pa sta povezana s tremi vijaki. Naše vreteno ima namesto okroglega nastavka samo navoj M18.

Počasi se nagibamo k rešitvi, da bi za naše vreteno izdelali nastavek za vpenjalno glavo, vendar nas hkrati skrbita dodatna obremenitev motorja zaradi dodane teže ter ponovno iskanje zunanjega izvajalca. V tem trenutku po naključju preverimo spletno mesto proizvajalca Einhell in ugotovimo, da je možno kot dodatno možnost za naš model stružnice kupiti štiričeljustno vpenjalno glavo. Nismo ravno navdušeni nad izdelkom, saj je treba vsako čeljust posebej prilagajati, poleg tega pa je izdelek cenovno ustrezno izdelan, vendar smo se vseeno odločili, da jo preizkusimo.



*Slika 17: 3D-model vpenjalne glave
(Lastni vir)*

4.3 Rezilno orodje

Stružnico smo konstrukcijsko ojačali in poskrbeli za dobro vpetje obdelovanca. Zdaj moramo do obdelovanca pripeljati še orodje. Odstranili smo suport (naslonjalo) za orodje, ki je primerno za struženje lesenih izdelkov z dletom. V primeru, da bi isti način obdelave uporabili za struženje kovine, ne bi prišli daleč. Po vsej verjetnosti bi nam dleto odneslo iz rok ali pa bi se celo zlomilo in nas poškodovalo.

Izdelati moramo močan suport, s katerim bi prek ročic natančno usmerjali naše orodje. V poglavju Univerzalna stružnica za kovino in stružnica za les smo omenili, da so supporti stružnic za kovino sestavljeni iz treh delov: vzdolžnega, prečnega in malega supporta, ki za svoje pomike potrebujejo dobra vodila in vretena. Posvetujemo se z orodjarji iz podjetja MVA d. o. o. in na spletu preverimo, kako so se s tovrstnimi primeri spoprijeli drugje. Med prvimi zadetki na spletu, ko vpišemo linearna tehnika, odkrijemo spletno trgovino Tuli d. o. o., ki ponuja veliko rešitev za naš projekt. Počasi začnemo zbirati komponente in jih tudi vstavljamo v naš 3D-model, vendar kmalu ugotovimo, da je za potrebe diplomskega dela cena previsoka. Gre za visokokakovostne izdelke, ki pa so za nas cenovno neugodni.

Odločimo se za nadaljevanje raziskave in hitro ugotovimo, da obstajajo rešitve linearne tehnike slabše kakovosti, ki pa so hkrati za faktor deset cenejše. Zavedamo se, da izdelki niso vrhunski, vendar menimo, da sami ne bi izdelali boljših.



Slika 18: Komplet linearne tehnike
(Vir: Amazon, 2026)

Na spletni trgovini Amazon naročimo dva kompleta dolžine 400 in 500 milimetrov.

Komplet zajema:

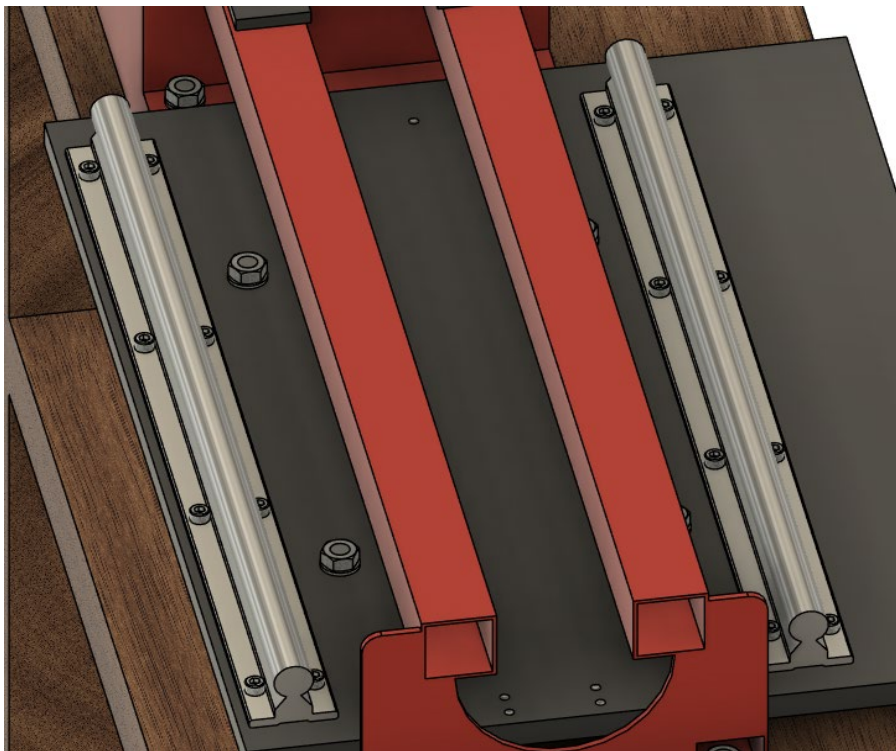
- dve linearni vodili s podporo,
- štiri linearne puše z odprtim ohišjem,
- kroglično vreteno,
- kroglično matico,
- ohišje za kroglično matico,
- podporo za plavajoče vpetje,
- podporo za fiksno vpetje,
- vijake.

Po prejemu paketa preverimo zračnost linearnih puš in vodil. S kakovostjo izdelkov smo zelo zadovoljni. Zračnost lahko prilagajamo z vgrajenimi vijaki na linearnih pušah.

Začnemo s pritrjevanjem linearnih vodil. Postopek je dokaj preprost. Na posteljo stružnice odmerimo, označimo in izvrtamo luknje za navoje M6, kamor pritrdimo vodili

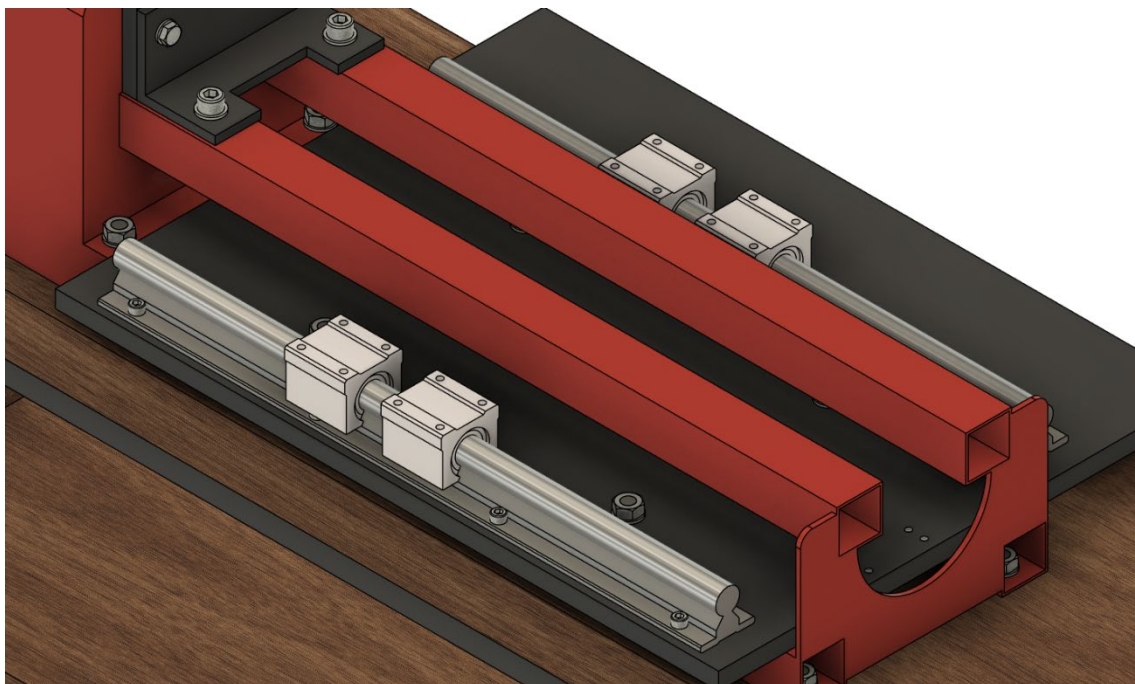
dolžine 500 milimetrov, nato pa ročno vrežemo navoje. V tem delu diplomskega dela smo posebej pozorni na natančnost izdelave, saj morajo biti vodila čim bolj vzporedna. Vodila nato pritrdimo.

Na slikah 19–25 ter 27–32 so uporabljeni tudi 3D modeli vodil, puš in podpor krogličnih vreten, pridobljeni s spletne strani Tuli (2024).

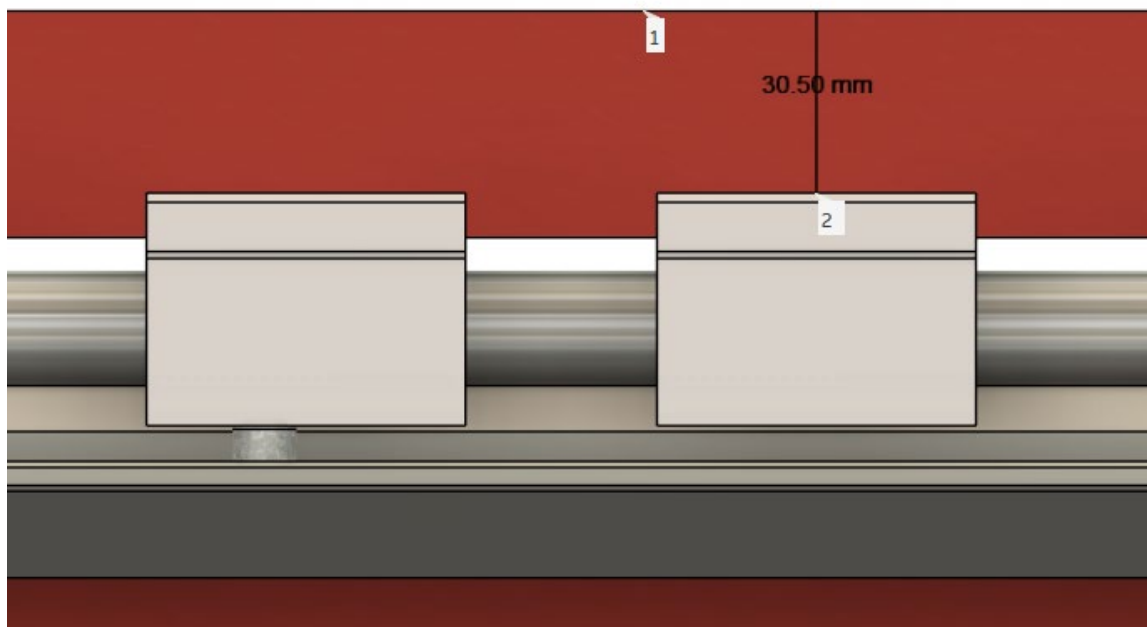


*Slika 19: 3D-model glavnih vodil
(Lastni vir)*

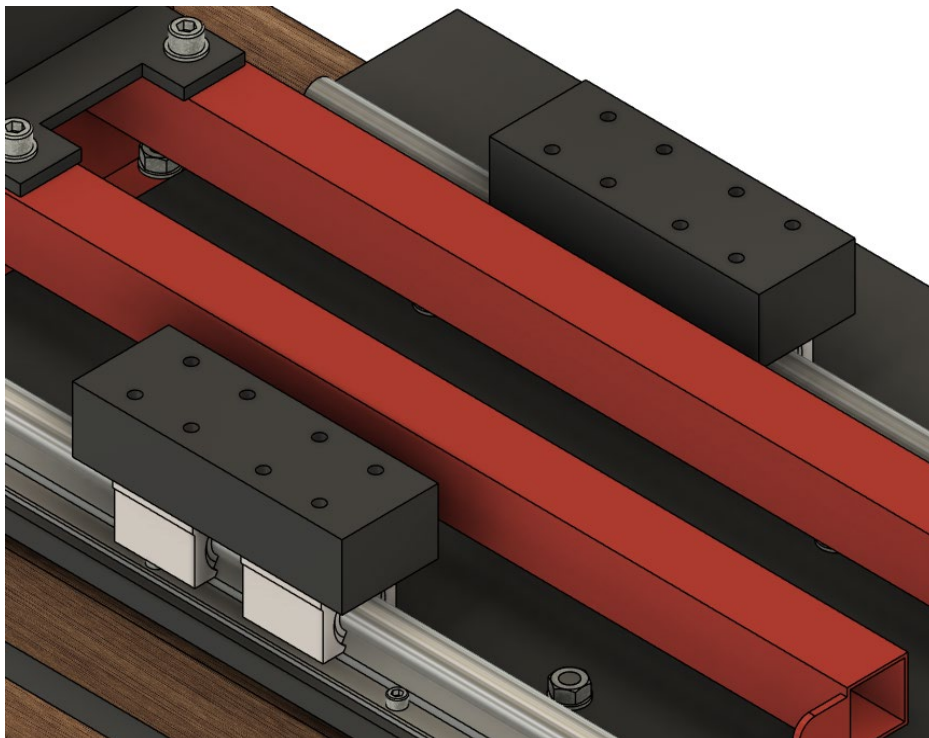
Po pritrditvi vodil vstavimo linearne puše na vodila in ocenimo situacijo. Opazimo, da bo zaradi zgornjih obstoječih cevi na stružnici treba izdelati podlogi, da se dvignemo nadnje. Višinska razlika med zgornjim delom linearne puše in zgornjim delom cevi znaša 30,5 milimetra. Podlogi se odločimo izdelati iz debelostenskih cevi dimenzij 60 × 40 milimetrov in izvrtamo luknje za kasnejšo pritrditev.



Slika 20: 3D-model linearnih puš
(Lastni vir)

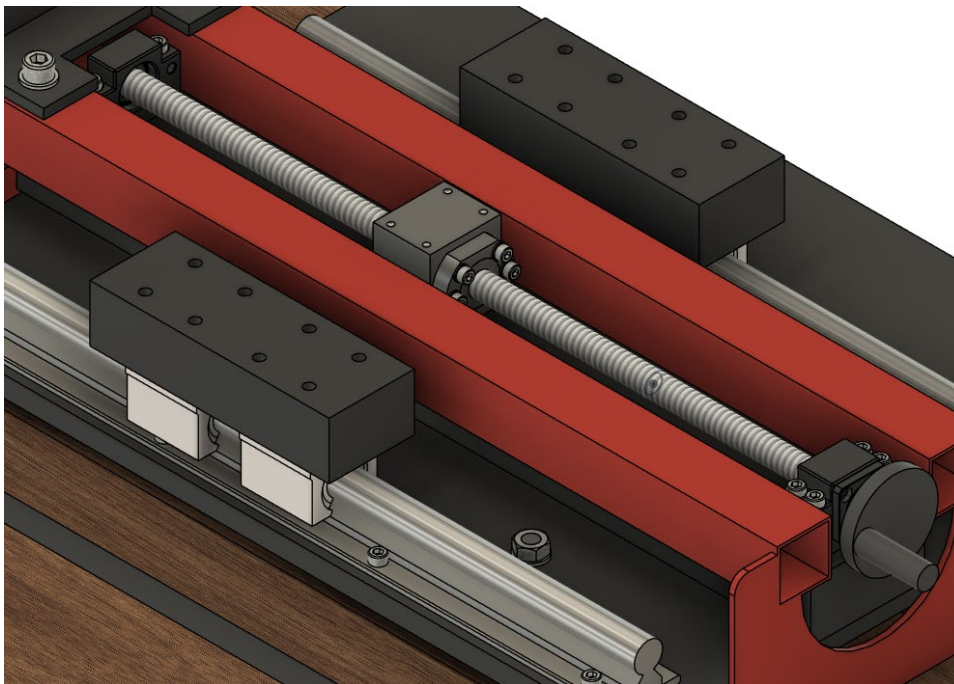


Slika 21: 3D-model višinske razlike puš in cevi
(Lastni vir)



*Slika 22: 3D-model podlog
(Lastni vir)*

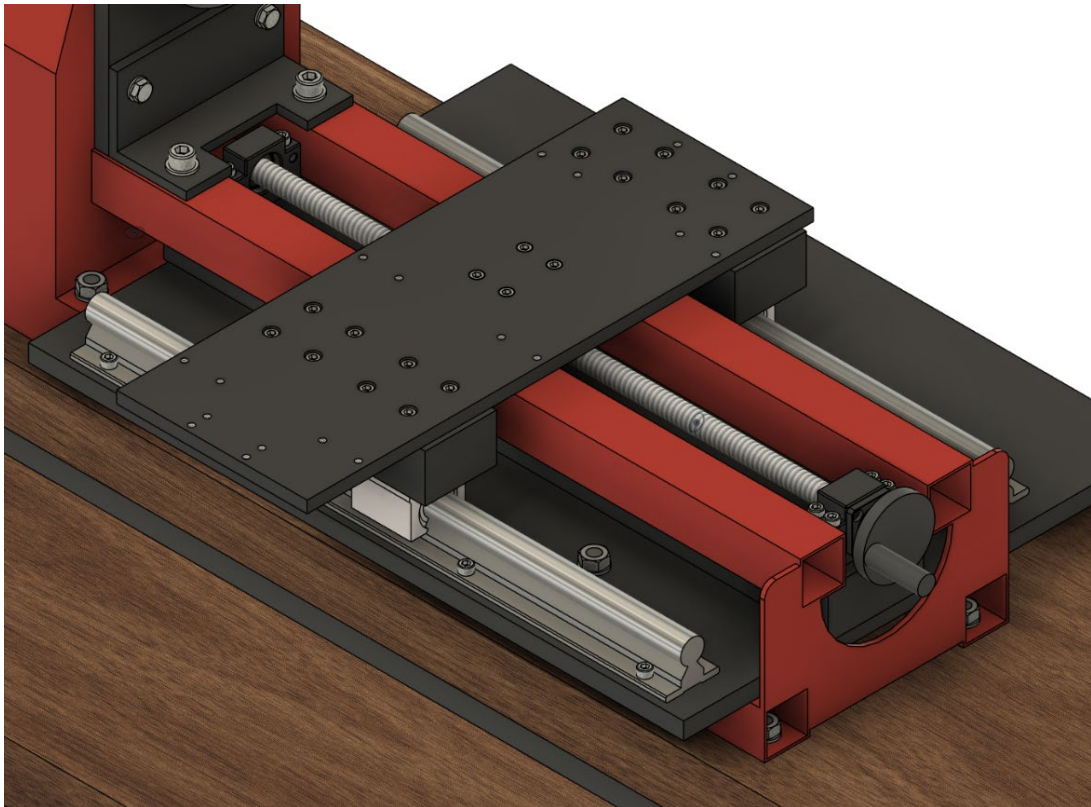
Sledi namestitev krogličnega vretena in njegovih podpor. Prav tako bo potrebna podloga, da se z ohišjem za kroglično matico približamo višini podlog puš. Tudi tukaj posebno pozornost posvetimo vzporednosti izvrtin za pritrditev. Po izdelavi podloge in navojev pritrdimo kroglično vreteno z vsemi njegovimi komponentami.



*Slika 23: 3D-model krogličnega vretena
(Lastni vir)*

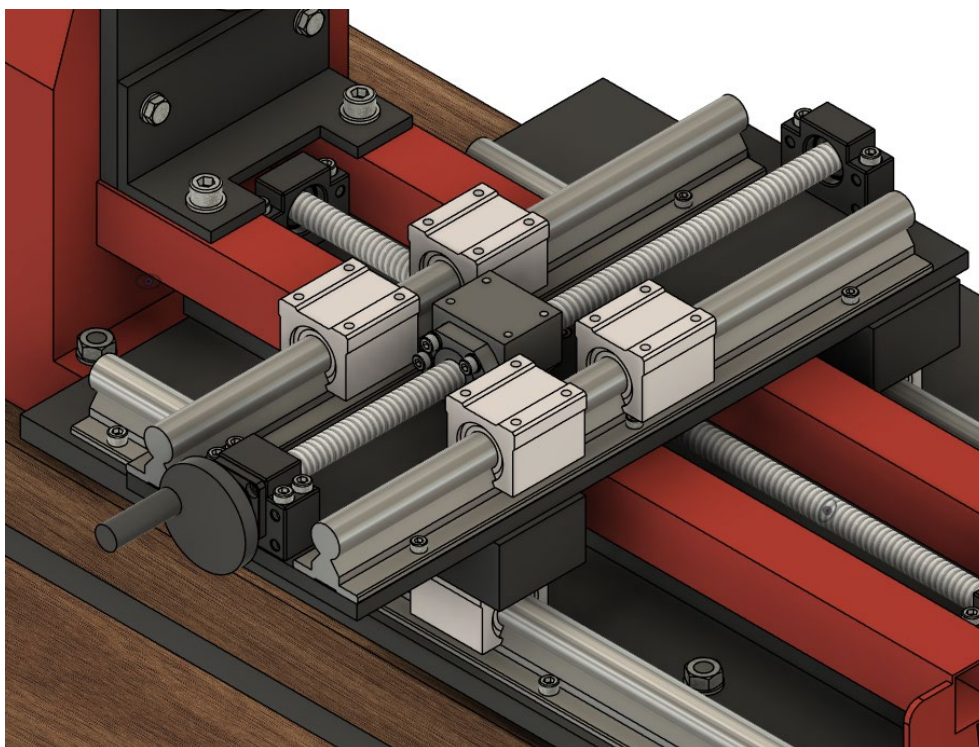
Sledi izdelava plošče, ki bo povezala naš vzdolžni suport, sedlo. Povezava mora biti dovolj velika, da bo omogočala postavitev prečnega suporta. Njeno širino smo morali upoštevati že pri izdelavi podlog linearnih puš na sedlu.

Potrebujemo ploščo dimenzije 425 × 160 × 10 milimetrov, za kar smo uporabili ploščato jeklo dimenzije 80 × 10. Odrezali smo dva kosa dolžine 425 milimetrov in ju postavili drug ob drugega. Odločili smo se, da za spajanje ne bomo uporabili varjenja, saj bi hitro prišlo do deformacije in neravnosti naše plošče. Zdaj, ko imamo podlago, naredimo podobno, kot smo naredili pri plošči za posteljo stružnice. Pazimo na natančnost in naredimo izvrtine za pritrnitev plošče na puše in ohišje kroglične matice. Hkrati naredimo tudi navoje za pritrnitev vodil in podpor za prečni suport. Ploščo nato pritrdimo in sedlo je že funkcionalno. Po prvem preizkusu vidimo, da se je natančnost izplačala, saj se sedlo z vrtenjem krogličnega vretena brez težav premika po celotni osi.



Slika 24: 3D-model sedla
(Lastni vir)

Nato namestimo in pritrdimo še krajša vodila, puše in komplet krogličnega vretena.



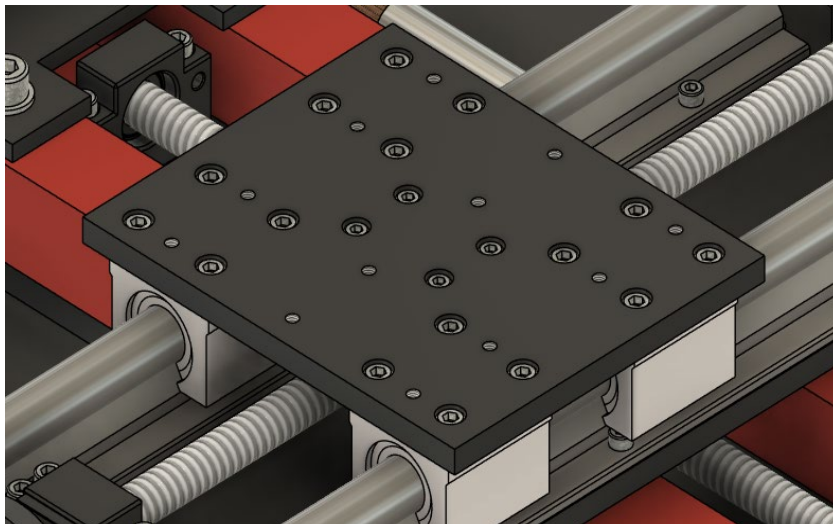
*Slika 25: 3D-model prečnega suporta
(Lastni vir)*

Zdaj imamo sestavljen vzdolžni in prečni suport. Na prečni suport bomo namestili mizo s pritrdilnimi utori oblike črke T, na katero bomo namestili mali suport z držalom za orodje. Da si olajšamo delo in ker smo bili s kupljenimi vodili in vreteni zadovoljni, smo se odločili na spletni trgovini Amazon naročiti mali suport z držalom za orodje.

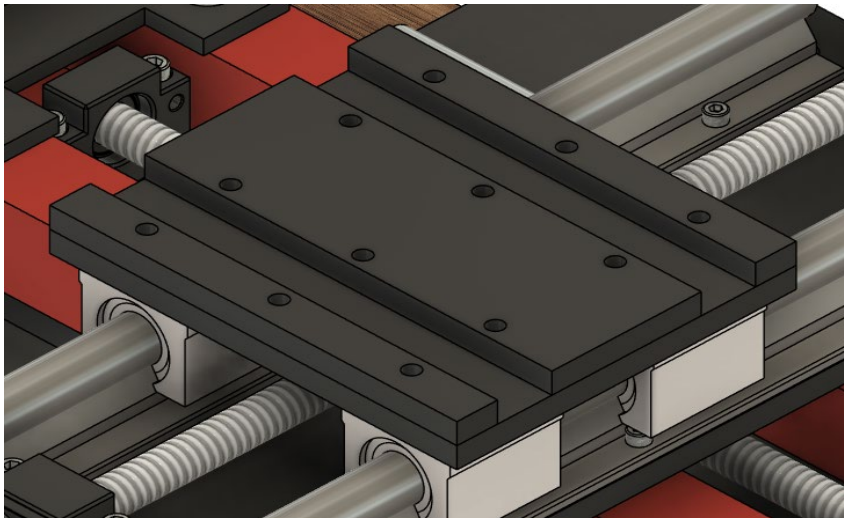


Slika 26: Mali suport z držalom za orodje
(Vir: Amazon, 2026)

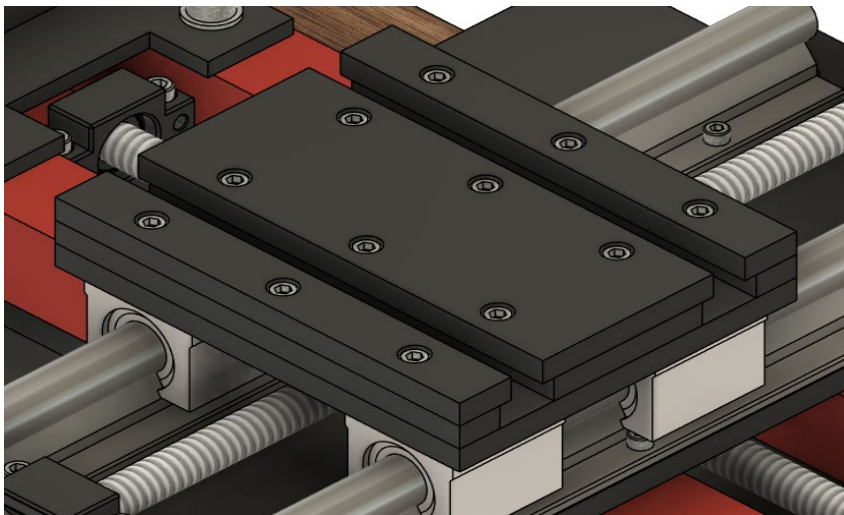
Mizica je izdelana enostavno. Narezali smo ploščato jeklo dimenzije 150 × 10 milimetrov na ustrezno velike kose, ki smo jih nato navrtali in pritrdili, kot prikazujejo spodnje tri slike.



Slika 27: 3D-model spodnjega dela mize
(Lastni vir)

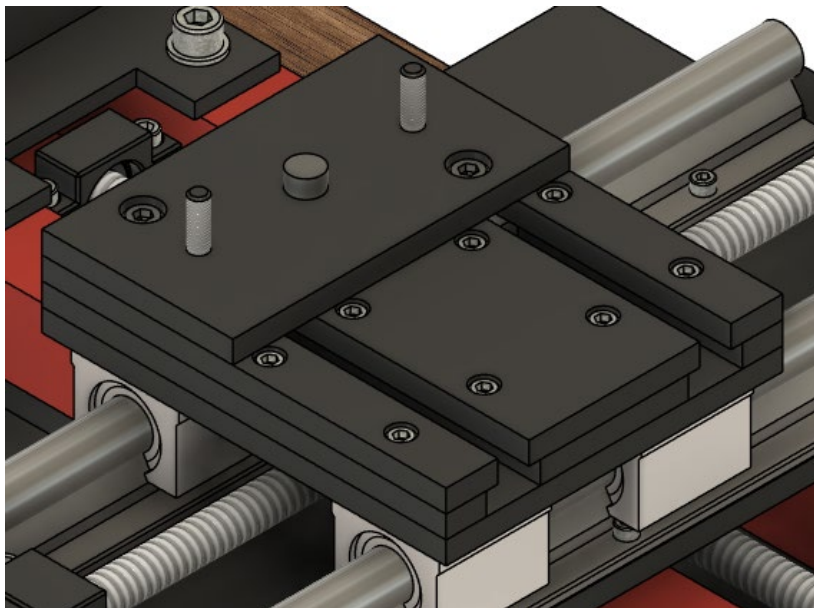


Slika 28: 3D-model srednjega dela mize
(Lastni vir)

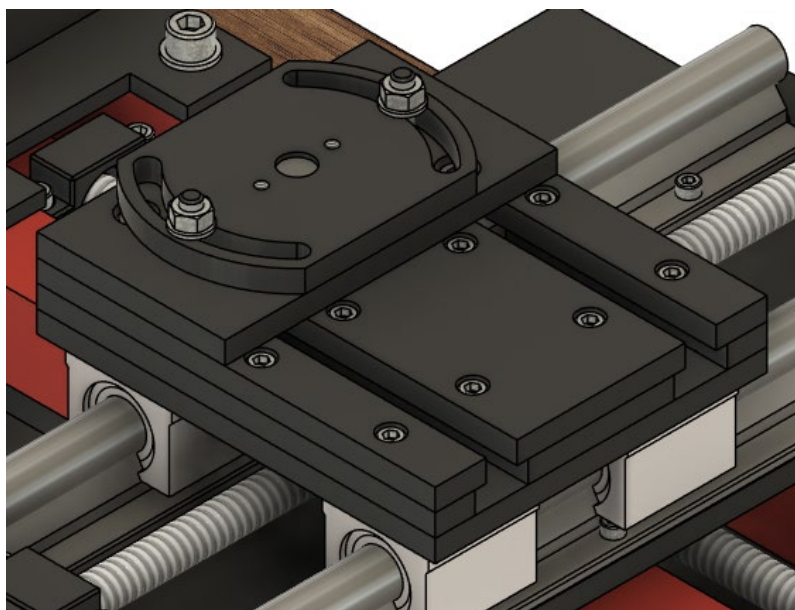


Slika 29: 3D-model mize
(Lastni vir)

Po končani mizici se lotimo še zadnje komponente. Izdelati je treba podnožje malega suporta, ki bo spodaj pritrjeno na mizo, zgoraj pa bo z vrtljivim delom možno nastavljeni kot struženja. Izdelamo tudi kvadratne matice, ki jih vstavimo v utore mize, s katerimi pritrdimo spodnji del podnožja.



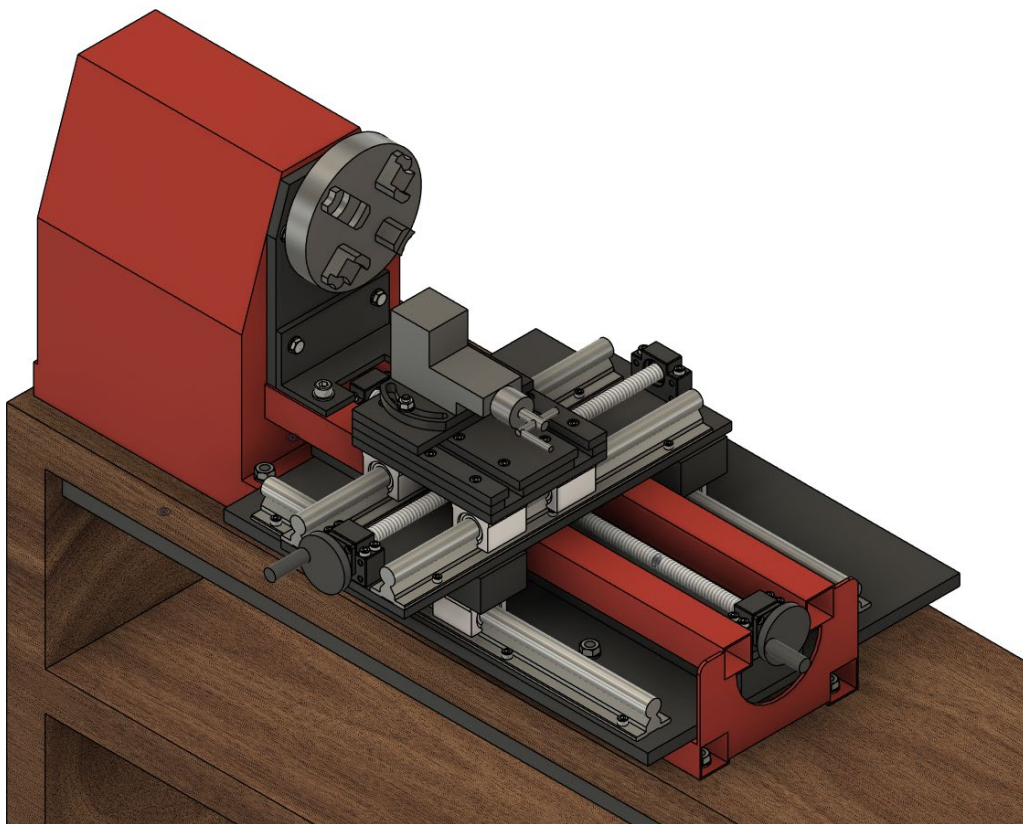
*Slika 30: 3D-model spodnjega dela podnožja malega suporta
(Lastni vir)*



*Slika 31: 3D-model podnožja malega suporta
(Lastni vir)*

Za zaključek pritrdimo še mali suport z držalom za orodje.

Stružnica je zdaj pripravljena na prvi preizkus.



*Slika 32: 3D-model stružnice z vsemi komponentami
(Lastni vir)*

4.4 Vreteno

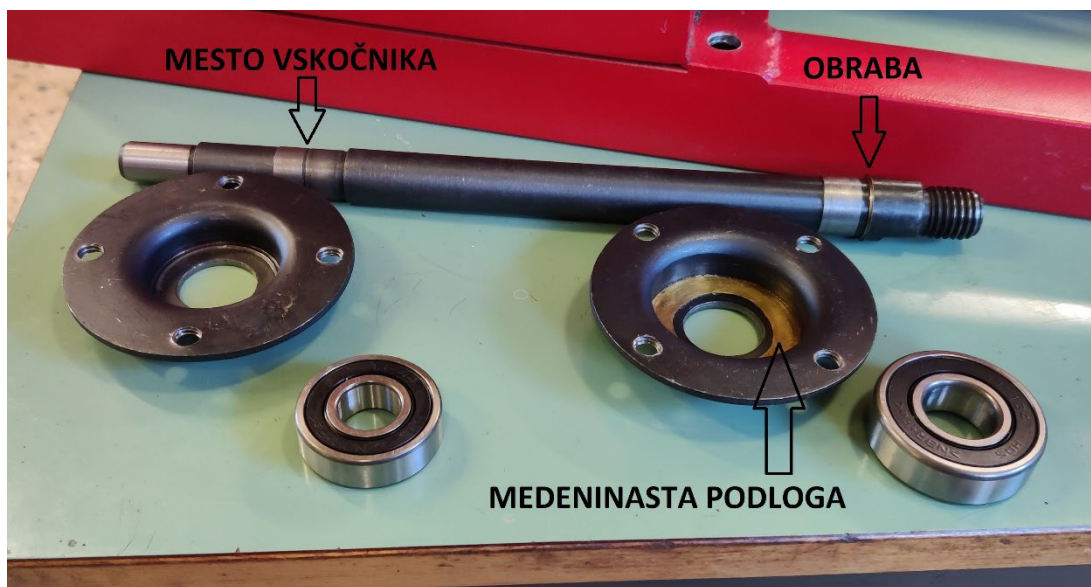
Opravimo prvi preizkus stroja. Vpnemo poljuben kos aluminija, vklopimo stroj in začnemo s struženjem. Stružnica zaradi majhne zmogljivosti motorja počasi začne obratovati. Pri razviti končni hitrosti deluje dobro. Vpenjalna glava je težka za zagon, vendar kasneje stružnica pridobi vztrajnost in deluje brezhibno. To nam pove, da ni večjih napak pri predelavi vretenjaka in da sta os motorja in os vretena ostali vzporedni.

Po zagonu preizkusimo pomike vseh treh suportov. Preizkusili smo jih že pri sestavi stroja, zato tukaj ni posebnosti.

Odločimo se za začetek struženja, kjer pa se hitro pokažejo težave. Takoj ko približamo stružni nož k obdelovancu in začnemo s struženjem, stružnica začne močno vibrirati. Preizkus hitro prekinemo, preden pride do poškodbe noža ali pa obdelovanec celo izpade iz vpetja.

Ugotovimo, da ima vreteno zračnost. Vpenjalno glavo lahko primemo in premikamo v osi vretena naprej in nazaj za približno 1 milimeter.

Odstranimo jermenico na vretenu in vskočnik, s katerim je vreteno pritrjeno na svoje mesto, nato pa dokaj enostavno vreteno potegnemo iz ležajev v smeri vpenjalne glave. Takoj opazimo obrabo vretena na mestu, kjer nalega na sprednji ležaj.



Slika 33: Vreteno stružnice
(Lastni vir)

Vskočnik, ki smo ga malo prej omenili, preprečuje pomik vretena v eno smer, v drugo smer pa nam premik preprečuje ravno obrabljeni del vretena. Sklepamo, da je do obrabe prišlo pred predelavo stružnice, in sicer med struženjem s konjičkom. Takrat smo s konjičkom pritisnili na obdelovanec, hkrati pa je vreteno pritiskalo na ležaj. Pri daljšem obratovanju je ležaj počasi obrabil mehkejše vreteno. Vreteno in ležaj bi se morala vrteti hkrati, zato sklepamo, da je pri pritisku konjička prihajalo do spodrsavanja ležaja in posledično do obrabe.

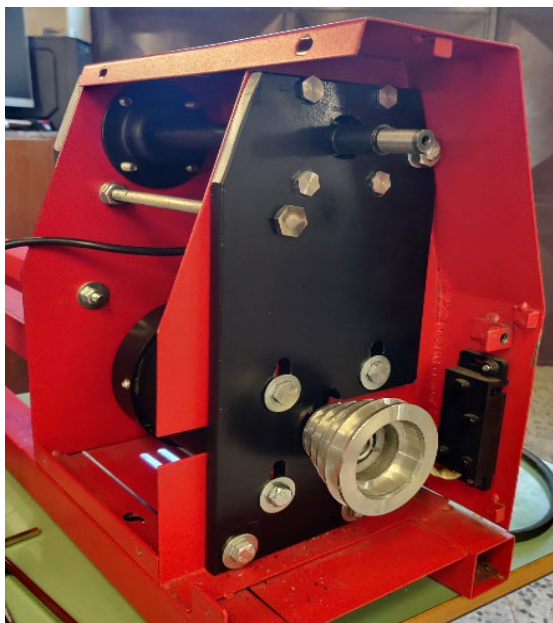
Opazimo tudi, da ima sprednje ohišje ležaja dovolj prostora, da vstavimo ravno za 1 milimeter medeninate podloge in s tem ležaj pomaknemo v smeri obrabe, tako da vreteno izgubi vso svojo zračnost. Naročimo tudi kakovostnejše kroglične ležaje in jih zamenjamo z obstoječimi.

Zavedamo se, da lahko sčasoma pride do ponovne obrabe. V tem primeru se bomo lotili izdelave novega vretena, uporabe primernejših ležajev in vpenjalne glave.

Ponovno vstavimo vreteno in preizkusimo stružnico. Stružnica je zdaj operativna. Preizkusimo struženje plastike, medenine, aluminija, sive litine in jekla. Zadovoljni smo z rezultati. Na največ težav naletimo pri struženju medenine, ostali materiali nas ne presenetijo. Aluminij se struži presenetljivo dobro, pri jeklu pa moramo paziti na globino reza. Tresljaji pri struženju so še vedno prisotni, vendar sprejemljivi. Opazimo tudi konično obliko obdelovancev, za kar bomo morali poskrbeti v naslednji fazi.

5 BARVANJE, NATANČNA SESTAVA IN IZDELKI

Izdelek še ni povsem končan, saj potrebuje zaščitni premaz. Zdaj je treba celotno stružnico razstaviti in pobarvati vse komponente, ki smo jih izdelali. Nato sledi ponovna sestava stružnice, tokrat z uporabo merilne urice, kar nam bo zagotovilo kakovostnejšo obdelavo in odpravo koničnega struženja. Za konec izdelamo še prve uporabne izdelke.



*Slika 34: Zadnja ojačitev vretenjaka
(Lastni vir)*



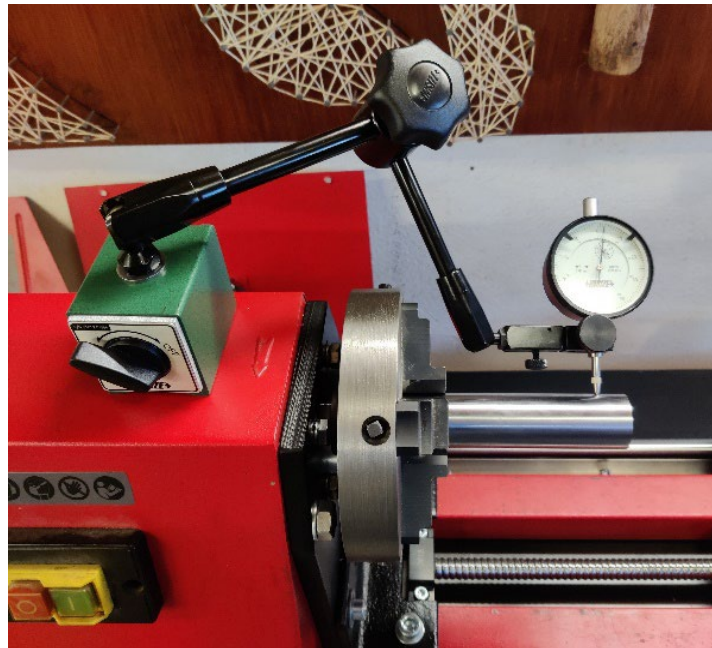
*Slika 35: Sprednja ojačitev vretenjaka
(Lastni vir)*



*Slika 36: Stružnica s posteljico in vodili sedla
(Lastni vir)*



*Slika 37: Stružnica s krogličnim vretenom sedla
(Lastni vir)*



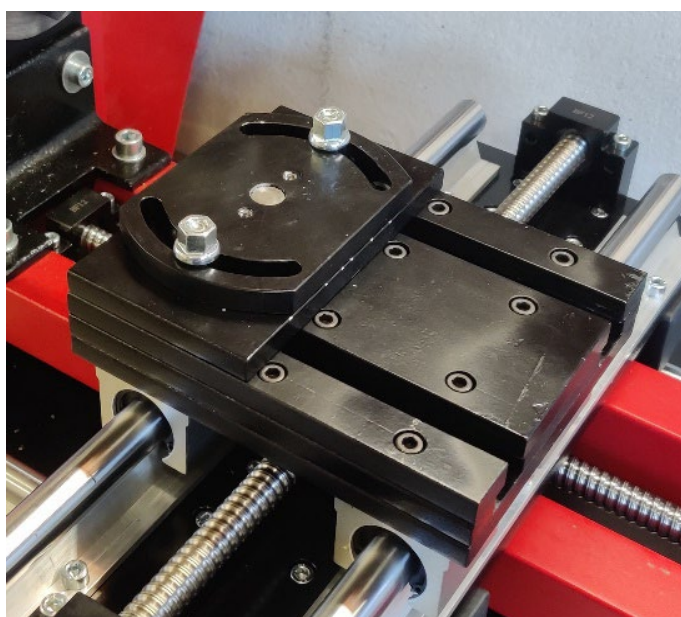
*Slika 38: Umerjanje vpetja brušenega jeklenega valja
(Lastni vir)*



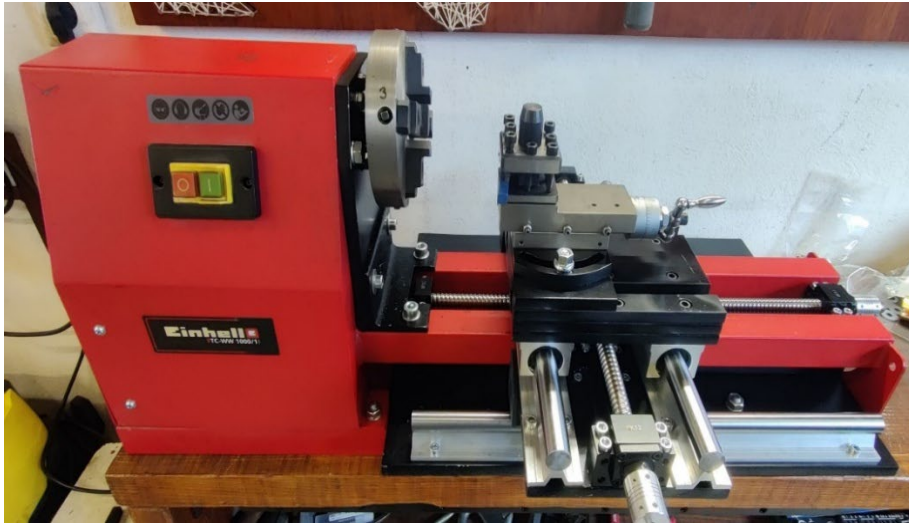
*Slika 39: Stružnica s sedlom
(Lastni vir)*



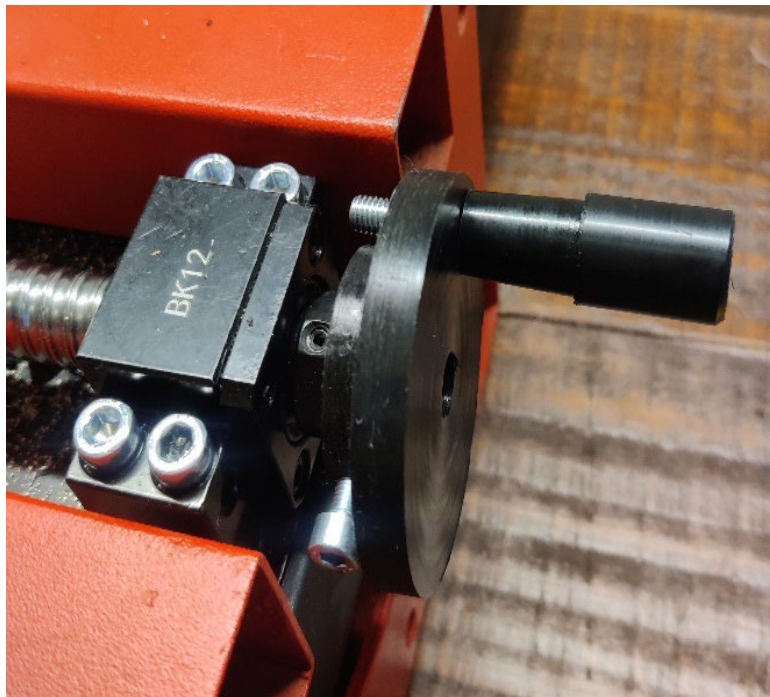
*Slika 40: Stružnica s pritrjenim prečnim suportom
(Lastni vir)*



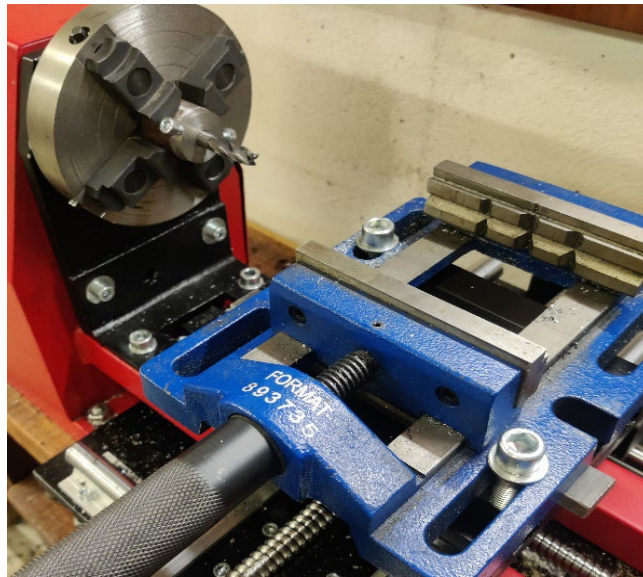
*Slika 41: Miza in podnožje malega suporta
(Lastni vir)*



*Slika 42: Končna sestava stružnice
(Lastni vir)*



*Slika 43: Stružena ročka za pomik sedla
(Lastni vir)*



Slika 44: Priprava za rezkanje
(Lastni vir)



Slika 45: Rezkan zaklep vrat
(Lastni vir)

6 ZAKLJUČEK

Diplomsko delo je zajemalo predelavo enostavne lesne stružnice v univerzalno stružnico za kovino. Glede na dolgotrajnost izdelave in stroške, ki se pojavijo, lahko trdimo, da se v danem primeru bolj splača kupiti za ta namen že izdelan stroj. Namenski stroj bi zagotavljal boljšo kakovost obdelovancev in preprostejšo uporabo, vendar je bil glavni namen poglobiti znanje razvoja in računalniškega 3D-modeliranja, česar nam preprost nakup stroja ne bi omogočil.

S pomočjo stružnice nam je uspelo izdelati izdelke, ki jih pred njeno izdelavo v naši delavnici ni bilo mogoče izdelati. Med delom pa smo ugotovili, da naše delo na stružnici še zdaleč ni zaključeno.

Po zaključku diplomskega dela bomo nadaljevali z izboljšavo obstoječe stružnice. Izdelali bomo kakovostnejše ročke za pomikanje vzdolžnega in prečnega suporta, ki nam bodo omogočale odčitavanje pomikov. Dokupili bomo primež z vgrajenim navpičnim pomikom, ki nam bo omogočil premikanje obdelovanca med rezkanjem tudi v navpični smeri. Razmišljamo tudi o izboljšavi vpenjalne glave in nekaterih manjših posegih, ki nam lahko izboljšajo kakovost dela.

Z novo pridobljenim znanjem in strojem smo zadovoljni.

7 LITERATURA IN VIRI

Aberšek, B. (1995). *Tehnologija in obdelava gradiv*. Radovljica: Didakta.

Amazon. (2026). *Linearna vodila in mali supor*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova <https://www.amazon.de/>

DN Solutions. (2026). *Numerično krmiljena stružnica*. Pridobljeno 1. 4. 2026 z naslova <https://www.dn-solutions.com/us/product/turning-center/2-axis-horizontal/leo-1600.do>

Einhell. (2026). *Einhell TC-WW 1000/1*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova <https://www.einhell.si/p/4312110-tc-ww-1000-1/>

Kopač, J. (2002). Rezalne sile in njihov vpliv na gospodarnost obdelave. *Strojniški vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 48(3), 121-132.

Kraut, B. idr. (2019). *Krautov strojniški priročnik* (17. slovenska popravljena izd., predelana, 1. natis). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.

Machineseeker. (2026). *Karuselska stružnica*. Pridobljeno 1. 4. 2026 z naslova <https://www.machineseeker.si/d%C3%B6rries-sd+280/i-21415317>

Skuhala, Z. (1974). *Priročnik za kovinarje* (35. predelana izd.). Ljubljana: Državna založba Slovenije.

Techsoft. (2026). *Stružnica za les*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova <https://www.techsoft.co.uk/workshop-equipment/wood-turning-lathes/dml320-wood-lathe>

Tuli. (2024). *3D modeli*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova <https://www.tuli.si/linearna-tehnika>

Wikipedia. (b. l. a). *Andrey Nartov*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/Andrey_Nartov

Wikipedia. (b. l. b). *Lathe*. Pridobljeno 9. 2. 2026 z naslova <https://en.wikipedia.org/wiki/Lathe#Woodworking>