

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter ŠTAVAR

**SNOVANJE OBDELOVALNEGA STROJA Z
UPORABO STANDARDNIH KOMPONENT**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Peter ŠTAVAR

**SNOVANJE OBDELOVALNEGA STROJA Z UPORABO
STANDARDNIH KOMPONENT**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

**ASSEMBLYING OF CNC MACHINE USING STANDARD
ELEMENTS**

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega strokovnega študija lesarstva.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Bojana Bučarja, za recenzentko pa doc. dr. Dominiko Gornik Bučar.

Mentor: prof. dr. Bojan Bučar

Recenzentka: doc. dr. Dominika Gornik Bučar

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Peter Štavar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 621.9.06
KG	standardne komponente/CNC obdelovalni stroj/mostna konstrukcija/konzolna konstrukcija/nosilec/obdelovalni agregat
AV	ŠTAVAR, Peter
SA	BUČAR Bojan (mentor)/GORNIK BUČAR Dominika (recenzentka)
KZ	SI-1000 LJ, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2012
IN	SNOVANJE OBDELOVALNEGA STROJA Z UPORABO STANDARDNIH KOMONENT
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 51 str., 43 pregl., 48 sl., 12 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Na razpolago je izredno veliko število tako ozko namenskih kakor tudi univerzalnih računalniško vodenih strojev. Cene strojev se med posameznimi proizvajalci dokaj razlikujejo; dejstvo pa je, da v nobenem primeru niso nizke, kar predstavlja za obrtniške delavnice, ki tovrstne stroje vsekakor potrebujejo, pogosto nepremostljivo oviro. V primerih, ko ne gre za posebno zahtevne tehnološke aplikacije, je problem možno rešiti in sicer z nakupom stroja pri proizvajalcih namensko izdelanih strojev iz standardiziranih komponent. Predstavljene in podrobneje opisane so standardne konstrukcijske komponente in načini njihove uporabe na primeru 2 različnih konstrukcij CNC strojev (konzolna in mostna).

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Vs
DC	UDC 621.9.06
CX	components/CNC machine/portal construction/console construction/carrier/processing unit
AV	ŠTAVAR, Peter
AA	BUČAR Bojan (supervisor)/GORNIK BUČAR Dominika (reviewer)
PP	SI-1000 LJ, Rožna dolina, c. VIII/34
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
PY	2012
TI	ASSEMBLING OF CNC MACHINE USING STANDARD ELEMENTS
DT	Graduation Thesis (higher professional studies)
NO	X, 51 p., 43 tab., 48 fig., 12 ref.
LA	sl
AL	en
AB	There is a large number of universal and specialized CNC machines. Their prices differ from manufacturer to manufacturer, but the fact is that they certainly are not cheap. That means a big problem for small workshops, where those kinds of machines are needed. In cases, where technical procedures of making products are not complicated, the problem could be solved by buying CNC machine built from standard components. Components are presented and described, including their usage and assembling in detail for 2 typical constructions of CNC (portal and console) machines.

KAZALO VSEBINE

	Str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
SLOVARČEK	X
1 UVOD.....	1
2 SPLOŠNI DEL.....	2
2.1 STANDARDNI ISEL KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI.....	3
2.1.1 Aluminijasti profili.....	3
2.2.2 Vezni elementi	8
2.2.1.1 Vezni elementi proizvajalca Isel	9
2.2.1.2 Vijačne zveze	13
2.2.3 Linearni moduli.....	14
2.2.3.1 Tehnične specifikacije linearnega modula LES 4.....	16
2.2.3.2 Upogib linearnega modula LES 4	17
2.2.3.3 Dovoljene obremenitve linearnega modula LES 4.....	18
2.2.3.4 Tehnične specifikacije linearnega dvovretenskega modula LES 6	19
2.2.3.5 Upogib dvovretenskega linearnega modula LES 6	20
2.1.1.1 Dovoljene obremenitve linearnega modula LES 6	20
2.2.3.7 Teoretične kritične hitrosti pri linearnih modulih LES	21
2.2.3.8. Prenosnik moči.....	22
2.2.4 Pogoni.....	23
2.2.4.1 Pogoni osi.....	23
2.2.4.2 Obdelovalni agregat	25
2.3 OSTALE KOMPONENTE.....	26
2.3.1 Vodila.....	26
2.3.2 Sestavni deli portala in drugi elementi lastne izdelave	32
2.3.3 Električna omarica s krmiljenem	32
2.3.4 Podstavek CNC-obdelovalnega stroja.....	34
3 SESTAVLJANJE CNC-STROJA 1	35
3.1 IZDELAVA MIZE	35
3.1.1 Podstavek.....	35
3.1.2 Izdelava obdelovalne mize.....	37
3.1.3 Vodila in pogon X-osi.....	37

3.2	IZDELAVA POMIČNEGA PORTALA	38
3.2.1	Vodila in pogon Y-osi.....	39
3.2.2	Vodila in pogon Z-osi.....	39
3.2.3	Obdelovalni agregat.....	40
3.3	ZDRUŽITEV POMIČNEGA PORTALA IN MIZE.....	41
4	SESTAVLJANJE CNC-STROJA 2.....	42
4.1	IZDELAVA MIZE	42
4.1.1	Podstavek.....	42
4.1.2	Izdelava obdelovalne mize.....	44
4.1.3	Vodila in pogon X-osi	44
4.2	IZDELAVA POMIČNE KONZOLE.....	45
4.2.1	Vodila in pogon Y-osi	46
4.2.2	Vodila, pogon Z-osi in obdelovalni agregat	47
4.3	ZDRUŽITEV MIZE IN POMIČNE KONZOLE.....	47
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	49
6	POVZETEK	50
7	VIRI	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Profili PP	3
Slika 2: Podrobno predstavljeni profili PP	4
Slika 3: Podrobnosti PT-profila	5
Slika 4: Slika PS-profila in njegov računalniški model	6
Slika 5: Podrobnosti PS-profila	7
Slika 6: Računalniški model PU-profila	7
Slika 7: Podrobnosti PU-profila	8
Slika 8: Vezni deli proizvajalca Isel	9
Slika 9: T-matica in primer uporabe	9
Slika 10: Podrobnosti enojne in dvojne ovalne matice	10
Slika 11: Montiranje elementa z uporabo ovalnih matic	10
Slika 12: Podrobnosti kotnika in primer njegove uporabe	11
Slika 13: Primer fiksiranja	12
Slika 14: Različni vijaki	13
Slika 15: Način sestave satja	14
Slika 16: Linearni modul LES 4 s servomotorjem, proizvajalca Isel	15
Slika 17: Sestavni deli linearnega modula LES 4	15
Slika 18: Podroben prikaz preseka linearnega modula LES 4 (z rdečo piko označeno težišče)	17
Slika 19: Upogib pri različnih obremenitvah in primerih obremenitve	17
Slika 20: Linearni dvovretenski modul LES 6	18
Slika 21: Sinhronizacija z zobatim jermenom dveh vreten v modulu LES 6	19
Slika 22: Podrobnosti preseka modula LES 6 (z rdečo piko označeno težišče)	19
Slika 23: Upogib modula pri različnih obremenitvah in primerih obremenitve	20
Slika 24: Načini vpetja vretena pri modulih LES	21
Slika 25: Možnosti vpetja vretena in namestitveni faktorji	22
Slika 26: Prenosnik moči	23
Slika 27: Servomotor DC 300 proizvajalca Isel	24
Slika 28: Podrobnosti motorja DC 300	25
Slika 29: Obdelovalni agregat	25
Slika 30: Vodilo proizvajalca HIWIN	26
Slika 31: Prikaz namestitve LES 4 z vozički HIWIN za večjo natančnost pomikanja	27
Slika 32: Načrt vozička HIWIN in njegova tirnica	28
Slika 33: Momenti, ki delujejo na voziček	30
Slika 34: Ostanek plošče po izrezovanju potrebnih elementov	32
Slika 35: Električna omarica proizvajalca Kops	33
Slika 36: Poenostavljena shema potovanja podatkov	33
Slika 37: Primer podstavka stroja	34
Slika 38: Okvir CNC-stroja 1	36
Slika 39: Sestavljanje obdelovalne mize	37
Slika 40: Pozicija LES 4 in tirnic HIWIN	38
Slika 41: Pomični portal	39
Slika 42: Prikaz montiranja modula LES 4, namenjenega za pomik v Z-smeri na vezno ploščo osi Y	40
Slika 43: Model obdelovalnega agregata in njegova pozicija	41
Slika 44: Zgrajen CNC-stroj	41
Slika 45: Podstavek CNC-stroja 2	44
Slika 46: Položaj dvovretenskega linearnega modula LES 4 in tirnic HIWIN	45

Slika 47: Pomična konzola	46
Slika 48: Pozicija LES 4 in tirnice HIWIN	46
Slika 49: Pomična konzola s pripadajočimi moduli, vodili ter obdelovalnim agregatom	47
Slika 50: Stroj CNC 2	48

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnične specifikacije PP-profilov	4
Preglednica 2: Tehnične specifikacije profila PT 50	5
Preglednica 3: Tehnične specifikacije profila PS	6
Preglednica 4: Tehnične specifikacije PU-profila	8
Preglednica 5: Tehnične specifikacije linearnega modula LES 4	16
Preglednica 6: Prikaz sil, ki delujejo na modul LES 4 z eno krogelno in drugo prosto matico	18
Preglednica 7: Tehnične specifikacije linearnega dvovretenskega modula LES 6	19
Preglednica 8: Prikaz sil, ki delujejo na linearni modul LES 6	20
Preglednica 9: Karakteristike gredi in sklopov na prenosniku moči	23
Preglednica 10: Karakteristike servomotorja	25
Preglednica 11: Podatki obdelovalnega vretena	26
Preglednica 12: Podrobnosti različnih HIWIN vozičkov	29
Preglednica 13: Lastnosti kvadratnih varjenih cevi	35
Preglednica 14: Seznam jeklenih cevi, zvarjenih med sabo	36
Preglednica 15: Lastnosti kvadratnih jeklenih varjenih cevi, potrebnih za izdelavo okvirja stroja CNC 2	43
Preglednica 16: Seznam cevi, zvarjenih med sabo	43

SLOVARČEK

STANDARDNE KOMPONENTE – sestavni deli, nanašajoči se na standard

CNC-OBDELOVALNI STROJ – numerično in računalniško krmiljen stroj za obdelavo

MOSTNA KONSTRUKCIJA – izvedba nosilne konstrukcije za obdelovalni agregat, ki je podprta na dveh podporah

KONZOLNA KONSTRUKCIJA – izvedba nosilne konstrukcije za obdelovalni agregat, ki je podprta na eni podpori

NOSILEC – podolgovat vodoraven gradbeni element, ki prenaša obremenitev podpore

OBDELOVALNI AGREGAT – priprava ali del stroja, ki opravlja glavni gib obdelovanja

1 UVOD

Pred lesarsko industrijo so vedno večje in zahtevnejše naloge. Vse mora biti izdelano hitreje in kvalitetneje, cena pa mora pri tem ostati nizka. Te zahteve je v praksi težko uresničevati, še posebej z zastarelo opremo.

CNC-stroj je delovno sredstvo, ki je v lesarski industriji že dlje časa uveljavljeno. Je stroj, ki ga lahko prosto programiramo, njegova glavna karakteristika pa je fleksibilnost. Z ene v drugo obdelavo preklapimo z zamenjavo programa in morebitnimi manjšimi preureditvami mize stroja in orodja. Izdelek ali del izdelka je narejen hitro in natančno. Skratka, CNC-stroj je primeren za avtomatizacijo maloserijske in srednjeserijske proizvodnje.

Preko študentskega dela sem imel priložnost sodelovati pri gradnji takega stroja. Pri tem me je najbolj pritegnila raznolikost dela in število dejavnikov pri gradnji, ki vplivajo na kasnejše delovanje stroja. Zanimivi so se mi zdeli tudi načini reševanja problemov in lastnosti materialov, ki nastopajo pri gradnji.

Zaradi teh dejavnikov se mi je diplomsko delo na temo sestavljanja CNC-stroja zdelo primerno. Diplomaska naloga je sestavljena iz dveh sklopov. V prvem sklopu so opisane standardne komponente, katere uporabljamo pri gradnji stroja, v drugem sklopu pa sestavljanje dveh izvedb strojev (stroj 1, stroj 2), ki sta zgrajena iz standardnih komponent. V obeh sklopih so elementi, primeri in načini sestavljanja grafično podprti s programom SolidWorks 2009.

V diplomskem delu je predstavljena gradnja dveh različic CNC-strojev s tremi osmi. Gradnja teh strojev je smiselna in primerna pri serijski proizvodnji, pri kateri imamo izdelek ali del izdelka, kjer moramo za njegovo obdelavo opraviti več gibov na več strojih. CNC-stroj s pomočjo tega programa opravi več gibov na enem mestu in s tem prihranimo čas, ki bi ga sicer porabili za nastavljanje strojev in premikanje obdelovanca na različna delovna mesta.

Stroji, ki smo jih v podjetju izdelali in so v diplomskem delu tudi predstavljeni, so resda enostavni, vendar sem se kljub temu pri izdelavi tega dela naučil uporabljati program SolidWorks, spoznal nekatere materiale, različne pristope pri načrtovanju stroja in s pomočjo mentorja ugotovil tudi nekatere napake v konstrukciji samih strojev, ki smo jih v podjetju izdelovali.

2 SPLOŠNI DEL

Na razvoj vseh vrst tehnologij po vsem svetu že dolga desetletja predvsem in odločilno vpliva tržišče. Povpraševanje po določenem izdelku je lahko veliko, stalno in ekonomsko zanimivo. Tako stanje na trgih nas vodi v velikoserijsko zelo avtomatizirano, ponavadi procesno industrijsko proizvodnjo. Če pa je povpraševanje po določeni vrsti izdelkov manjše in povezano z občasnimi spremembami, bomo projektirali tehnološki postopek, ki bo ustrezal organizaciji maloserijske proizvodnje (Vindšnurer, 1988).

Delitev dela in povpraševanje po ekskluzivnih, zelo kvalitetnih in dragih izdelkih nas vodi v posamično in skupinsko organizirano proizvodnjo, ki je možna le z zelo fleksibilnimi obdelovalnimi stroji in napravami. To pa so numerično in računalniško krmiljeni stroji in naprave z visoko stopnjo avtomatizacije.

2.1 STANDARDNI ISEL KONSTRUKCIJSKI ELEMENTI

2.1.1 Aluminijasti profili

Uporabljamo profile proizvajalca Isel. Vsi profili so iz aluminija in oblikovani tako, da z ostalimi elementi tega proizvajalca dokaj hitro in enostavno postavimo obdelovalno mizo stroja, podporo portala in ogrodje kabine.

Vsi profili so eloksirani in dostavljeni v kosih dolžine 3 m.

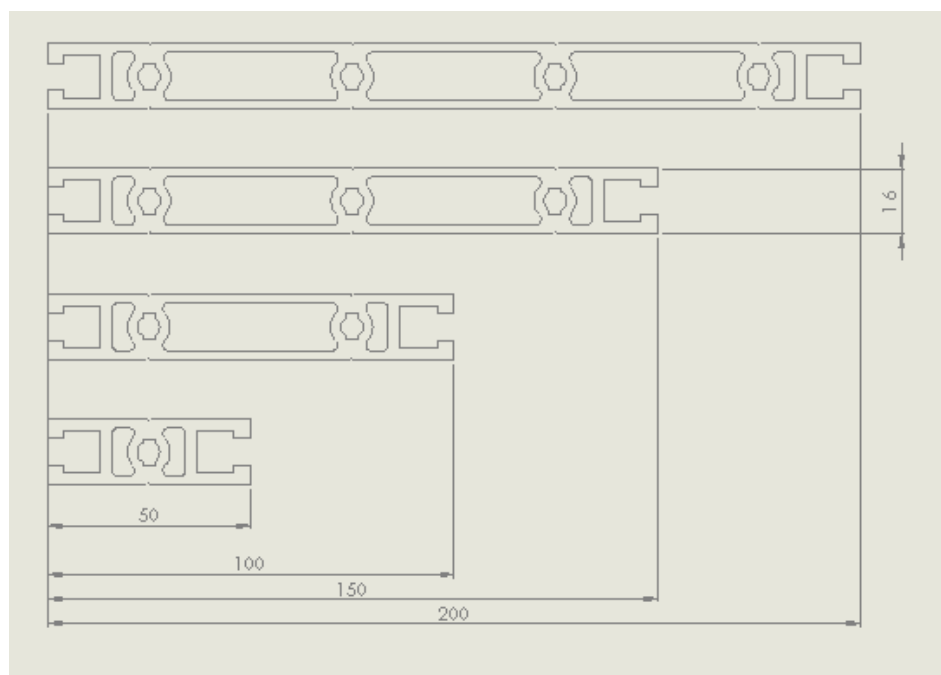
Profili PP na Sliki 1 in Sliki 2, v Preglednici 1 pa njihove tehnične specifikacije (PP pomeni *panel plates*, številka pa širino v mm, na primer PP 50)



Slika 1: Profili PP

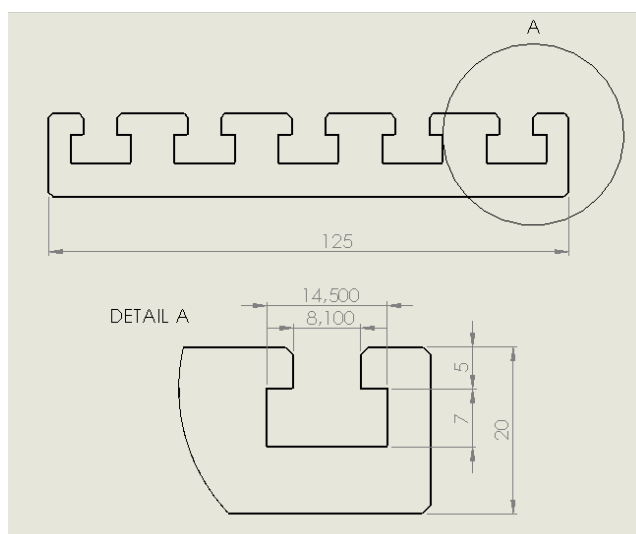
Preglednica 1: Tehnične specifikacije PP-profilov

Naziv profila	PP 50	PP 100	PP 150	PP 200
DIMENZIJE (višina, širina)	50 × 16 mm	100 × 16 mm	150 × 16 mm	200 × 16 mm
MASA	1,1 kg/m	1,9 kg/m	2,6 kg/m	3,4 kg/m
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_x)	8,13 cm ⁴	67,27 cm ⁴	213,92 cm ⁴	482,77 cm ⁴
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_y)	1,37 cm ⁴	2,46 cm ⁴	3,55 cm ⁴	4,64 cm ⁴
MOMENT ODPORNOSTI (W_x)	3,25 cm ³	13,45 cm ³	28,52 cm ³	48,27 cm ³
MOMENT ODPORNOSTI (W_y)	1,71 cm ³	3,08 cm ³	4,44 cm ³	5,8 cm ³
DODATKI (POSEBNOSTI)	1 × luknja Ø 5,5 mm	2 × luknja Ø 5,5 mm	3 × luknja Ø 5,5 mm	4 × luknja Ø 5,5 mm



Slika 2: Podrobno predstavljeni profili PP

S profili PP naredimo povezavo med stebri okvirja (satje), na njih je pritrjena delovna miza ali delovna podlaga iz profilov PT.



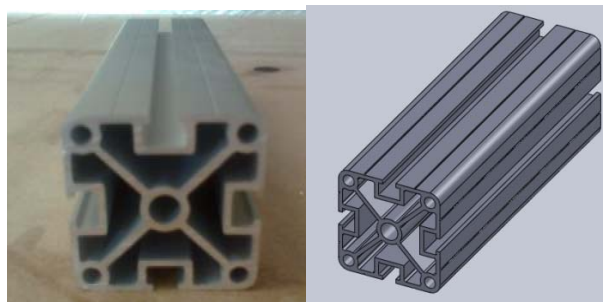
Slika 3: Podrobnosti PT-profila

Profili PT 50, prikazani na Sliki 3, so najpogosteje uporabljeni za delovno podlago (mizo stroja). Z utori omogočajo fiksiranje obdelovanca na delovno mizo. Tehnične specifikacije profilov PT 50 so podane spodaj (Preglednica 2)

Preglednica 2: Tehnične specifikacije profila PT 50

Naziv profila	PT 50	
DIMENZIJE	250 × 20 mm	375 × 20 mm
MASA	10 kg/m	14,8 kg/m
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_x)	2062,99 cm ⁴	6745,96 cm ⁴
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_y)	13,85 cm ⁴	20,63 cm ⁴
ODPORNOSTNI MOMENT (W_x)	165,04 cm ³	359,78 cm ³
ODPORNOSTNI MOMENT (W_y)	13,85 cm ³	20,63 cm ³
DODATKI (POSEBNOSTI)	kanal na vsakih 50 mm, ki se prilega T-matici (na obeh straneh)	kanal na vsakih 50 mm, ki se prilega T-matici (na obeh straneh)

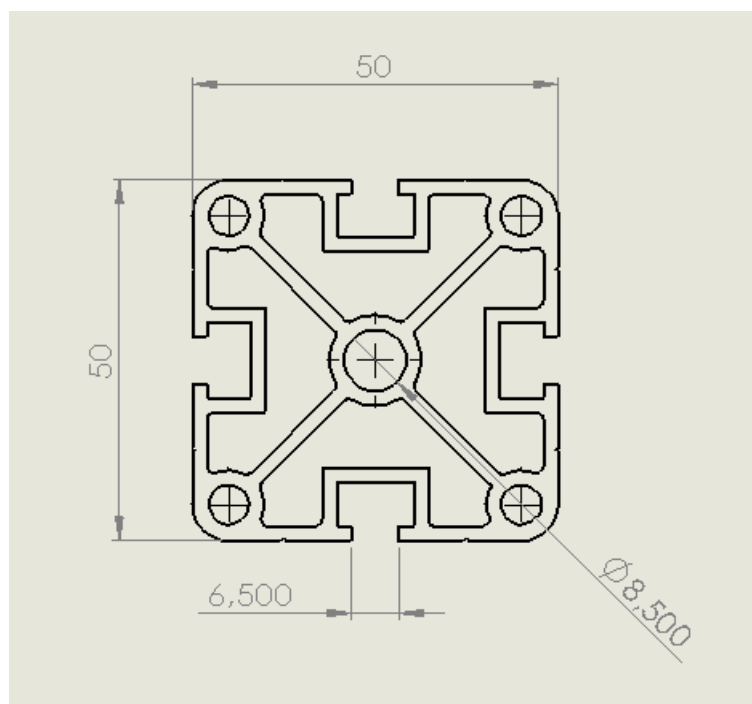
Profil PS (prikazan na Sliki 4 in podrobneje na Sliki 5) je največkrat uporabljen v ogrodju kabine. Utoře ima oblikovane tako, da lahko v njih vstavimo nosilne plastične profile za vgradnjo pleksi stekla ali pa vstavimo ovalne matice (Preglednica 3).



Slika 4: Slika PS-profila in njegov računalniški model

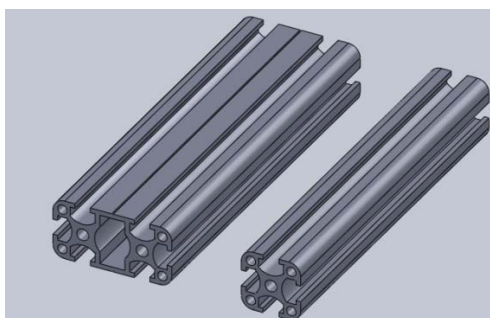
Preglednica 3: Tehnične specifikacije profila PS

Naziv profila	PS 50	PS 80
DIMENZIJE	50 × 50 mm	80 × 80 mm
MASA	2,3 kg/m	4,5 kg/m
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_x)	22,06 cm ⁴	111,8 cm ⁴
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_y)	22,06 cm ⁴	111,8 cm ⁴
ODPORNOSTNI MOMENT (W_x)	8,82 cm ³	27,95 cm ³
ODPORNOSTNI MOMENT (W_y)	8,82 cm ³	27,95 cm ³
DODATKI (POSEBNOSTI)	4 × kanali za M6 ovalno matico 4 × luknje Ø 5,5 mm 1 × luknja Ø 8,5 mm	4 × kanali za M6 ovalno matico 4 × luknje Ø 5,5 mm 1 × luknja Ø 8,5 mm



Slika 5: Podrobnosti PS-profila

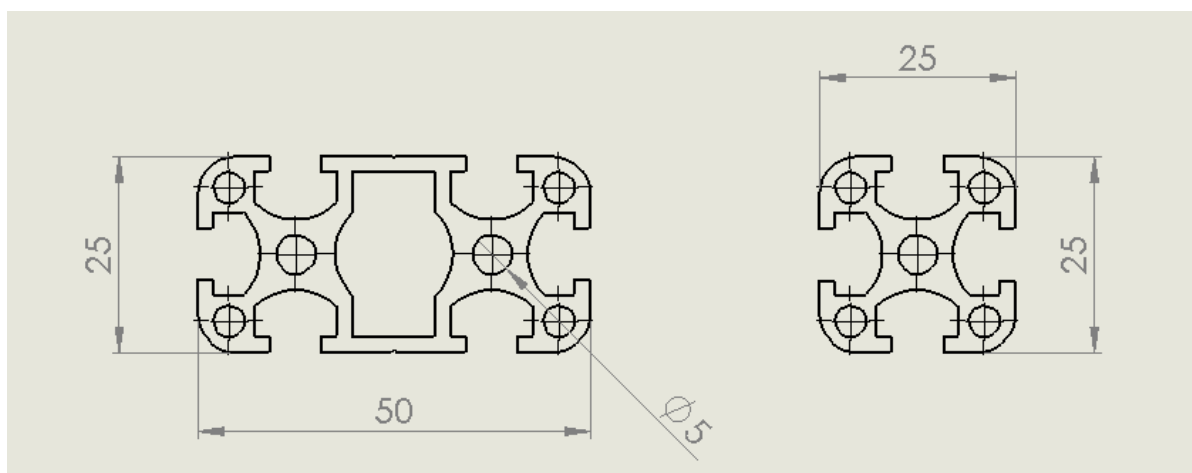
Profil PU, ki je prikazan na Sliki 6, je na voljo v dveh dimenzijah, in sicer 25 mm x 25 mm in 25 mm x 50 mm (Slika 7). Največkrat jih uporabljamo kot podstavek vakuumske mize in za kabino, če gre za manjši stroj. Tehnične specifikacije profilov PU so podane v Preglednici 4.



Slika 6: Računalniški model PU-profila

Preglednica 4: Tehnične specifikacije PU-profila

Naziv profila	PU 25	PU 50
DIMENZIJE	25 × 25 mm	50 × 23 mm
MASA	0,7 kg/m	1,3 kg/m
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_x)	1,43 cm ⁴	10,99 cm ⁴
MOMENT VZTRAJNOSTI (I_y)	1,43 cm ⁴	2,81 cm ⁴
ODPORNOSTNI MOMENT (W_x)	1,14 cm ³	4,40 cm ³
ODPORNOSTNI MOMENT (W_y)	1,14 cm ³	2,25 cm ³
DODATKI (POSEBNOSTI)	4 × kanali za namestitev M6 ovalne matice 1 × luknja Ø 5,5 mm	4 × kanali za namestitev M6 ovalne matice 2 × luknja Ø 5,5 mm



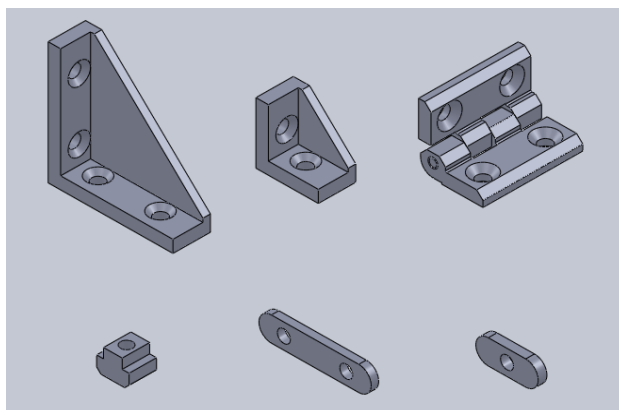
Slika 7: Podrobnosti PU-profila

2.2.2 Vezni elementi

Profile lahko vedno med sabo privijemo, pred tem pa moramo profil vrtati in izdelovati (vrezovati) navoj, kar je pri velikem številu profilov zamudno, saj jih je treba priviti med sabo. Glede na to, da vse profile naročamo pri podjetju Isel, imajo pri njih tudi posebej prirejene vezne elemente (Slika 8), ki nam olajšajo delo in tudi prihranijo čas.

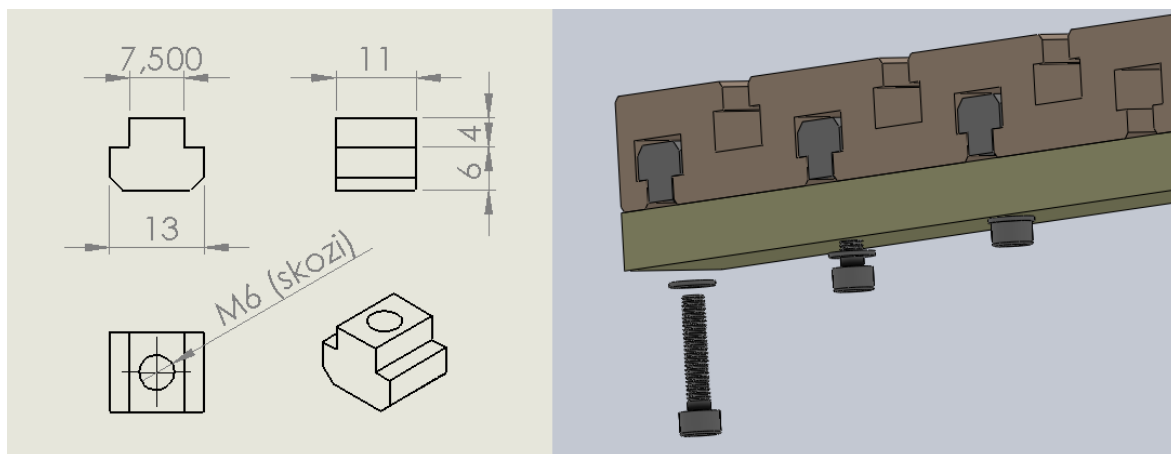
2.2.1.1 Vezni elementi proizvajalca Isel

Delo z njimi je olajšano, saj so ti elementi posebej prirejeni za delo s profili. Od teh veznih elementov največ uporabljamo T-matico in ovalno matico, sledijo pa še razni kotniki in tečaji.



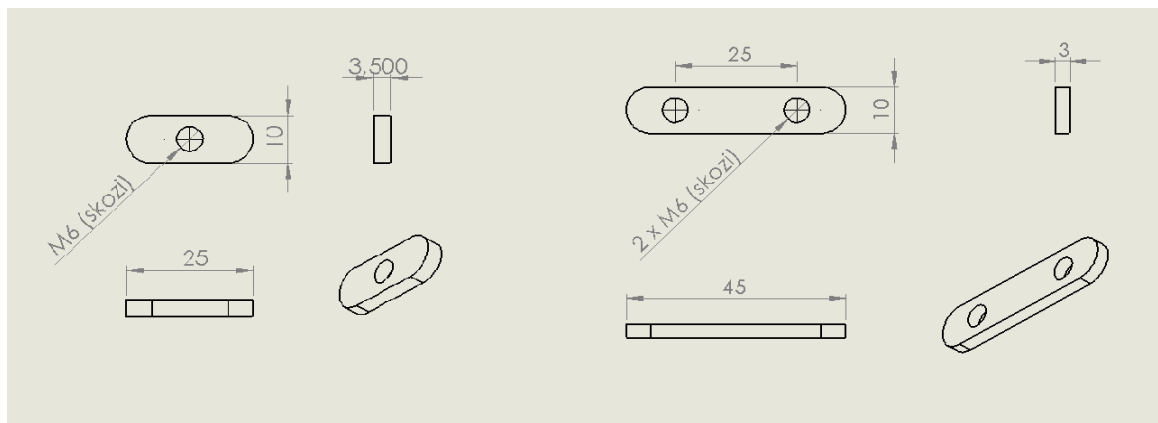
Slika 8: Vezni deli proizvajalca Isel

T-matica (Slika 9) je vezni element, narejen iz jekla z izvrtino z navojem M6, ki služi predvsem za sidranje delovne mize stroja na satje.



Slika 9: T-matica in primer uporabe

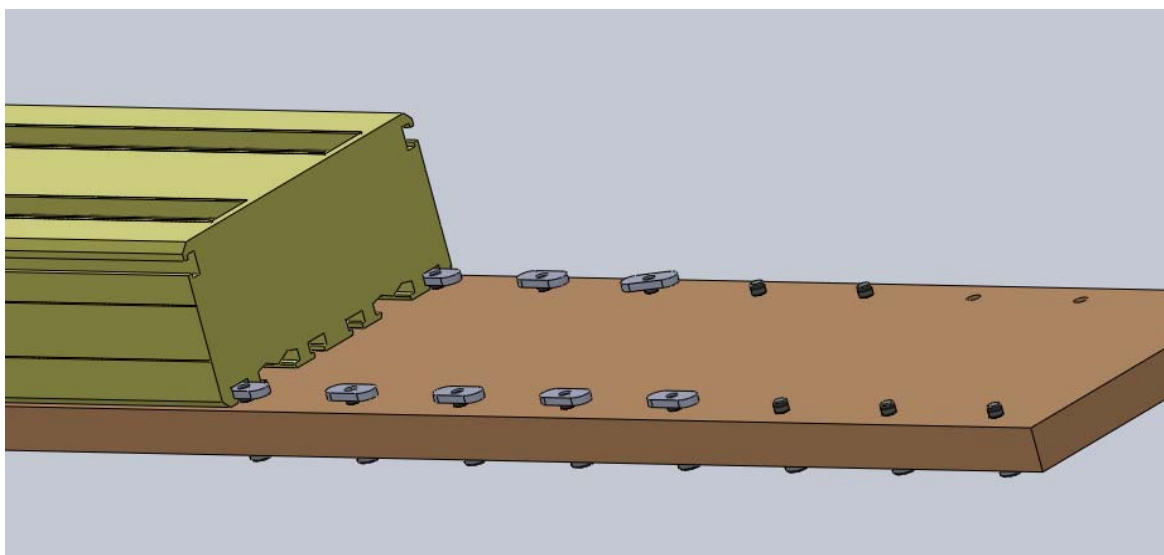
Drugi najbolj uporabljeni element je enojna ovalna matica (Slika 10 levo). Ima podobno vlogo kot T-matica, a drugačno obliko.



Slika 10: Podrobnosti enojne in dvojne ovalne matice

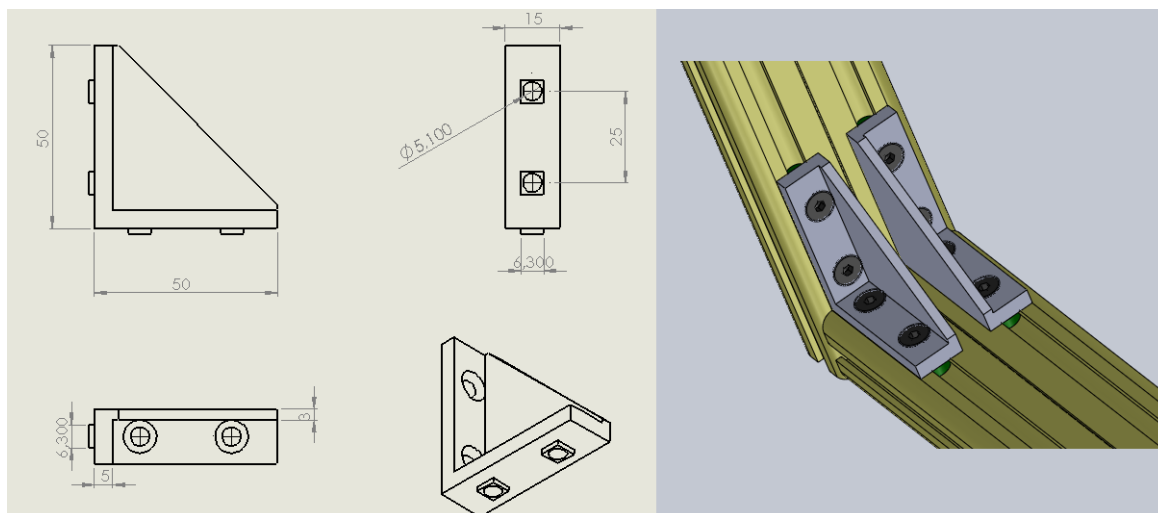
Tudi ovalna matica služi za sidranje elementov, kjer je potrebno dobro sidranje, a je premalo prostora za T-matico. Glede na to, da ima ovalna matica manj navoja in s tem tudi manjšo nosilnost, problem rešimo tako, da jih damo več.

Prednost ovalne matice se pokaže pri montiranju dolgih elementov (Slika 11), saj ima zaobljene robove in lažje drsi pri montiranju elementa na mesto, za razliko od T-matice, ki ima ostre robove in se v prej omenjenem primeru zatika.



Slika 11: Montiranje elementa z uporabo ovalnih matic

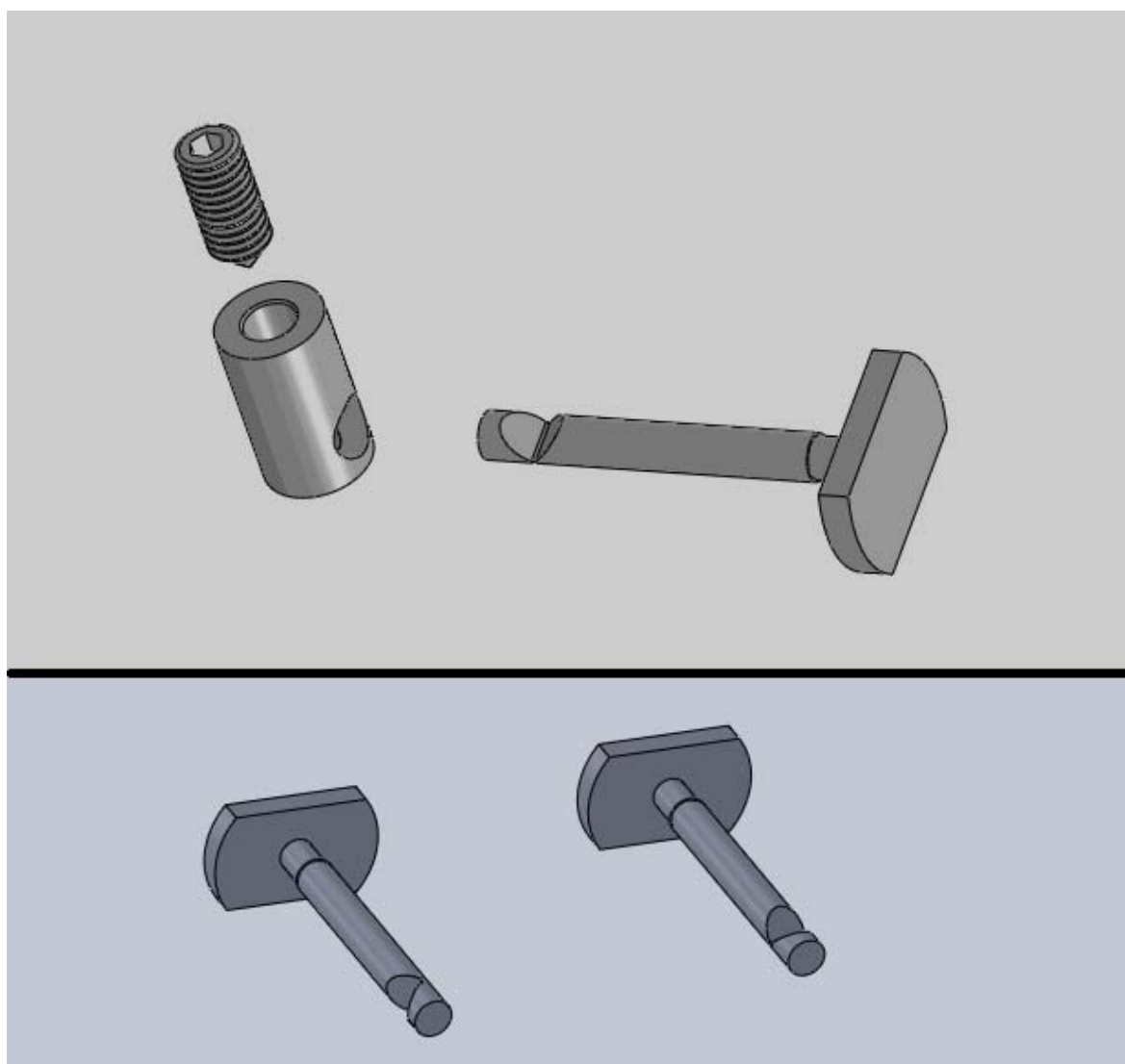
Na voljo so še drugi vezni elementi proizvajalca, ki pa se uporabljajo manj pogosteje. Omeniti velja še kotnike (Slika 12), ki omogočajo pravokoten spoj dveh elementov.



Slika 12: Podrobnosti kotnika in primer njegove uporabe

Kotniki omogočajo dokaj trdno pravokotno zvezo – v primeru da so močno obremenjeni, zvezo okrepimo z vijaki.

Obstaja še proizvajalčev način, ki omogoča hitro vpenjanje in razstavljanje različnih profilov med seboj. Sklop zveze je sestavljen iz treh elementov, in sicer: puša z navojem in luknjo (Slika 13 levo spodaj), povezovalni zatič (Slika 13 desno) ter vijak za fiksiranje (Slika 13 levo zgoraj).



Slika 13: Primer fiksiranja ter dve izvedbi zatiča

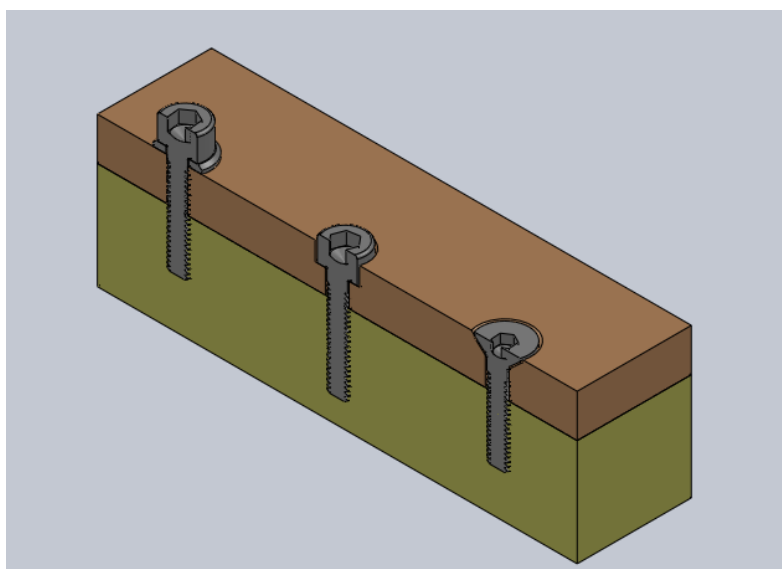
Povezovalna zatiča sta dveh vrst, razlikujeta se v položaju glave glede na vdolbino za fiksiranje (Slika 13 spodaj).

Za izvedbo takšne zveze moramo imeti izvrtane luknje, velike $\varnothing 10,5$ mm, da lahko vstavimo pušo z navojem in luknjo. Zatič z utorom mora iti skozi luknjo v puši, da lahko vse skupaj pritrdimo z vijakom.

Ta način fiksiranja je pri sestavljanju zamuden, saj včasih težko zadenemo luknjo v puši z zatičem. Problem predstavlja tudi, če luknjo za vnos puše zvrtnemo (zaradi nenatančnosti) preblizu profila, ki ga pritrujemo. To povzroči odstopanje in profila se ne stikata.

2.2.1.2 Vijalne zveze

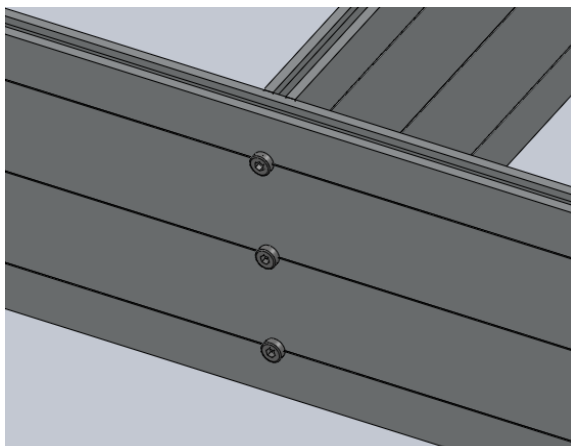
Kljub elegantnim rešitvam pri tvorjenju zvez z veznimi deli proizvajalca ne gre brez standardnih vijalnih zvez med elementi (Slika 14).



Slika 14: Različni vijaki

Pri aluminijastih delih moramo v element, v katerega vijačimo, izvrtati luknjo in vrezati navoj.

Pri profilih PP pa imamo po dolžini profila luknje Ø 5,5 mm, v katere navoj valjamo s posebnim svedrom, brez odstranjevanja materiala.



Slika 15: Način sestave satja

Takšen način vijačenja je zastopan predvsem v satju delovne mize in portala ali konzole (Slika 15).

2.2.3 Linearni moduli

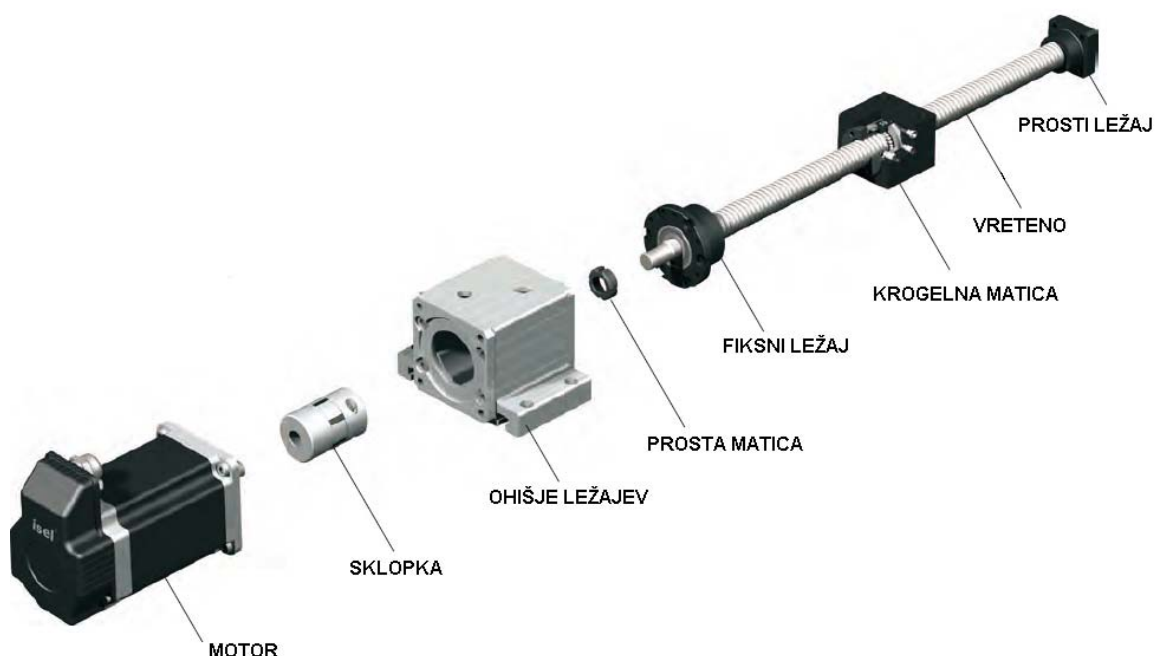
Uporabimo linearne module (Slika 16) s kroglično matico za pomikanje obdelovalnega agregata v x, y in z smeri. Linearni modul je izveden tako, da ga tvori vodilo in vreteno.

Vodilo služi, da drži smer, vreteno pa služi za transformacijo krožnega gibanja v premo gibanje. Linearni modul želenih dimenzij dobimo v ohišju s potrebnimi stikali za zaustavitev ter eno krogelno in prosto matico na njem (odvisno od naročila).



Slika 16: Linearni modul LES 4 s servomotorjem, proizvajalca ISEL (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c43> (7.11.2011))

Vreteno je natančno izdelano iz jekla (CF 53) trdote 60 HRC naročene dolžine in ga lahko dobimo v izdelanem ohišju dimenzij 75 mm x 75 mm x dolžina. Krogelne matice so iz jekla, in sicer trdote 60 ± 2 HRC. Deli linearnega modula brez ohišja so prikazani na Sliki 17.



Slika 17: Sestavni deli linearnega modula LES 4 (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c43> (7.11.2011))

Pri naročilu linearnega modula izbiramo med

- različnimi dolžinami modula:

-452 mm,
-1052 mm,
-1252 mm,
-1752 mm,
-2252 mm,
-3052 mm;

- različnim korakom vretena (mm/obrat):

-2,5 mm,
-4 mm,
-5 mm,
-10 mm,
-20 mm;

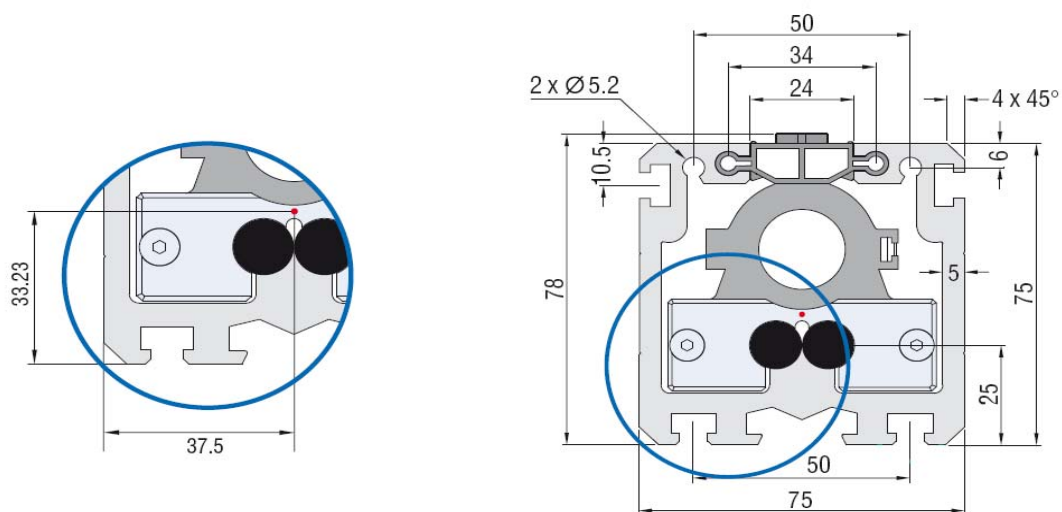
- različnimi premeri vretena:

-Ø12 mm,
-Ø16 mm,
-Ø25 mm.

2.2.3.1 Tehnične specifikacije linearnega modula LES 4

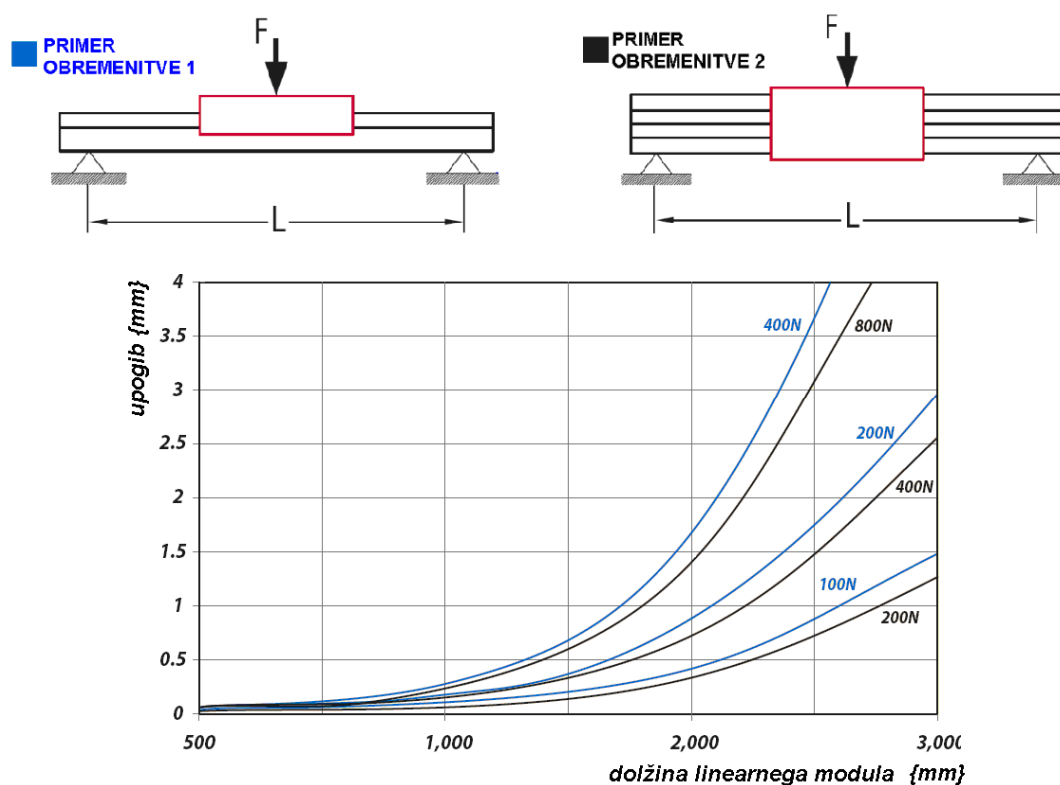
Preglednica 5: Tehnične specifikacije linearnega modula LES 4

TEHNIČNE SPECIFIKACIJE LINEARNEGA MODULA LES 4	
Vztrajnostni moment I_x	107,711 cm ⁴
Vztrajnostni moment I_y	125,843 cm ⁴
Težišče (razdalja od dna)	33,23 mm
Presek	18,81 cm ²
Material	AlMgSiO, 5F22
Anodiziranje (eloksiranje)	E6/EV1
Masa skupaj z vodili	6,2 kg/m
Masa skupaj z vodili in vretenom	7,6 kg/m



Slika 18: Podroben prikaz preseka linearnega modula LES 4 (z rdečo piko je označeno težišče)

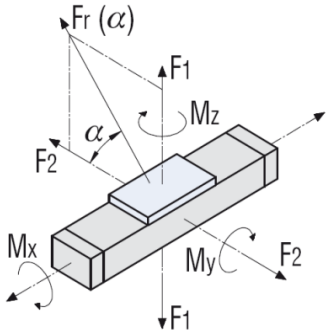
2.2.3.2 Upogib linearnega modula LES 4

Slika 19: Upogib pri različnih obremenitvah in primerih obremenitve (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c46> (7.11.2011))

2.2.3.3 Dovoljene obremenitve linearnega modula LES 4

Na Sliki 18 je prikazan linearni modul LES 4 z eno krogelno matico, sicer pa najpogosteje uporabljamo izvedbo LES 4 z eno krogelno in drugo prosto matico, saj nam dovoljuje večje obremenitve.

Preglednica 6: Prikaz sil, ki delujejo na modul LES 4 z eno krogelno in drugo prosto matico

	C_0	4954,5 N
	C	2809,5 N
	F_1 (statični)	4231,5 N
	F_1 (dinamični)	2398,5 N
	F_2 (statični)	4954,5 N
	F_2 (dinamični)	2809,5 N
	M_x (statični)	44,7 Nm
	M_y (statični)	126,945 Nm
	M_z (statični)	148,635 Nm
	M_x (dinamični)	25,2 Nm
	M_y (dinamični)	71,955 Nm
	M_z (dinamični)	84,285 Nm

Za pomik obdelovalnega agregata uporabljamo linearni dvovretenski modul LES 6 (Slika 20) z dvojnim vpetjem plošče obdelovalnega agregata.



Slika 20: Linearni dvovretenski modul LES 6 (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c43> (7.11.2011))

Vreteni sta med sabo povezani v ohišju z zobatim jermenom.

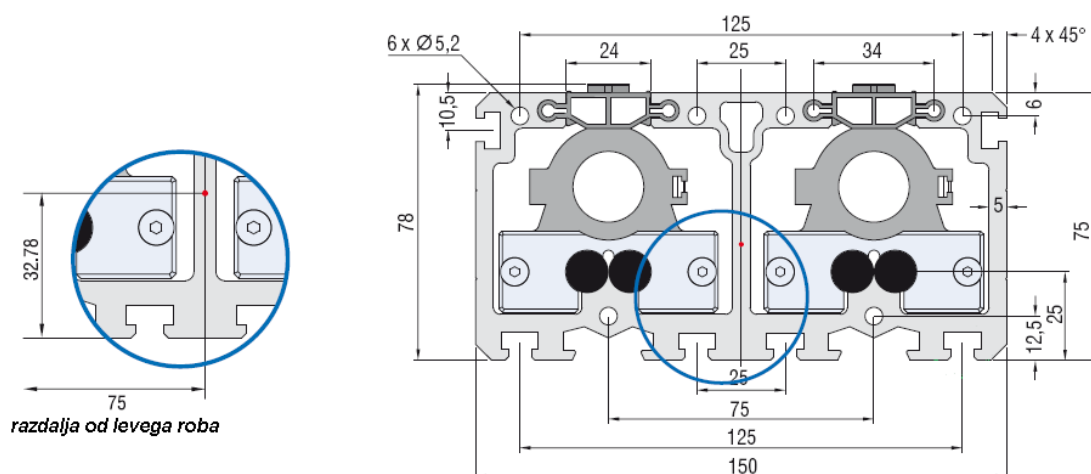


Slika 21: Sinhronizacija z zobatim jermenom dveh vreten v modulu LES 6 (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c43> (7.11.2011))

2.2.3.4 Tehnične specifikacije linearnega dvovretenskega modula LES 6

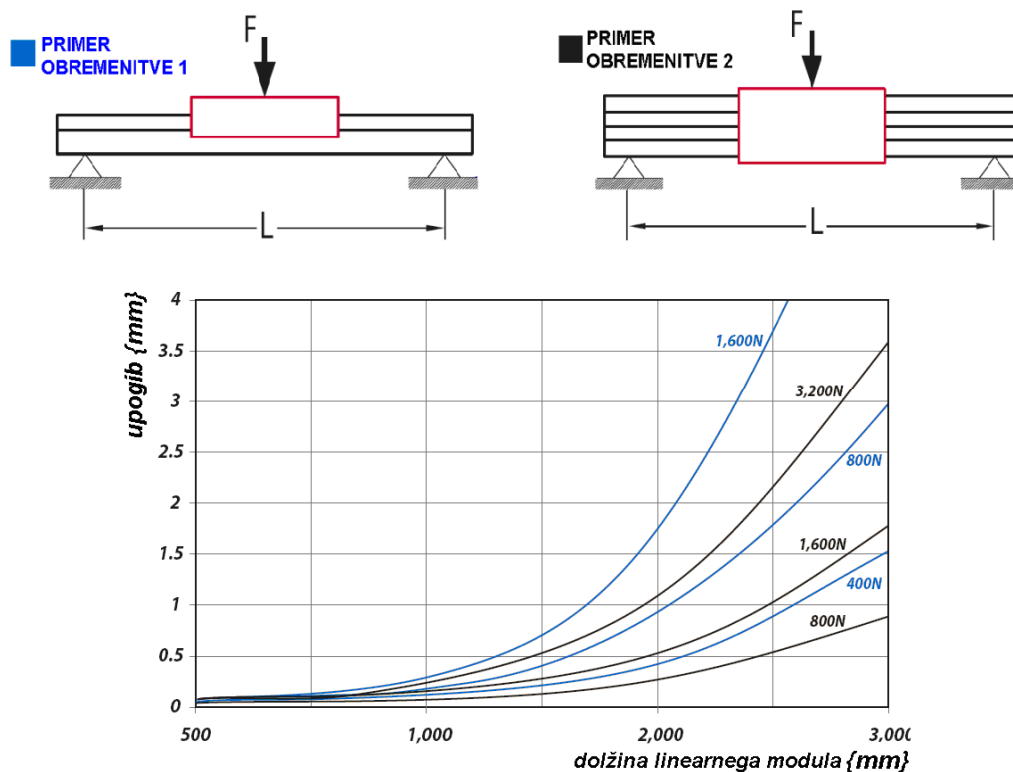
Preglednica 7: Tehnične specifikacije linearnega dvovretenskega modula LES 6

TEHNIČNE SPECIFIKACIJE LINEARNEGA DVOVRETENKEGA MODULA LES 6	
Vztrajnostni moment I_x	707,1 cm ⁴
Vztrajnostni moment I_y	212,2 cm ⁴
Težišče (razdalja od dna)	32,78 mm
Presek	30,07 cm ²
Material	AlMgSiO, 5F22
Anodiziranje (eloksiranje)	E6/EV1
Masa skupaj z vodili	11,4 kg/m
Masa skupaj z jeklenimi vodili in vretenom	12,8 kg/m



Slika 22: Podrobnosti preseka modula LES 6 (z rdečo piko označeno težišče)

2.2.3.5 Upogib dvovretenskega linearnega modula LES 6



Slika 23: Upogib modula pri različnih obremenitvah in primerih obremenitve (vir: <http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c47> (6.11.2011))

2.2.3.6 Dovoljene obremenitve linearnega modula LES 6

Preglednica 8: Prikaz sil, ki delujejo na linearni modul LES 6

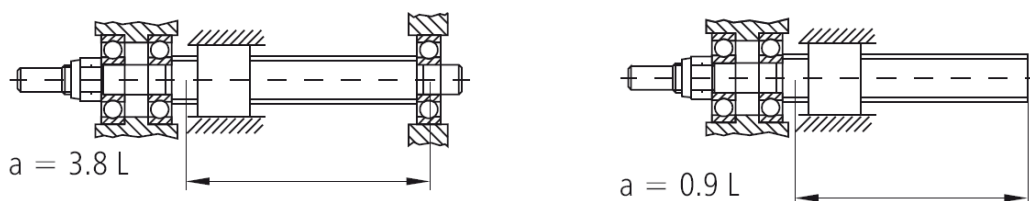
	C_0	6606 N
	C	3746 N
	F_1 (statični)	5642 N
	F_1 (dinamični)	3198 N
	F_2 (statični)	6606 N
	F_2 (dinamični)	3746 N
	M_x (statični)	211,575 Nm
	M_y (statični)	366,73 Nm
	M_z (statični)	429,39 Nm
	M_x (dinamični)	119,925 Nm
	M_y (dinamični)	207,87 Nm
	M_z (dinamični)	243,49 Nm

Za večjo natančnost stroja, poleg linearnih modulov uporabljamo linearna vodila proizvajalca *HIWIN* z drsniki s kotalnimi elementi.

2.2.3.7 Teoretične kritične hitrosti pri linearnih modulih LES

V večini primerov je treba ugotoviti kritično hitrost inštaliranih vodil.

Kritična hitrost je hitrost, ki povzroči resonančno nihanje vretena v modulu in je nezaželena. Odvisna je od premera jedra vretena, njegove dolžine ter vpetja (Slika 24).



Slika 24: Načini vpetja vretena pri moduli LES

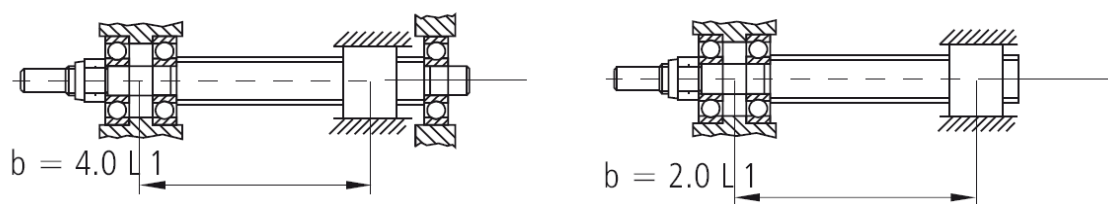
Proizvajalec nam ponuja enačbo (z vštetim varnostnim faktorjem 0,8), s katero lahko izračunamo največjo dovoljeno hitrost (vrtenja) vretena, in sicer:

$$n_{dop} = 392 \times \frac{a \times d_2}{l^2} 10^5 \quad \dots(1)$$

n_{dop}	maksimalna dovoljena hitrost (min^{-1})
a	namestitveni faktor (Slika 24)
d_2	premer jedra vretena (mm)
l	dolžina vretena (mm)

Vreteno v modulu naj bi bilo obremenjeno samo na natezne obremenitve v smeri osi, v primeru tlačne obremenjenosti (pravokotno na os) pa obstaja večja možnost za pojav resonančnega gibanja.

Proizvajalec ponuja enačbo, s katero izračunamo dovoljeno tlačno obremenitev pravokotno na os vretena. V enačbi je vštet varnostni faktor 0,3. Rezultat je odvisen od dolžine vretena, premera sredice ter načina vpetja (Slika 25).



Slika 25: Možnosti vpetja vretena in namestitveni faktorji

$$F_{dop} = \frac{34000 \times b \times d_2^4}{l_1^2} \quad \dots(2)$$

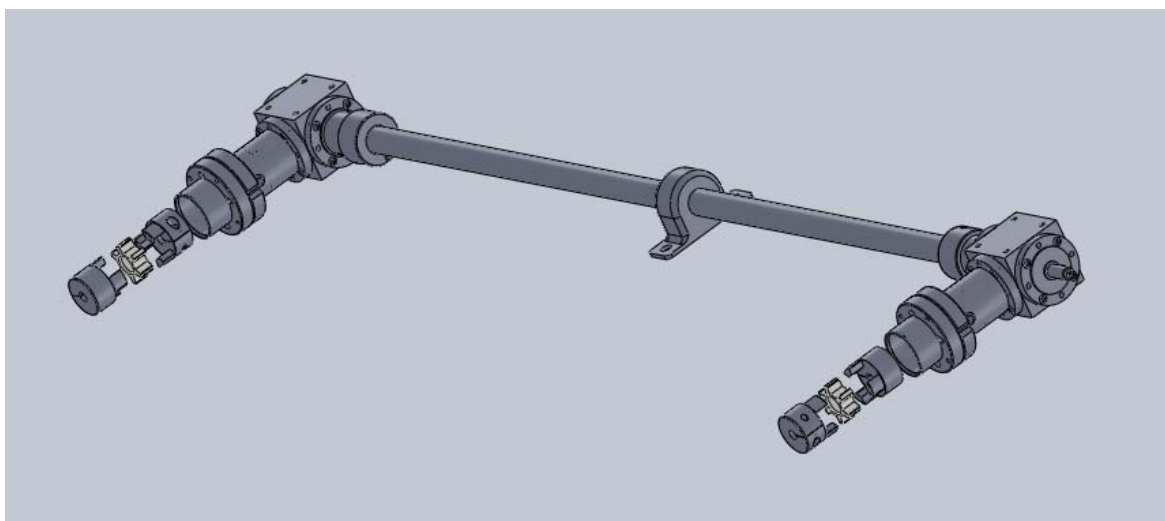
F_{dop}	dovoljena obremenitev (N)
b	namestitveni faktor (Slika 25)
d_2	premer sredice vretena (mm)
l_1	dolžina vretena

2.2.3.8. Prenosnik moči

V primeru dveh vzporednih modulov, ki opravljata iste gibe, bi bilo nesmotrno uporabiti servomotor za vsak modul posebej.

V takem primeru je najboljšše uporabiti prenosnik moči (Slika 26), ki predstavlja klasično izvedbo sinhronizacije dveh vijačnih vreten.

Sklop je sestavljen iz dveh kotnih prenosov, dveh parkljastih sklopk z elastičnimi elementi ter gredi in ležaja.



Slika 26: Prenosnik moči

Kotni prenosi (90°) prenesejo rotacijsko gibanje v osni smeri na os, ki je pravokotna, gred poskrbi za prenos rotacijskega gibanja do naslednjega kotnega prenosa. Ležaj služi, da gred opravlja samo rotacijo in se drugače (v drugih smereh) ne premika, ter dve parkljasti sklopki na prehodu med priključkom vretena in kotnim prenosom. Sklopki sta parkljasti z elastičnim elementom, ki opravlja nalogo blažitev morebitnih udarnih sunkov, ki se pojavljajo ob zagonu ali ob nenadni spremembi smeri.

Preglednica 9: Karakteristike gredi in sklopk na prenosniku moči

Gred (votla aluminijasta cev)	Masa	0,540 kg/m
	Moment vztrajnosti	$8,171 \times 10^{-5} \text{ kgm}^2/100\text{mm}$
Sklopke (zobniške sklopke z elastičnim elementom)	Masa	0,3 kg
	Vrtilni moment	Obe sklopki skupaj: $2,68 \times 10^{-4} \text{ kgm}^2$

2.2.4 Pogoni

2.2.4.1 Pogoni osi

Za pogone linearnih modulov uporabljamo servomotorje. Servomotor je naprava, ki sledi signalu manjše moči tako, da s pretvorbo napajalne v mehansko energijo regulira navor in

pomik gnane naprave. V regulacijskem krogu je to enota, ki reagira na krmilni signal regulatorja in na svojem izhodu oddaja energijo, ki je potrebna delovni napravi (Vindšnurer, 1988).

V našem primeru uporabljamo servomotorje proizvajalca Isel (Slika 27).

Te električne servomotorje odlikuje dober dinamični odziv, dobro pa so se izkazali tudi v praksi.

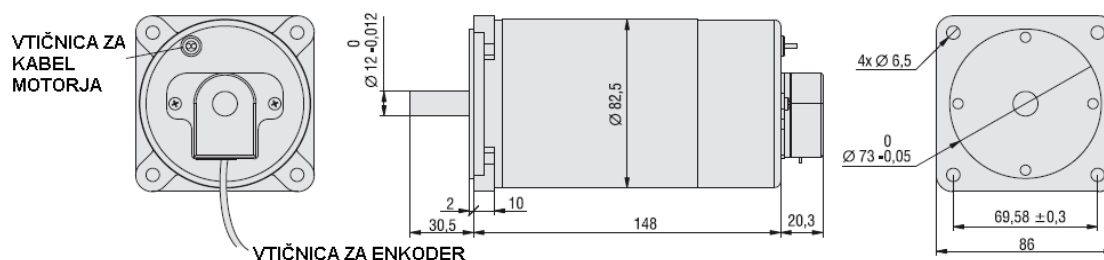


Slika 27: Servomotor DC 300 proizvajalca Isel
(vir: <http://www.isel-germany.de/products/product.php?lang=en&ID=p308>)

Karakteristike prikazanega servomotorja (Slika 27) so naslednje:

Preglednica 10: Karakteristike servomotorja DC 300

MOTOR	NAPETOST	HITROST (BREZ OBREMENTVE)	ELEKTRIČNI TOK (BREZ OBREMENTVE)	NAZIVNO ŠTEVILO VRTLJAJEV	NAVOR	NAZIVNI ELEKTRIČNI TOK	NAZIVNA MOČ	NAJVIŠJI TOK
DC 300	V	min ⁻¹	A	min ⁻¹	Ncm	A	W	A
	48	3200	1	3000	100	9	315	20



Slika 28: Podrobnosti motorja DC 300

2.2.4.2 Obdelovalni agregat

Za obdelovalni agregat uporabljamo visokoturni motor COLOMBO RS 90 proizvajalca Elettromeccanica GIORDANO COLOMBO s.r.l.



Slika 29: Obdelovalni agregat

(vir: <http://store.blurrycustoms.com/ProductDetails.asp?ProductCode=7.5HP+RS90+CPE+25>)

Preglednica 11: Podatki obdelovalnega agregata

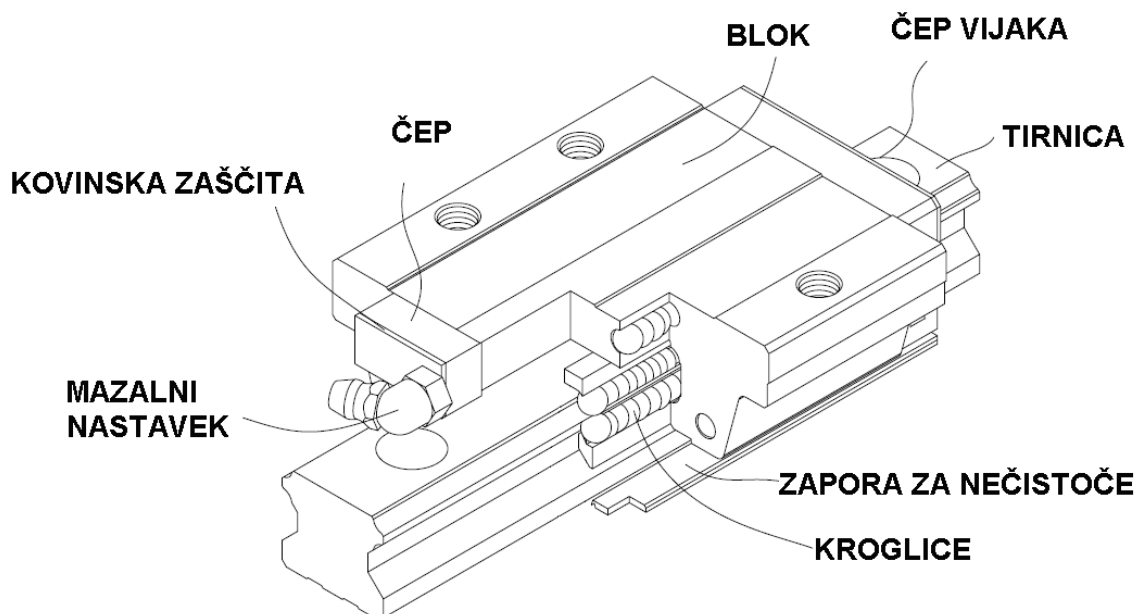
MOČ	NASTAVITEV VRTLJAJEV S SPREMEMBO FREKVENCE
3 kW	do 24000 min ⁻¹

Namenjen je za rezkanje mehkejših materialov, odvzema do 16 mm. Na sliki je izbrani AC-servomotor z vgrajenim enkoderjem, ki poskrbi za zagotavljanje stalnega momenta. Krmilimo ga preko industrijskega računalnika ISR 20, ki je povezan na servokrmilnik, na katerega so povezani tudi vsi motorji za pogone osi. Motor je zračno hlajen z ročno menjavo orodij.

2.3 OSTALE KOMPONENTE

2.3.1 Vodila

Vodila HIWIN pri sestavljanju stroja vedno uporabljamo v kombinaciji z linearnimi moduli LES. Vodila Hiwin predstavljajo vozički in tirnica.

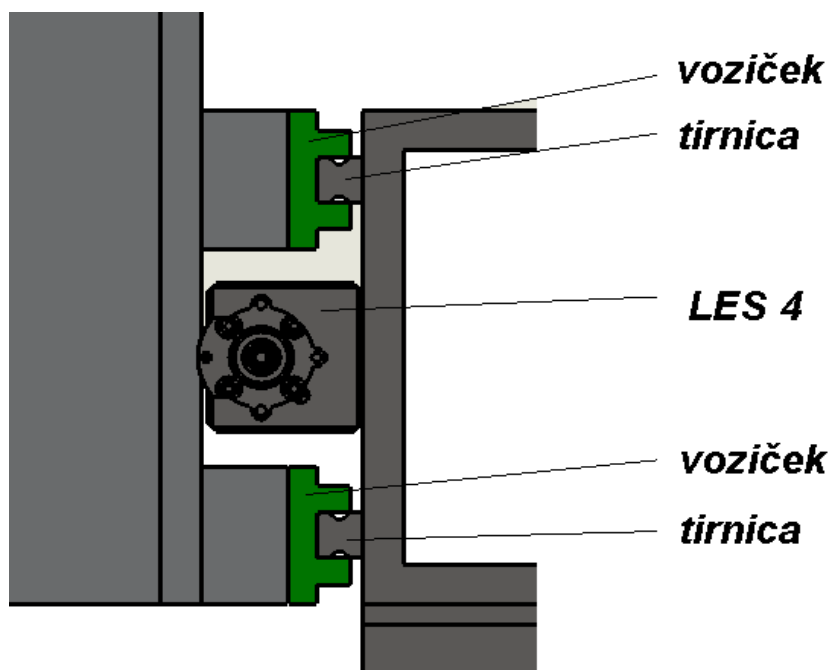


Slika 30: Vodilo proizvajalca HIWIN

(vir: http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13-0809.pdf)

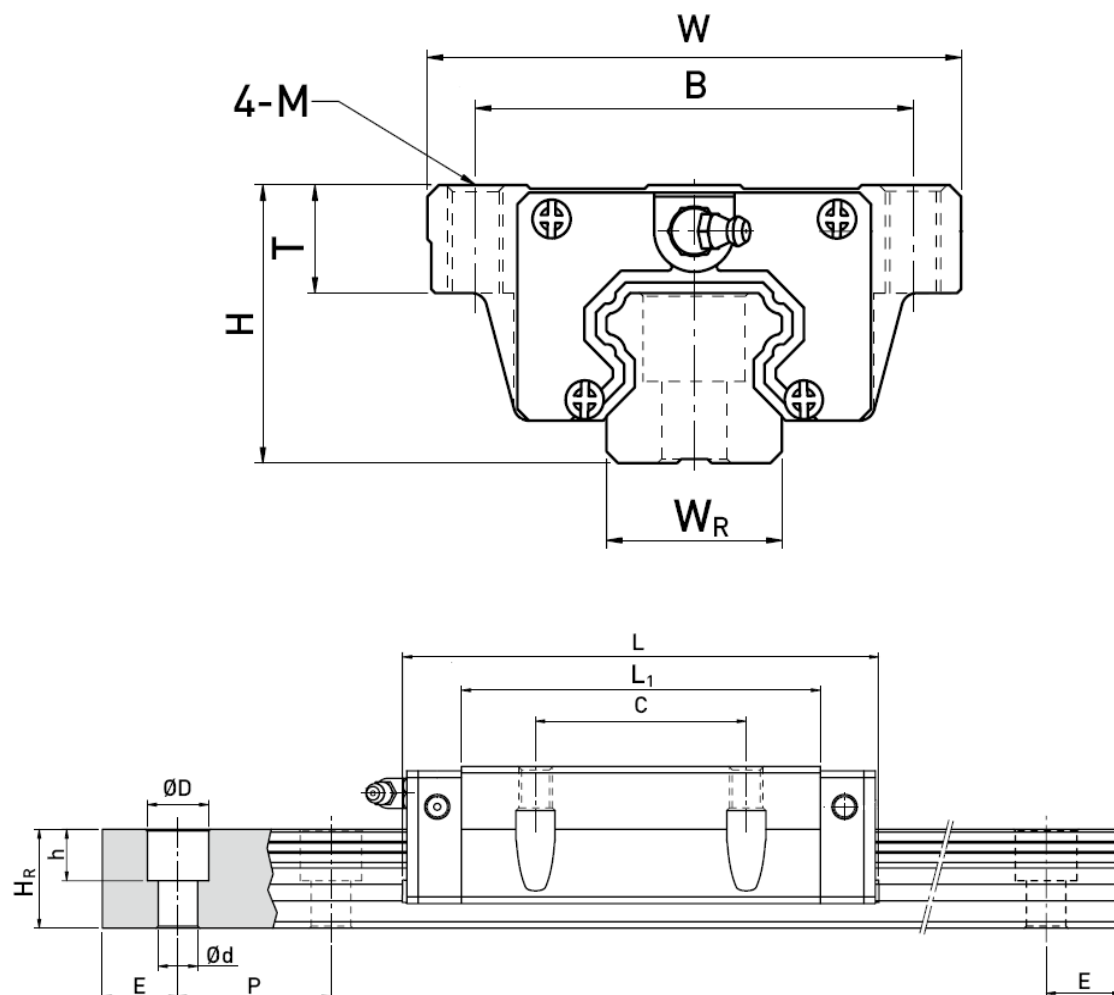
Kroglice niso statične, ampak cirkulirajo. Voziček deluje kot linearni ležaj.

Ta vodila namestimo skupaj z linearnimi moduli za večjo natančnost premikanja. Ponavadi imamo po dva vozička za večjo stabilnost sklopa; kot je prikazano na Sliki 31.



Slika 31: Prikaz namestitve LES 4 z vozički HIWIN za večjo natančnost pomikanja

Pri naročilu vodil lahko izbiramo med različnimi vrstami le-teh. Med sabo se razlikujejo po dimenzijah, nosilnosti, velikosti tekalnih elementov, tirnicah in načinih mazanja oziroma zaščite pred prahom.



Slika 32: Načrt vozička HIWIN in njegova tirnica

(vir: http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13_-0809.pdf)

Preglednica 12: Podrobnosti različnih HIWIN vozičkov

(vir: http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13-0809.pdf)

MODEL (HGW)	Višina bloka	Širina bloka	Dolžina bloka	Razmik med vijaki	Razmik med vijaki	Vijak	Dolžina izvrtine z navojem	Širina tirnice	Višina tirnice	Izvrtna glave vijaka	Višina izvrtine glave vijaka	Izvrtna stebila vijaka	Razmik med luknjami za vijake	Odmik luknje od roba tirnice
	H	W	L	B	C	M	T	W _R	H _R	D	h	D	P	E
15CA	24	47	61,4	3 8	3 0	M5	8,9	15	15	7,5	5,3	4,5	60	20
20CA	30	63	77,5	5 3	4 0	M6	10	20	17,5	9,5	8,5	6	60	20
20HA			92,2											
25CA	36	70	84	5 7	4 5	M8	14	23	22	11	9	7	60	20
25HA			104,6											
30CA	42	90	97,4	7 2	5 2	M10	16	28	26	14	12	9	80	20
30HA			120,4											
35CA	48	100	112,4	8 2	6 2	M10	18	34	29	14	12	9	80	20
35HA			138,2											
45CA	60	120	139,4	1 0 0	8 0 0	M12	22	45	38	20	17	14	10 5	22, 5
45HA			171,2											

Največkrat uporabimo vozičke HGW-25HA (označeni na Preglednici 12), kar pomeni:

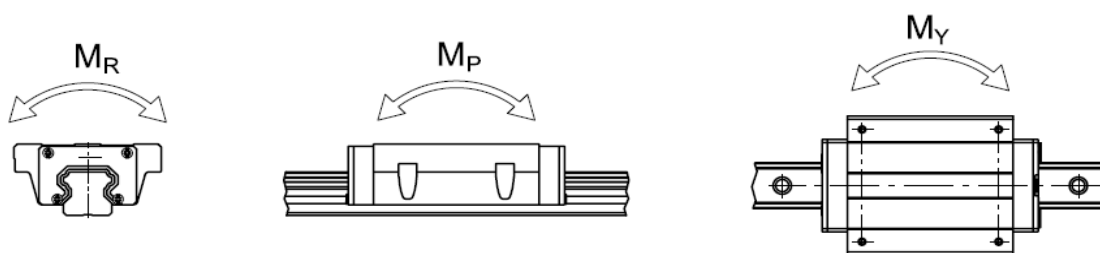
HG serija vozičkov

W tip vozičkov (W: flange, H: square)

25 velikost modela (izbiramo med 15, 20, 25, 30, 35, 45, 55, 65)

H vrsta obremenitve (C: heavy load, H: super heavy load)

A načini namestitve tirnice (A: glava vijaka v tirnici (pritrditev od zgoraj), B: glava vijaka ni v tirnici (pritrditev od spodaj))



Slika 33: Momenti, ki delujejo na voziček

Tip vozička HGW-25HA ima tudi naslednje lastnosti:

- dinamična obremenitev C 32,75 kN,
- statična obremenitev C_s 49,44 kN,
- dopustni statični momenti (prikazani na Sliki 33),
- M_R 0,56 kNm,
- M_P 0,57 kNm,
- M_Y 0,57 kNm,
- masa vozička: 0,8 kg,
- masa tirnice: 3,21 kg/m.

Statično obremenitev in statične momente moramo upoštevati z varnostnim faktorjem, ki znaša za:

- normalno obremenitev $f_{sn} = 1,0$ do $3,0$,
- obremenitev z udarci ali vibracijami $f_{sm} = 3,0$ do $5,0$.

Varnostni faktor naj bi bil vedno večji od vrednosti 1, saj $f_{sn} = 1,0$ pomeni, da smo dosegli dopustno deformacijo, in s tem točko kritične varnosti.

Izračun statičnega varnostnega faktorja za normalno obremenitev:

$$f_{sn} = \frac{C_s}{C_d} \quad \dots(3)$$

f_{sn} varnostni faktor

C_s statična obremenitev

C_d izračunana obremenitev med delovanjem

Izračun statičnega varnostnega faktorja za momente:

$$f_{sm} = \frac{M_{(R,P,Y)}}{M_{d(R,P,Y)}} \quad \dots(4)$$

f_{sn} varnostni faktor

$M_{(R,P,Y)}$ dopustni statični moment

$M_{d(R,P,Y)}$ izračunani delovni moment

Dinamična obremenitev C_d je definirana kot maksimalno breme, ki ga prenese voziček pri premikanju v dolžino 100 km brez spremembe smeri.

Uporabljamo jo predvsem za medsebojno primerjavo vozičkov ter izračun dobe uporabnosti tega strojnega elementa.

2.3.2 Sestavni deli portala in drugi elementi lastne izdelave

Ostale elemente, kot so sestavni deli suporta in portala, izrežemo na CNC-stroju iz aluminijastih plošč debeline 20 mm.



Slika 34: Ostanek plošče po izrezovanju potrebnih elementov

Izrezane dele očistimo nečistoč, izvrtamo morebitne luknje, jim odstranimo iglo, ki nastane pri rezkanju, potem pa damo dele anodizirati (eloksirati).

Anodiziranje je elektrokemijski proces, pri katerem se na površini ustvari debelejša oksidna plast, ki površino ne le zaščiti, temveč lahko z dodajanjem določenih barvnih odtenkov pridobi razne barvne nianse.

V postopku anodiziranja aluminij potopimo v kad z elektrolitom, kjer ga priklopimo na pozitivni pol enakomernega električnega izvora in tako postane anoda. Z enakomerno električno napetostjo potujejo oksidni anioni od katode k anodi, kjer oddajo kisik, ta pa reagira z aluminijem in tvori aluminijev oksid. Debelina oksidne plasti je odvisna od temperature, elektrolita H_2SO_4 , uporabljene električne moči in trajanja anodiziranja. Nastala oksidna plast sestoji iz velikega števila odprtih por, ki jih je treba zapreti, kar se doseže s postopkom, imenovanim siling. Anodizirano plast je možno različno obarvati, v našem primeru metalno sivo.

2.3.3 Električna omarica s krmiljenem

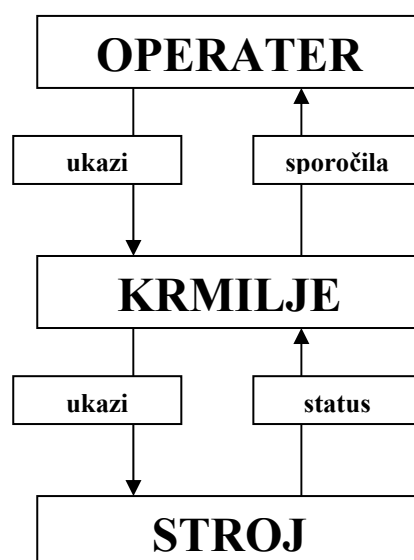
Elektroomarico nam je po naših zahtevah naredil proizvajalec Kops. Sestavljena je iz omare in monitorja, ki ga montiramo sami.



Slika 35: Električna omarica proizvajalca Kops
(vir: <http://www.kops.si/izdelki.html>)

V omari je industrijski računalnik, kontrolor za krmiljenje osi, frekvenčni pretvornik za spreminjanje obratov obdelovalnega agregata, električno vezje, modul za krmiljenje vhodov.

Iz uporabniškega vmesnika, ki ga sestavljajo zaslon, tipkovnica in miška, pošljemo ukaze v industrijski računalnik. Industrijski računalnik je povezan s servokrmilnikom, na katerega so priključeni servomotorji za premik osi (Slika 36). Na grafičnem uporabniškem vmesniku dobivamo vse podatke stroja o delovanju, stanju, poziciji, vrsti orodja in hitrosti rezalne glave.



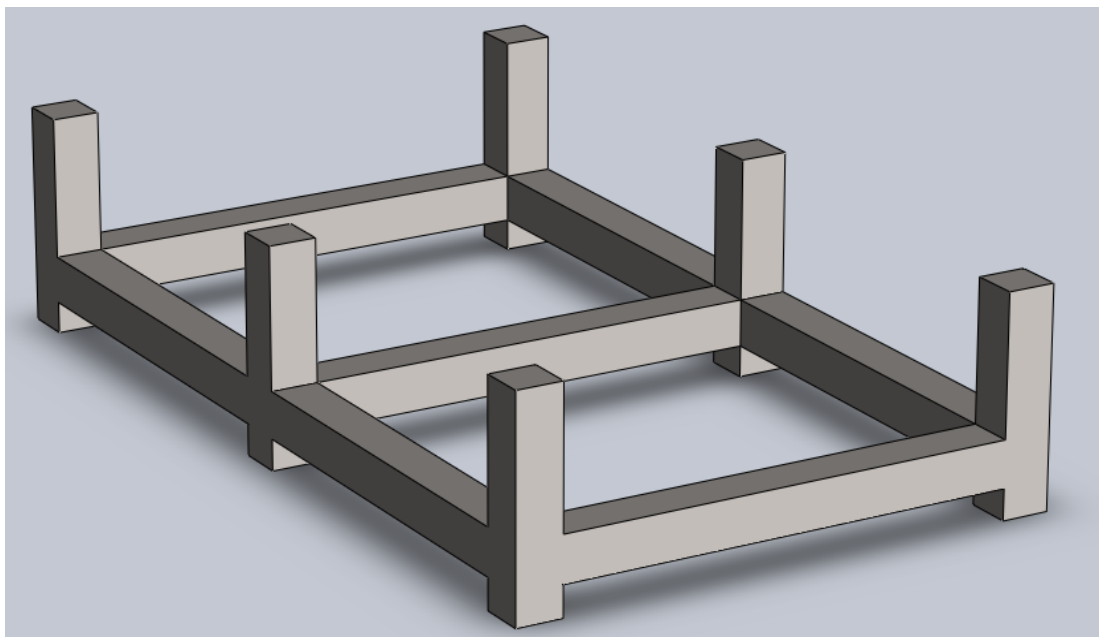
Slika 36: Poenostavljena shema potovanja podatkov

2.3.4 Podstavek cnc-obdelovalnega stroja

Podstavek CNC-stroja smo naročili pri podizvajalcu in je prilagojen proizvodni nalogi, ki jo bo stroj opravljal. Obliko ohišja določajo dolžina/širina obdelovanca ter prostorska razdelitev sklopov, ki pri tem stroju nastopajo.

Materiali za podstavke so najpogostejše (v našem primeru) varjeni iz konstrukcijskih jekel, lahko so pa tudi iz drugih materialov, kot na primer razne litine, železobetona.

Podstavek lahko med seboj povezujemo z razstavljivimi vezami, kot so vijaki in matice ter mozniki in zagozde. Pri tem moramo paziti na stike – ti morajo biti čim bolj trdni, ker to vpliva na togost celotnega ogrodja.



Slika 37: Primer podstavka stroja

Podstavek je zvarjen iz varjenih kvadratnih jeklenih cevi (Slika 37). Zaradi majhnih odstopanj, ki se pojavljajo pri varjenem podstavku, privarimo na zgornje površine nog plošče z navojnimi luknjami, na njih postavimo predhodno brušene plošče za bolj ravno podlago.

3 SESTAVLJANJE CNC-STROJA 1

Opisal bom potek sestavljanja stroja, kakršen je v rabi v podjetju za gradnjo stroja s pomičnim portalom, podprtim na obeh straneh mize. S tako izvedbo dosežemo zelo dobro stabilnost obdelovalnega vretena na račun prostora in pregleda nad obdelovalno mizo.

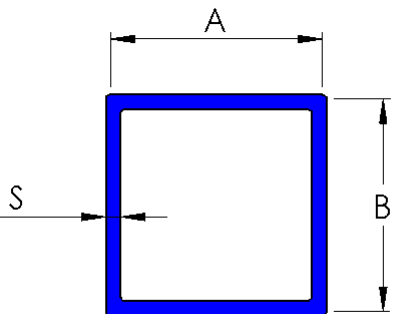
Sestavljanje je razdeljeno v dva sklopa: izdelavo mize in izdelavo pomičnega portala.

3.1 IZDELAVA MIZE

3.1.1 Podstavek

Na samem začetku dobimo zvarjeno ohišje stroja, ki ga zvari kooperant. Ohišje je natančno zvarjeno, prebarvano in pripravljeno na obdelavo (Preglednica 14). Sestavljeno je iz kvadratnih varjenih jeklenih cevi, katerih lastnosti so predstavljene v Preglednici 13.

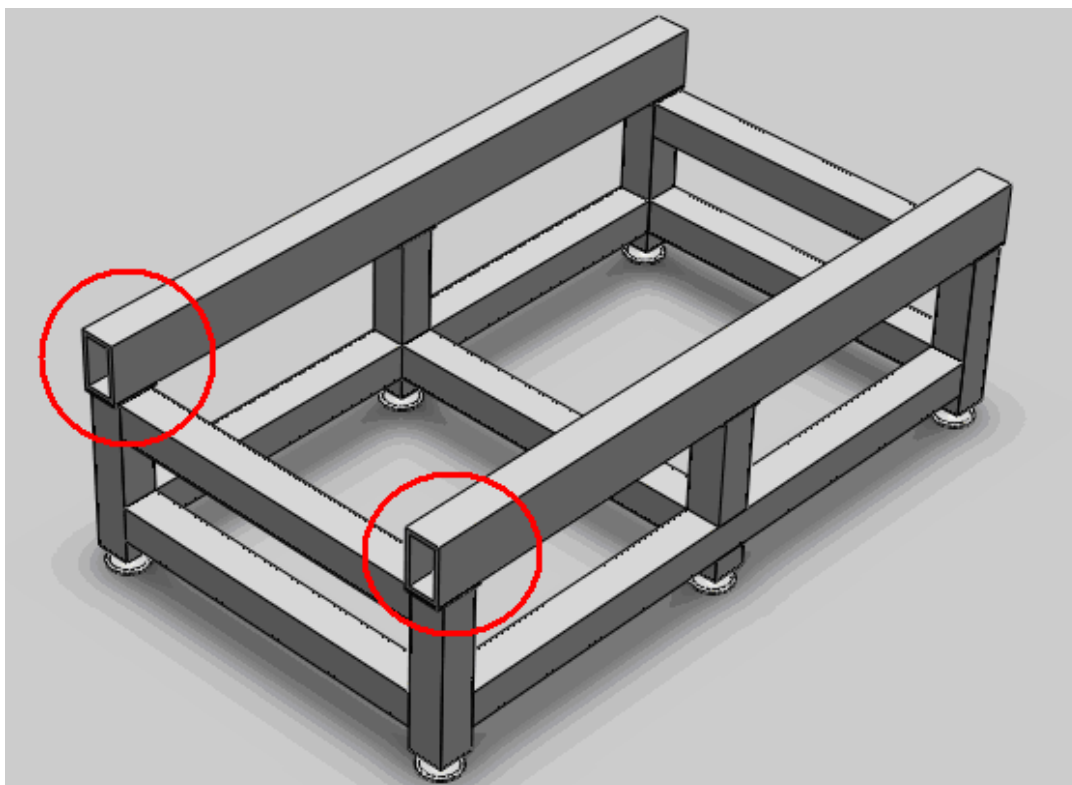
Preglednica 13: Lastnosti kvadratnih varjenih cevi
(vir: http://www.metra-sezana.si/katalog_izdelkov.pdf)

				
ZUNANJE MERE	DEBELINA	TEŽA	VZTRAJNOSTNI MOMENT	ODPORNOSTNI MOMENT
$A \times B$ (mm)	S (mm)	(kg/m)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ⁴)
150 × 150	5	22,09	969,96	129,33

Preglednica 14: Seznam jeklenih cevi, zvarjenih med sabo

1	NOGA	150 mm X 150 mm X 700 mm	4 KOS
2	PREČNA VEZ	150 mm X 150 mm X 1405 mm	5 KOS
3	VZDOLŽNA VEZ	150 mm X 150 mm X 2650 mm	2 KOS
4	NOGA ZGORAJ	150 mm X 150 mm X 450 mm	2 KOS
5	NOGA SPODAJ	150 mm X 150 mm X 100 mm	2 KOS

Okvir najprej podložimo z nogami, privijemo in uravnamo nosilne plošče tako, da so vse v isti ravnini.



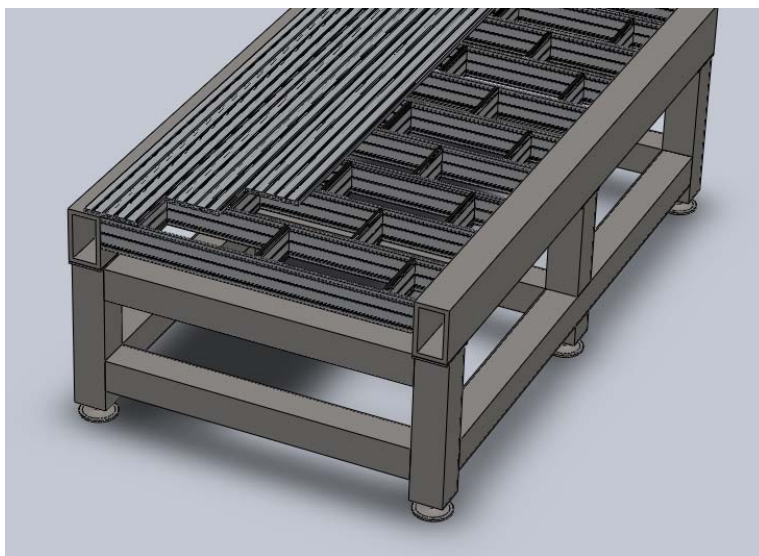
Slika 38: Okvir CNC-stroja 1

Na nosilne plošče privijemo jeklena profila pravokotne oblike in strojno obdelana za večjo natančnost. Okvir, podložen z nogami in privitima jeklenima profiloma, je prikazan na Sliki 38 (posebej sta označena jeklena profila).

3.1.2 Izdelava obdelovalne mize

Obdelovalno mizo sestavimo iz profilov PT (Slika 39), ki jih privijemo na satje s pomočjo T-matic.

Satje izdelamo zato, da bomo naredili nosilno podlago za obdelovalno mizo in da bo stroj posledično bolj trden.



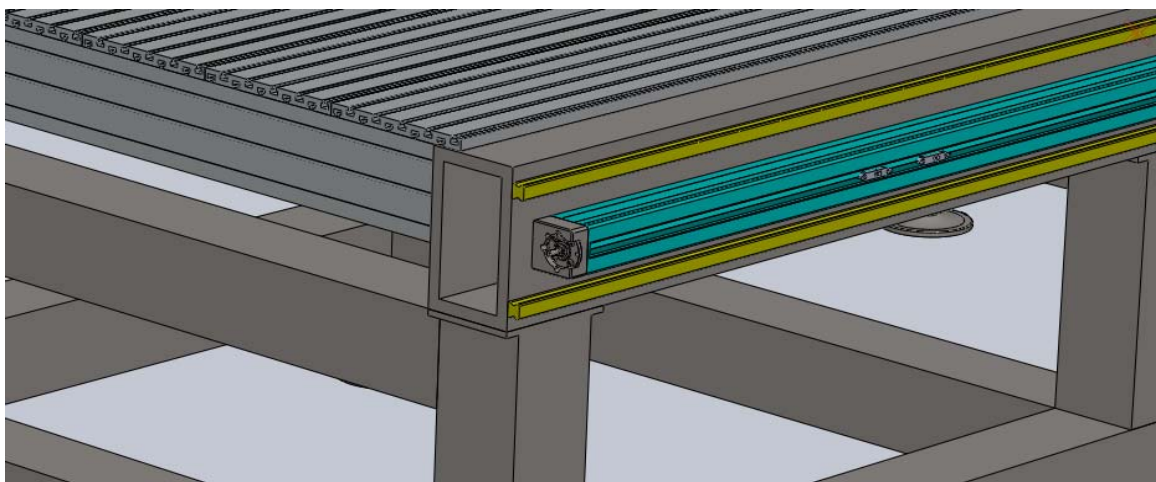
Slika 39: Sestavljanje obdelovalne mize

Satje izdelamo iz profilov PP 150 in jih med seboj privijemo, kot je prikazano na Sliki 39. Profili PP 150 tvorijo lahko in hkrati dovolj trdno konstrukcijo. Vsakemu profilu izvrtamo luknje, namenjene vijačenju satja, in luknje, potrebne za pritrditev mize s T-maticami in PT-profili.

3.1.3 Vodila in pogon X-osi

Vodila so pritrjena na levi in desni strani podstavka. Za pogon uporabimo element LES 4 dolžine 2890 mm in s korakom 10 mm (na en obrat vretena), z dvema maticama, od katerih je ena krogelna in služi premikanju po vretenu, druga pa prosto teče po vodilih v modulu. Zaradi dveh matic se hod zmanjša za 700 mm.

Na straneh namestimo ovalne matice in LES 4 na mesto, kot je prikazano na Sliki 40.



Slika 40: Pozicija LES 4 in tirnic HIWIN

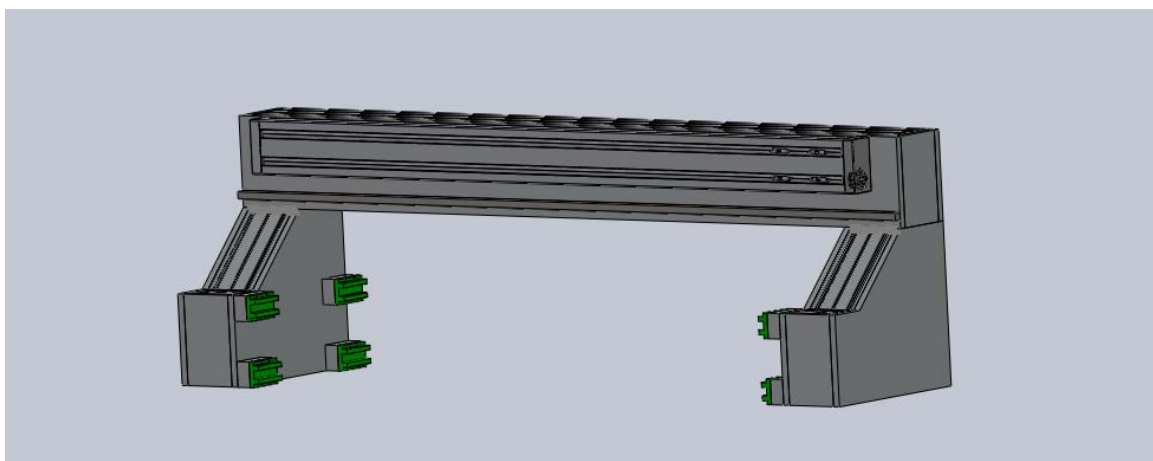
Za večjo natančnost in vodenost stroja namestimo po dve tirnici HIWIN na vsako stran. Na vsaki tirnici bosta po dva vozička HIWIN tipa HGW 25HA, vendar jih namestimo kasneje.

3.2 IZDELAVA POMIČNEGA PORTALA

Portal v večji meri naredimo sami, saj na CNC-stroju izrežemo iz aluminijastih plošč debeline 20 mm potrebne dele za sestavljanje. Tem delom izvrtamo potrebne luknje in jih anodiziramo.

Pomični portal predstavljata dve podpori ter most, v katerega namestimo satje profilov PP 150 za večjo trdnost in stabilnost portala (Slika 41).

Ko so deli anodizirani, začnemo sestavljati pomični portal. Sproti pa tudi montiramo vozičke HIWIN, ki služijo za pomikanje v X-smeri, in namestimo pogon osi Y.



Slika 41: Pomični portal

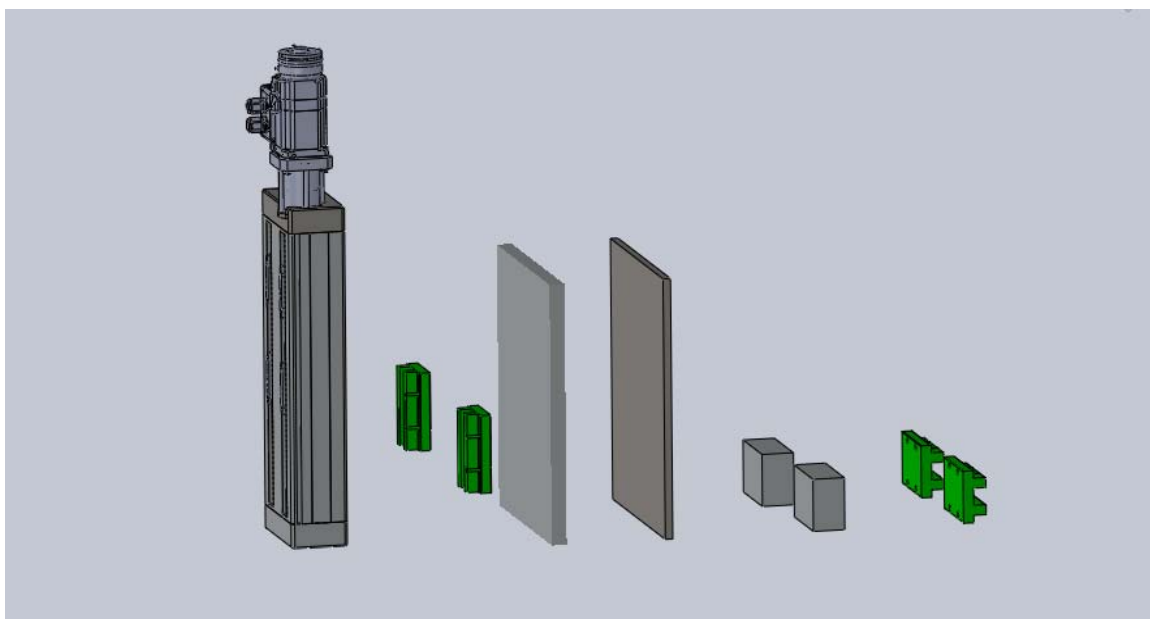
3.2.1 Vodila in pogon Y-osi

Y-os je pritrjena na pomični portal stroja, ki se premika po X-osi. Za pogon Y-osi uporabimo modul LES 4 z dvojnim vretenom dolžine 1980 mm, korakom 10 mm in eno tirnico ter dvema vozičkoma HIWIN, ki se nahajata pod njo.

Na krogelne matice namestimo še vezno ploščo, ki bo nosila pogon Z-osi, in dva vozička HIWIN, ki sta namenjena tirnici v smeri Y-osi.

3.2.2 Vodila in pogon Z-osi

Vodila in pogon Z-osi so nameščeni na dvojni vezni plošči, ki je pritrjena na Y-osi. Za pogon smo izbrali dvovretenski modul LES 4 z dvojnim vretenom dolžine 390 mm in korakom 10 mm.

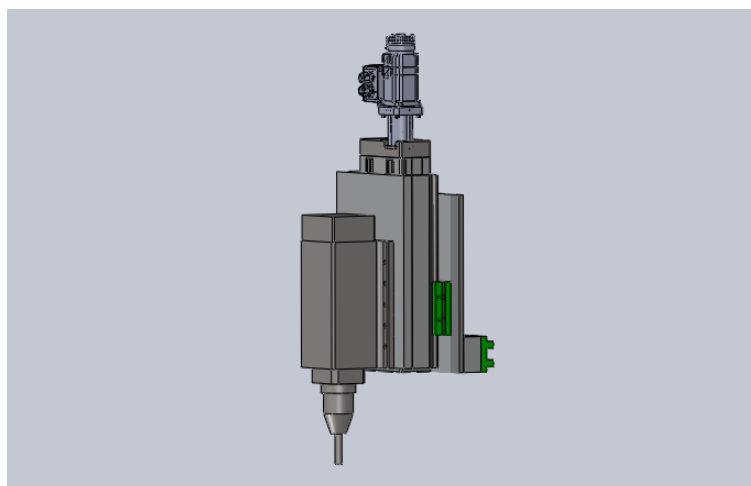


Slika 42: Prikaz montiranja modula LES 4, namenjenega za pomik v Z-smeri na vezno ploščo osi Y

Na vezni plošči je torej pritrjen LES 4, z obeh strani pa sta na plošči vozička HIWIN, ki sta namenjena tirnicam na nosilni plošči obdelovalnega agregata (Slika 42).

3.2.3 Obdelovalni agregat

Obdelovalni agregat COLOMBO RS 90 proizvajalca Elettromeccanica GIORDANO COLOMBO s.r.l. pritrdimo na ploščo (nosilno ploščo obdelovalnega agregata), ki je pritrjena na krogelne matice dvovretenskega linearnega modula LES 4 v Z-smeri (Slika 43).



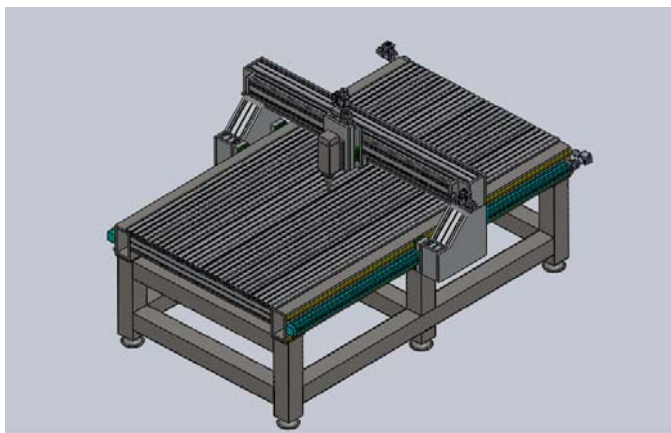
Slika 43: Model obdelovalnega agregata in njegova pozicija

Po namestitvi obdelovalnega agregata še enkrat preverimo konstrukcijo, zaženemo agregat in ga pustimo, da dela na srednjih obratih 20 minut. V tem času preverjamo, če pride do tresljajev. Če so tresljaji preveliki, je napaka v konstrukciji ali v samem agregatu.

3.3 ZDRUŽITEV POMIČNEGA PORTALA IN MIZE

Ko sta ohišje in portal narejena, s pomočjo dvigala (zaradi teže portala in varnosti) dvignemo portal in ga namestimo na ohišje.

Tako imamo sestavljen CNC-stroj (Slika 44), sledijo še namestitev motorjev in pogonskih povezav ter napeljava energetskih kablov in priklop stroja na elektroomarico.



Slika 44: Zgrajen CNC-stroj

4 SESTAVLJANJE CNC-STROJA 2

CNC-stroj 2 bo imel za razliko od prejšnjega stroja konzolno vpet obdelovalni agregat. »Portal« (v nadaljevanju konzola) ne bo podprt na obeh straneh mize, ampak samo na eni, kjer bodo tudi njegova vodila in linearni modul, ki bo skrbel za premikanje konzole. Zaradi lažjega primerjanja strojev med sabo imata obdelovalni mizi obeh strojev enako vrednost.

Ta izvedba stroja nam omogoča večji pregled nad delovno mizo, lažji dostop in delo z obdelovancem. Stroj je zaradi dodatnih ojačitev širši in ne omogoča takšne stabilnosti vretena kot CNC-stroj 1.

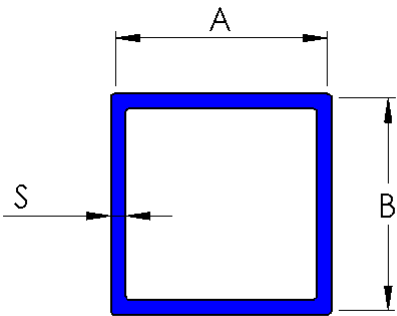
Sestavljanje se deli na dva sklopa, in sicer na sestavljanje mize in sestavljanje pomične konzole.

4.1 IZDELAVA MIZE

4.1.1 Podstavek

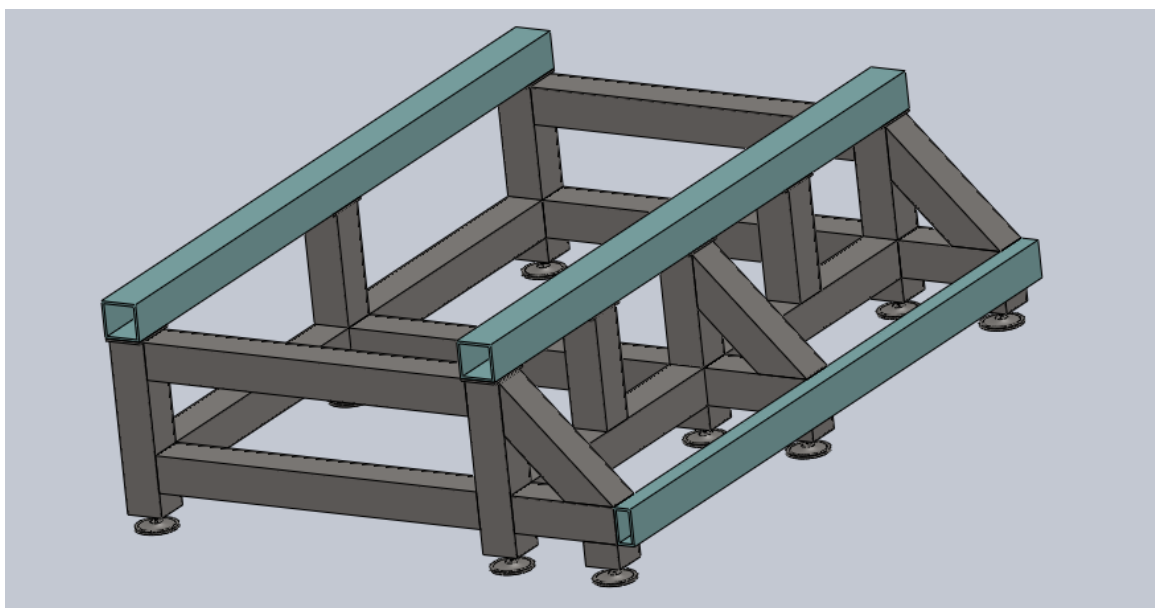
Od kooperanta dobimo zvarjen in prebarvan podstavek. Sestavljen je iz kvadratnih varjenih jeklenih cevi (Preglednica 15, Preglednica 16). Za razliko od podstavka za CNC-stroj 1 je težji in širši, in sicer zaradi dodanih ojačitev za podpiranje konzole.

Preglednica 15: Lastnosti kvadratnih jeklenih varjenih cevi, potrebnih za izdelavo okvirja stroja CNC 2
(http://www.metra-sezana.si/katalog_izdelkov.pdf)

				
ZUNANJE MERE	DEBELINA	TEŽA	VZTRAJNOSTNI MOMENT	MOMENT ODPORNOSTI
$A \times B$ (mm)	S (mm)	(kg/m)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ⁴)
150 × 150	5	22,09	969,96	129,33

Preglednica 16: Seznam cevi, zvarjenih med sabo

1	NOGA	150 mm × 150 mm × 700 mm	4 KOS
2	PREČNA VEZ	150 mm × 150 mm × 1405 mm	3 KOS
3	VZDOLŽNA VEZ	150 mm × 150 mm × 2650 mm	2 KOS
4	NOGA ZGORAJ	150 mm × 150 mm × 450 mm	4 KOS
5	NOGA SPODAJ	150 mm × 150 mm × 100 mm	5 KOS
6	NOGA VSTRAN	150 mm × 150 mm × 450 mm	3 KOS
7	VEZ POSTRANI	150mm × 150 mm × 630 mm (prirežana pod kotom 45° na obeh straneh)	3 KOS



Slika 45: Podstavek CNC-stroja 2

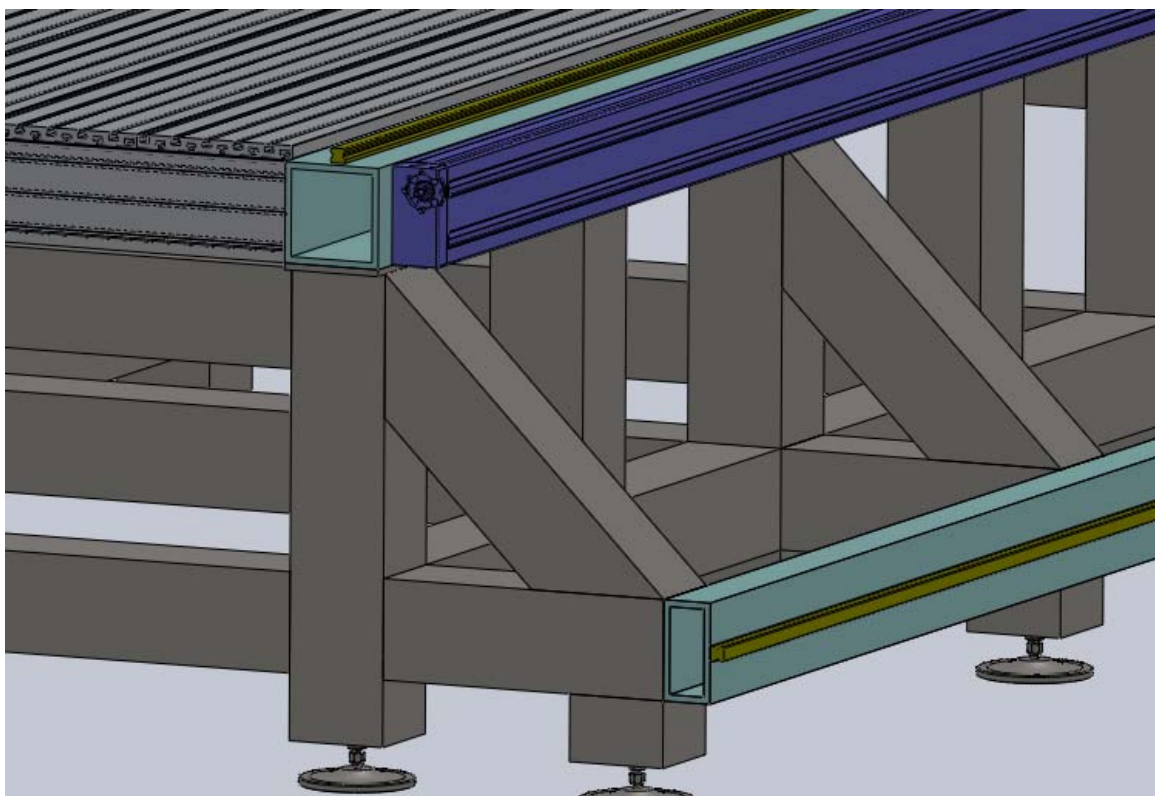
Na Sliki 45 je predstavljen okvir CNC-stroja 2 z že pritrjenimi elementi. Cevi zgoraj (Slika 45) imajo vlogo, da držijo satje in s tem obdelovalno mizo ter tirnico HIWIN (eno izmed njih), cev spodaj pa bo služila kot nosilna podlaga druge tirnice HIWIN.

4.1.2 Izdelava obdelovalne mize

Obdelovalna miza je enaka kot pri CNC-stroju 1. Med zgornjimi cevmi izdelamo satje iz profilov PP 150 in nanje montiramo profile PT 50. Način je prikazan na Sliki 39.

4.1.3 Vodila in pogon X-osi

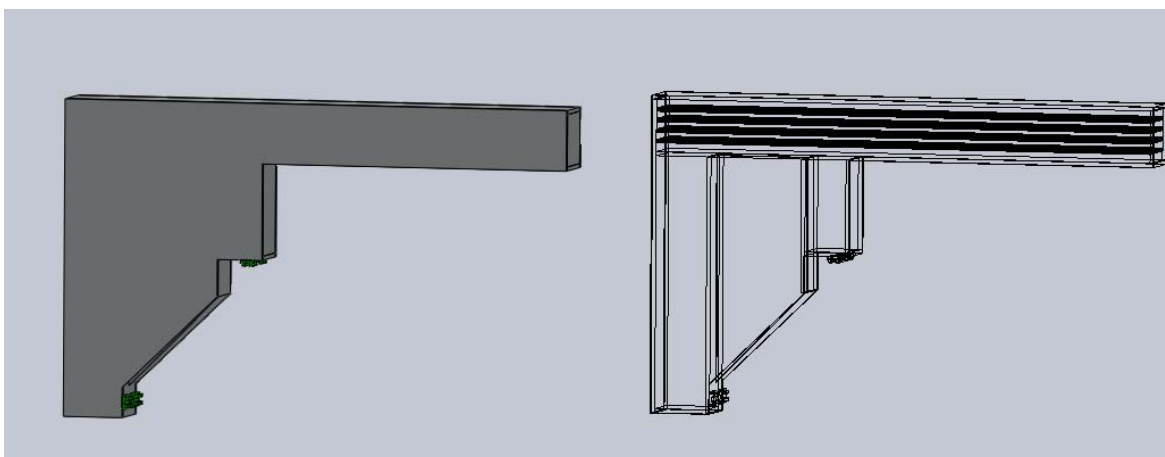
Za pogon X-osi uporabljamo dvovretenski linearni modul LES 4 s korakom 10 mm in dolžino 2890 mm. Smer pomika natančneje določimo še z dvema tirnicama HIWIN (Slika 46).



Slika 46: Položaj dvovretenskega linearnega modula LES 4 in tirnic HIWIN

4.2 IZDELAVA POMIČNE KONZOLE

Pomična konzola pri stroju olajša dostop do obdelovanca, omogoča lažje čiščenje in je za malenkost višja od pomičnega portala.

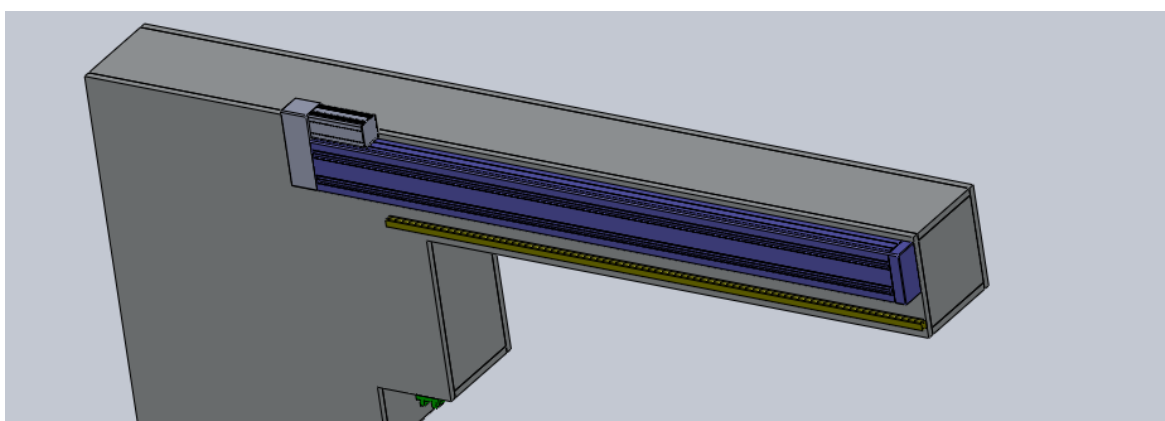


Slika 47: Pomična konzola

Kot opazimo na Sliki 47, je pomična konzola sestavljena iz aluminijastih plošč in aluminijastih profilov (satje, sestavljeno iz PP 200).

4.2.1 Vodila in pogon Y-osi

Za pogon Y-osi uporabimo dvovretenski linearni modul LES 4 s korakom 10 mm in dolžino 1790 mm. Pritrdimo ga na konzolo s pomočjo ovalnih matic M6. Za boljše vodenje v smeri Y pa pod ta element montiramo tirnico HIWIN, kot je prikazano na Sliki 48.



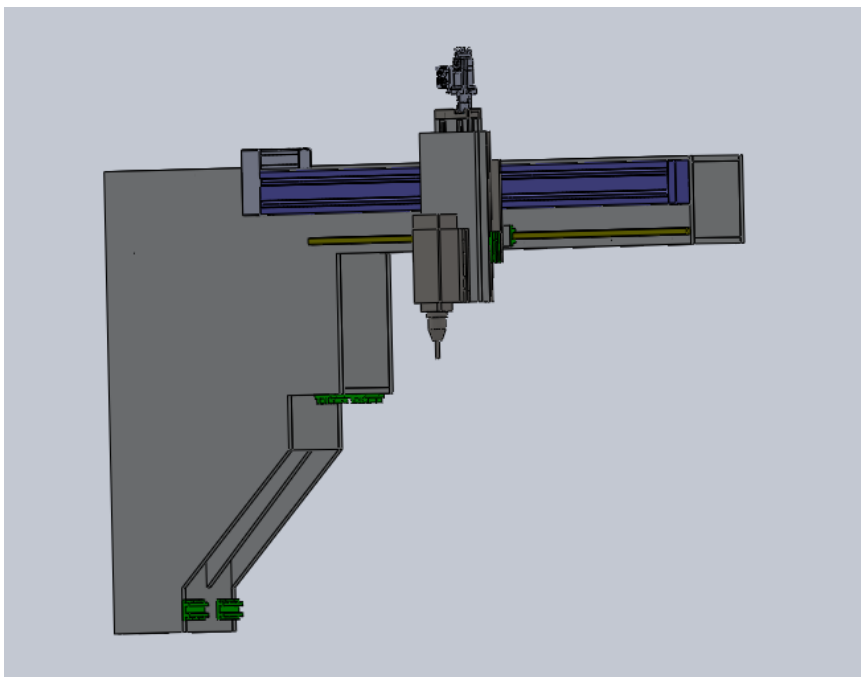
Slika 48: Pozicija LES 4 in tirnice HIWIN

4.2.2 Vodila, pogon Z-osi in obdelovalni agregat

Na montirani modul LES 4, namenjen za pomik v Y-os, namestimo vezno ploščo z dvema paroma vozičkov HIWIN, ki bodo namenjeni za drsenje po Y- in Z-osi.

Za pomik v Z-os pritrdimo na vezno ploščo dvovretenski modul LES 4 s korakom 10 mm in dolžine 390 mm (Slika 49).

Od vezne plošče naprej pri CNC-stroju 2 velja enak postopek montiranja posameznih elementov kot pri CNC-stroju 1, vse do obdelovalnega vretena (glej Sliko 42).



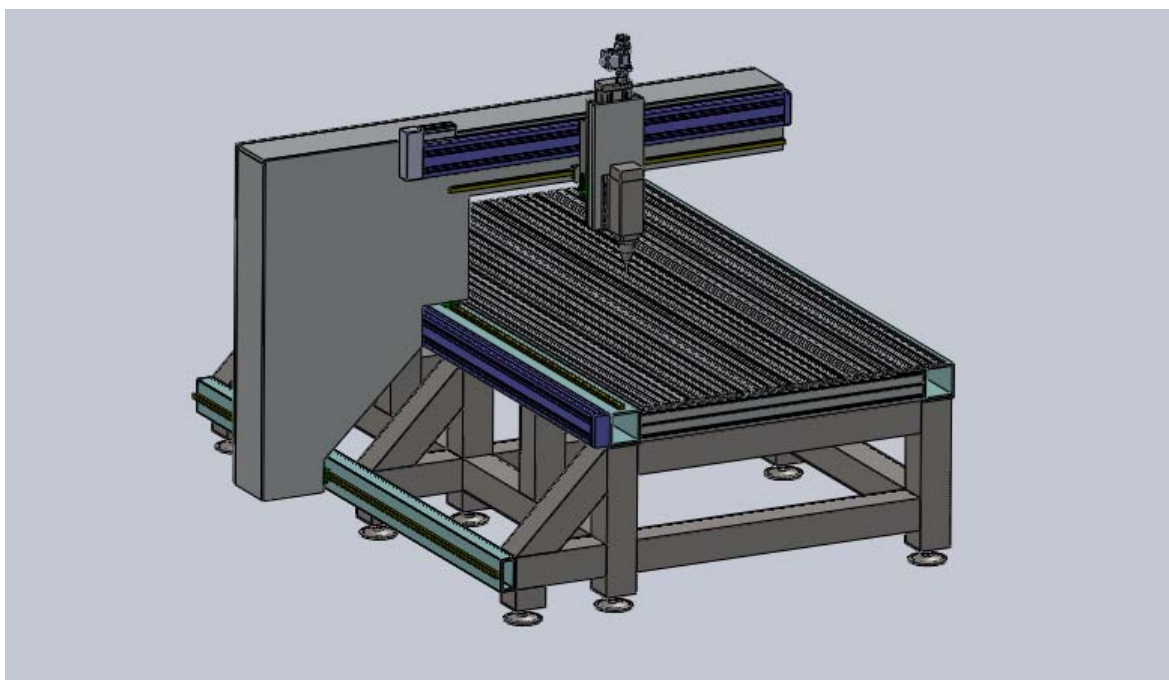
Slika 49: Pomična konzola s pripadajočimi moduli, vodili ter obdelovalnim agregatom

4.3 ZDRUŽITEV MIZE IN POMIČNE KONZOLE

Po končanem delu z obdelovalno mizo in pomično konzolo omenjena elementa sestavimo (Slika 50).

Zaradi teže konzole in varnosti pri nameščanju uporabimo dvigalo. Konzolo previdno namestimo in preverimo, če je njen tek po tirnicah enakomeren in brez tresljajev.

Nato namestimo še motorje in napeljemo energetske kable do elekroomarice.



Slika 50: Stroj CNC 2

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

Predstavljeno je snovanje in izgradnja dveh tipov izvedb CNC obdelovalnih strojev z uporabo standardnih komponent. To predstavlja rešitev problema v primerih, ko ne gre za izvajanje posebej zahtevnih tehnoloških operacij, cena za nakup namenskega ali univerzalnega stroja pri proizvajalcih pa nam predstavlja veliko oviro.

CNC-obdelovalna stroja imata tri linearne osi, ki so elektronsko krmiljene. Oba stroja sta izdelana iz standardiziranih komponent, razlikujeta pa se v izvedbi. Zaradi lažjega primerjanja strojev sta oba stroja zasnovana tako, da je površina obdelovalnih miz enaka.

- Oba stroja sta primerna za rezkanje materialov v 2,5- in 3D področju.
- Stroja sta opremljena z enim visokofrekvenčnim obdelovalnim vretenom.
- Namenjena sta za delo v suhih zaprtih prostorih pri temperaturi 18–40 stopinj.
- Njuna priključna napetost znaša 3 x 380 V, 50 Hz, 2 kVA.
- Oba stroja imata površino obdelovalne mize 4,5 m² (1500 mm x 3000 mm).
- Dimenzije stroja 1 so: 1840 mm (višina), 2345 mm (širina), 3150 mm (dolžina).
- Dimenzije stroja 2 so: 2130 mm (višina), 2560 mm (širina), 3000 mm (dolžina).
- Na stroju 1 je portalna izvedba kot nosilec obdelovalnega agregata, na stroju 2 pa je konzolna izvedba.
- Za premikanje osi pri strojih uporabljamo standardizirane linearne module LES.

Primer stroja s portalno izvedbo, ki je sestavljen iz standardnih komponent in služi razrezovanju aluminija na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani, lahko vidimo na Sliki 51.



Slika 51: CNC-obdelovalni stroj na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani

6 POVZETEK

V nalogi sta predstavljena primera, kako lahko iz standardiziranih komponent izdelamo namenski stroj kot alternativo nakupu le-tega pri proizvajalcih tovrstnih strojev. Cilj naloge je opisati, kako lahko po nižji ceni sami zasnujemo in zgradimo namenski stroj, ki je namenjen izvajanju lažjih tehnoloških aplikacij. V nalogi je gradnja stroja predstavljena s standardnimi komponentami enega proizvajalca.

7 VIRI

1. Aluminijasti profili.
<http://www.alu-profile.isel.com>. (7.11.2011)
2. Električna omarica proizvajalca Kops
<http://www.kops.si/izdelki.html> (23. 11. 2011).
3. Elektromotor proizvajalca Isel
<http://www.isel-germany.de/products/product.php?lang=en&ID=p308>
(7. 12. 2011).
4. Jenko A. 1987. Osnove CNC tehnologije: učbenik. Ljubljana, Zavod za tehnično izobraževanje: 134 str.
5. Lastnosti jeklenih kvadratnih cevi - Spletni katalog izdelkov Metra Sežana
http://www.metra-sezana.si/katalog_izdelkov.pdf (12.12.2011)
6. Linearni moduli.
<http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c43> (7.11.2011)
7. Obdelovalni agregat
<http://store.blurrycustoms.com/ProductDetails.asp?ProductCode=7.5HP+RS90+CPE+25> (22. 11. 2011).
8. Prenosnik moči
http://lace.uni-mb.si/strojni_elementi_1_UNI/slikovno_gradivo/13%20-%20Gredne%20vezi%20in%20sklopke.pdf (16. 12. 2011).
9. Spletni katalog HIWIN Products
http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13-0809.pdf (15. 11. 2011).
10. Upogib dvovretenskega modula LES 6.
<http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c47> (6.11.2011)
11. Upogib modula LES 4
<http://www.isel-germany.de/products/category.php?lang=en&ID=c46> (7.11.2011)
12. Vodila – vodila HIWIN
<http://www.hiwin.com/html/linear%20guideways/hg.html> (15. 11. 2011).
13. Vindšnurer D. 1988. NC in CNC tehnologija v lesarstvu. Ljubljana, Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije: 160 str.