

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**ŠUMARSKI FAKULTET**  
**DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK**

**PREDIPLOMSKI STUDIJ**  
**DRVNA TEHNOLOGIJA**

**MATEO KOŠČEC**

**OGRANIČENJA RAČUNALOM UPRAVLJANIH OBRADNIH  
CENTARA ZA DRVO ODREĐENA NAJVEĆOM VISINOM OBRADNE  
(RESTRICTIONS ON CNC WOOD MACHINING CENTERS DEFINED  
WITH MAXIMUM PROCESSING HEIGHT)**

**ZAVRŠNI RAD**

**ZAGREB, (RUJAN, 2017.)**

## PODACI O ZAVRŠNOM RADU

<b>AUTOR:</b>	Mateo Koščec 07.08.1992. Zagreb 0035187546
<b>NASLOV:</b>	Ograničenja računalom upravljanih obradnih centara za drvo određena najvećom visinom obrade
<b>PREDMET:</b>	Tehnologija finalne obrade drva
<b>MENTOR:</b>	doc. dr. sc. Goran Mihulja
<b>IZRADU RADA JE POMOGAO:</b>	doc. dr. sc. Goran Mihulja
<b>RAD JE IZRAĐEN:</b>	Sveučilište u Zagrebu-Šumarski fakultet Drvena tehnologija
<b>AKADEMSKA GODINA:</b>	2016./2017.
<b>DATUM OBRANE:</b>	
<b>RAD SADRŽI:</b>	Stranica: 21 Slika: 14 Navoda literature:5
<b>SAŽETAK:</b>	<p>Računalom upravljani obradni centri za drvo se izrađuju prema „željama kupaca“ ali uvijek uz prisutna ograničenja. Jedan od ključnih elemenata kod odabira stroja svakako je visinaa obradka koji se strojem može obraditi. Ta visina nikada nije jednoznačno prikazana već je uvjetovana nekim konstruktivnim odrednicama stroja i pripadajućeg alata. U radu je izvršen pregled ponude najznačajnijih proizvođača strojeva za DI i navedeni prepoznati elementi ograničenja.</p>

## SADRŽAJ:

1. Uvod .....	1
2. Cilj rada .....	2
3. Cilj istraživanja .....	3
3.1 Pregled ponude najznačajnijih proizvođača CNC strojeva u drvnoj industriji s obzirom na visinu obradka koju stroj može obraditi .....	5
4. Zaključak .....	20
5. Literatura .....	21

## 1.UVOD

Stupnjevi slobode pokreta alata kod CNC strojeva mogu se poistovjetiti s desnim koordinatnim sustavom. CNC obradni centri koriste najmanje 3 osi kod pokreta alata, X, Y i Z os. X os je paralelna s najdužom stranom radnog stola dok je Y os paralelna s najkraćom. Vertikalno kretanje alata je u smjeru Z osi. CNC strojevi postaju mnogo fleksibilniji ako imaju 4. i 5. os u vidu rotacije oko glavnih X i Y osi.

Kao i svaki stroj, CNC stroj ima određena ograničenja uvjetovana samim konstrukcijskim rješenjima samog stroja, jedna od bitnijih stavki koju moramo uzeti u obzir svakako je maksimalna dimenzija obradka koju stroj može obraditi.

Kao glavni predmet istraživanja biti će univerzalan CNC stroj pošto je njegov spektar primjene širok te se unutar jednog pogona može iskoristiti za obradu različitih proizvoda na način da stroj osigurava brzo i jednostavno prebacivanje s jedne obrade na drugu. Također ćemo se dotaći specijaliziranih CNC strojeva kako bismo dobili širu sliku rješenja koja se moraju provesti kako bismo dobili veću visinu obradka kojeg stroj može obraditi.

## 2.CILJ RADA

Cilj rada je istražiti opsežniju podjelu CNC (Computerized Numerical Technology) obradnih centara prema mogućnostima obrade koje su određene konstrukcijom i nekim ključnim dijelovima samog CNC stroja. Pod ključnim dijelovima CNC stroja podrazumijevaju se oni dijelovi koji ograničavaju ili povećavaju mogućnosti stroja kod obrade kako bismo uvijek na prvom mjestu imali kvalitetu obrade uz zadovoljavajuće ekonomske i sigurnosne faktore. Često se navedeni zahtjevi kose jedan s drugim pa smo primorani biti vođeni kompromisom.

Osvrnut ćemo se na ograničenje hoda radne glave CNC stroja po Z osi, kakve posljedice nosi povećanje hoda te kako se sa njima nositi kao i vrstu proizvoda koju stroj može izraditi poštujući svoja konstrukcijska rješenja.

### 3.RASPRAVA

U drvnoj industriji, kod određenih proizvoda kao što su furnirski otpresci savinuti oko dvije ili više osi, imamo zahtjeve za povećanje hoda glave stroja po Z osi.

Iako postoje načini za povećanje hoda po Z osi moramo se pozabaviti problematikom koju donosi navedeni zahvat.

#### Krutost stroja

Z os, odnosno kretanje po njoj, obično je slaba točka svih strojeva koji svoje kretanje obavljaju po Z osi iz razloga što je jedina os koja je uprta samo na jednom kraju u sustavu. Krutost je funkcija inverza kubirane duljine osi, tako da i neznatno dulja mogućnost kretanja stroja po visini može dovesti do smanjenja krutosti pomaka po visini iliti stabilnosti. Produljenje kretanja po visini može dovesti do oklona od programiranog kretanja alata i povećane vibracije tokom rezanja.

Zaključno, produljenje maksimalne visine kretanja negativno utječe na preciznost obrade.

## Alati

Veća maksimalna duljina kretanja stroja po visini obično zahtijeva znatno dulje alate kako bi se u potpunosti iskoristio mogući hod, posebno ako obradak sadrži strme konkavne dijelove gdje tijelo alata ne može pristupiti. Takvi alati mogu biti vrlo skupi i patiti od problema s vibracijama.

## Slojevitost obrade

Kada je to moguće poželjno je stroj programirati na način da obradak obrađuje u više etapa. Točnost obrade je potpomognuta kontrolnim rupama koje se također izrade na CNC stroju kako bismo kasnije mogli uskladiti dijelove. U tom slučaju, racionalnije i ekonomičnije jest povećati visinu obrade jer se može dogoditi da za neki slijedeći posao neće biti dovoljno radne visine pa će se morati primijeniti raslojavanje obrade.

Preciznost nije uvjetovana dužinom putanje alata već krutošću konstrukcije stroja i točnošću vodilica.

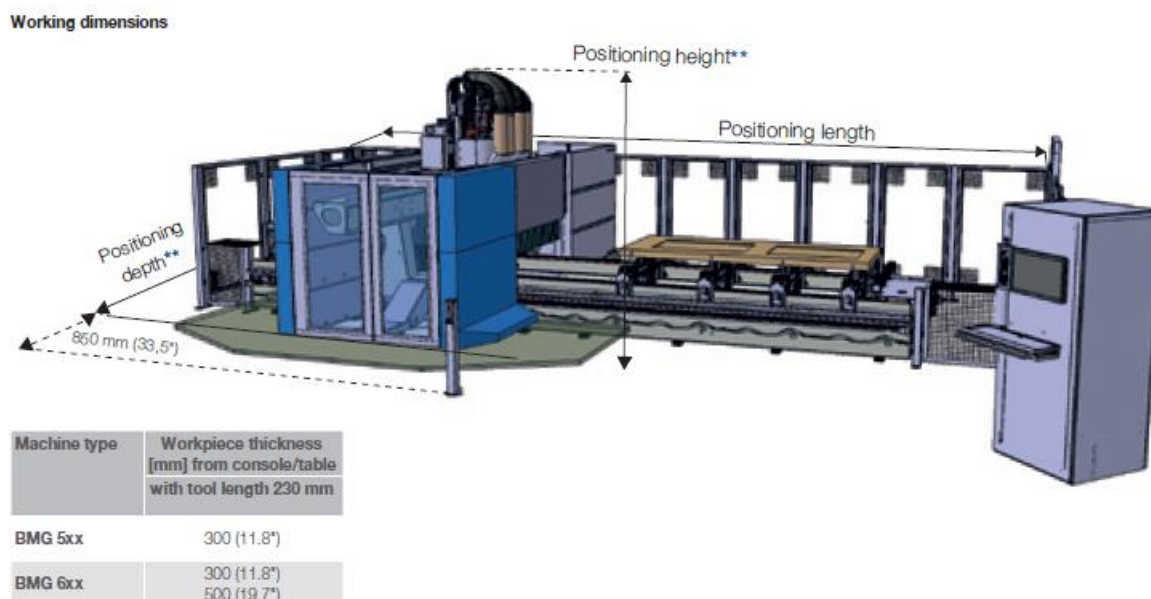
## Stvaranje dodatnog prostora za obradak

Umjesto da povećamo hod po z osi, moguće je stvoriti dodatni prostor za smještanje obratka na radni stol. Jedan od načina je ugradnja podupirača koju omogućuju da se usisne papuče smjeste ispod vodilica jer se papuče nalaze u radnoj visini stroja. To ujedno dovodi do povećanog rizika od udara glavnog agregata i/ili alata u stroj odnosno do ograničenja korištenja pune visine u horizontalnom položaju glavnog vretena ako se radi o više osnoj konstrukciji stroja. Sljedeća opcija je ugradnja razmaknica koje dodaju dodatnu visinu kod nosača radne grupe.

### 3.1.PREGLED PONUDE NAJZNAČAJNIJIH PROIZVOĐAČA CNC STROJEVA U DRVNOJ INDUSTRIJI S OBZIROM NA VISINU OBRADKA KOJU STROJ MOŽE OBRADITI

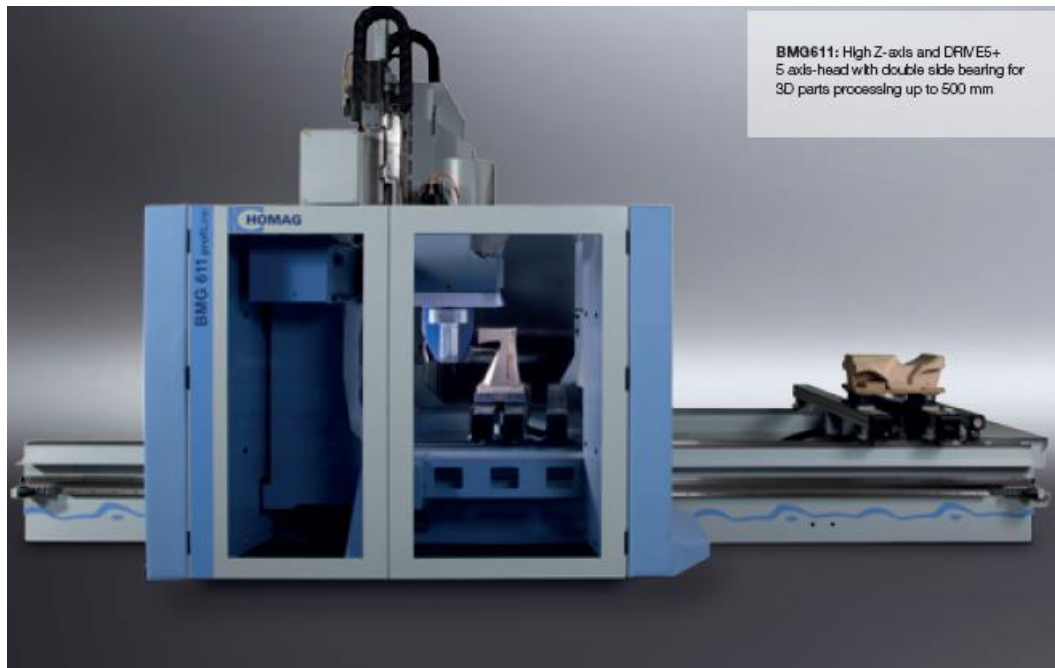
#### HOMAG BMG 500/600

Univerzalni CNC stroj poznatog njemačkog proizvođača nudi mnoge načine za što bolje iskorištavanje maksimalne moguće visine obrade. Unutar serije univerzalnog stroja sa portalnim nosačem obradne jedinice 5 osnog CNC stroja moguće je odabrati 5xx te 6xx seriju koja posjeduje značajku veće visine obrade za 500 mm naviše



Slika 1. Homag BMG serija sa mogućnošću odabira maksimalne visine obrade prema potrebi (<https://www.homag.com/en/product-detail/bmg-500600-processing-centers/>)

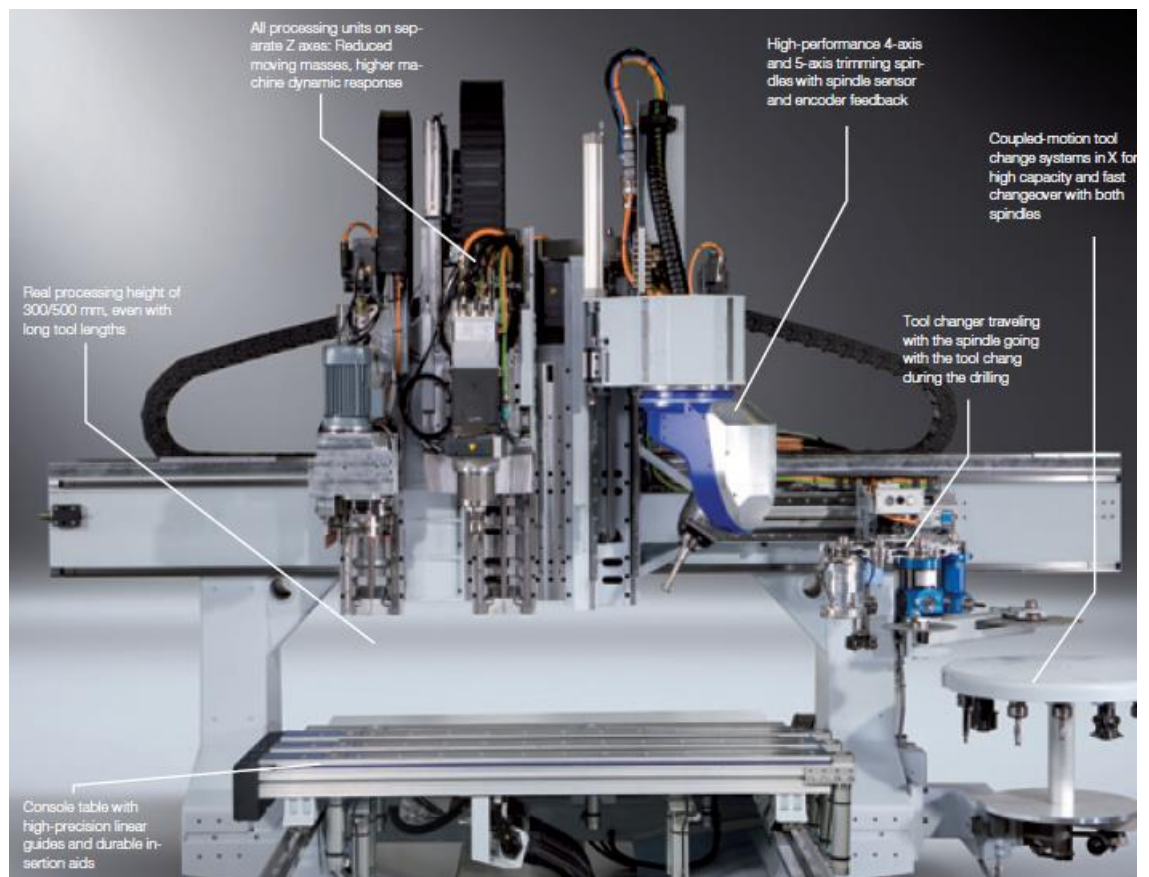




Slika 2. Homag BMG 611 (<https://www.homag.com/en/product-detail/bmg-500600-processing-centers/>)

Izvedenica stroja iz iste serije Homag BMG 611 sa većom maksimalnom visinom obrade izvedenom na način da je povećan hod nosača radne grupe po osi Z (svi pomaci su izvedeni na prizmatičnim vodilicama pomoću kugličnih navojnih vretena).

Zbog specifično smještenih radnih jedinica, koje broje maksimalno 3 radne jedinice smještene na zasebnim Z osima sa mogućnošću zasebnog djelovanja, stroj dobiva na fleksibilnosti. Smanjena je ukupna gibajuća masa, dinamički odaziv je bolji i dobivena je veća kvaliteta obrade što dovodi do mogućnosti povećanja maksimalne visine obrade.



Slika 3. Prikaz rješenja radne grupe HOMAG BMG 611

<https://www.homag.com/en/product-detail/bmg-500600-processing-centers>

Čak i sa najvećom mogućom duljinom alata od 230 mm stroj zadržava svoju visinu obrade umanjenu za visinu usisne papuče, međutim i taj gubitak je moguće anulirati odabirom drugačije, po Y osi nepomične usisne papuče sa mogućnošću podizanja po Z osi.



Slika 4. Homag 7361 usisna papuča koja dodaje dodatnih 100 mm prostora u smjeru Z osi (<https://www.homag.com/en/product-detail/bmq-500600-processing-centers/>)

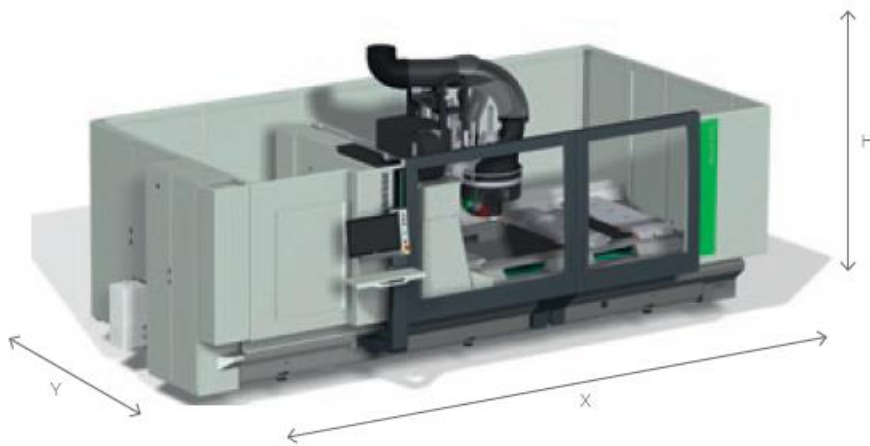
Za obradu profiliranih dijelova velike visine HOMAG preporuča DRIVE5C+ 5-osnu radnu glavu velike brzine obrade potpomognutu radnim vretenom sa dvostrukim bočnim ležajevima



Slika 5. Homag DRIVE5C+ 5-osna radna glava  
([https://www.homag.com/en/product-detail/bmg-500600\\_processing-centers/](https://www.homag.com/en/product-detail/bmg-500600_processing-centers/))

## BIESSE ROVER M5

Univerzalni CNC stroj talijanskog proizvođača strojeva za obradu drva Biesse namijenjen je specijalnim konstrukcijama od drva velike visine, posebnih dizajnerskim rješenjima koja nisu izvediva na osnovnim varijantama CNC strojeva ovog proizvođača. Rover M5 nudi 536 mm maksimalne visine obrade, 36 mm više od izravnog konkurenta HOMAG grupacije.



### Working fields

X	Y	Z
mm	mm	mm
3200	1600	358 - 536

Slika 6. Biesse Rover M5

([http://www.biesse.com/ww/biesse\\_products/rover/rover\\_m5](http://www.biesse.com/ww/biesse_products/rover/rover_m5))

Kao i kod HOMAG- ovog stroja radni stol ima velike mogućnosti prilagodbe velikim i po dvije ili više osi zavinutim obradcima sa različitim vrstama usisnih papuča ili pneumatskih stezaljki.



Slika 7. Radni stol Biesse Rover M5 sa postavljenim univerzalnim ravnim radnim stolom (UFT)

([http://www.biesse.com/ww/biesse\\_products/rover/rover\\_m5](http://www.biesse.com/ww/biesse_products/rover/rover_m5))

Jedna od mogućnosti prihvata konstrukcijom zahtjevnih obradaka je aluminijski stol sa rupama sa načinom prihvata prilagođenim obratku koji ujedno i štedi prostor jer dopušta veću maksimalnu visinu obratka UFT (universal flat table).

Stroj je konstruiran na način da radna jedinica nije zaklonjena klasičnom zaštitnom haubom već samo zaštitnim resicama te oko cijelog radnog prostora stroja postavljena je obloga koja omogućava operateru dobar uvid u operacije koje stroj izvodi uz odgovarajuću zaštitu okruženja u kojem radi.



Slika 8. Biesse Rover M5 prikazan u zahvatu složenog obratka velike visine ([http://www.biesse.com/ww/biesse\\_products/rover/rover\\_m5](http://www.biesse.com/ww/biesse_products/rover/rover_m5).)

## BACCI ARTIST. TGV

Glavna karakteristika CNC stroja talijanskog proizvođača Bacci je izvedba radnog stola koji prihvaća obradke na način da je prihvat prilagođen obliku obradka. Umjesto TVN izvedbe radnog stola, ovdje susrećemo TGV izvedbu radnog stola varijabilne geometrije. Navedeni način omogućava visoku razinu sigurnosti od pomaka obradka što daje visoku kvalitetu obrade kod obradaka velike visine.



Slika 9. Bacci ARTIST. TGV prikazan tijekom obrade furnirskog otpreska velike visine kojeg bi bilo nemoguće obraditi na konvencionalnom CNC stroju u jednom prolazu (<http://www.bacci.com/en/products/artisttgv/>)



Zbog izuzetno velike visine obrade koju je ovaj stroj sposoban izvesti, neophodno je bilo imati drugačiji pristup izvedbi obradne jedinice. T2+2 tip radne glave na jednom nosaču ima dva izrazito kompaktna križno postavljena radna vretena, koja se na suprotnim krajevima vrte u različitom smjeru.

Takav tip konstrukcije obradne jedinice izveden je zbog smanjenja vibracija prilikom obrade te zadržavanju visoke razine preciznosti.



Slika 10. T2+2 obradna jedinica CNC stroja Bacci ARTIST. TGV  
(<http://www.bacci.com/en/products/artisttgv/>)

Portalna izvedba nosača radne jedinice daje dodatnu stabilnost nad konzolnom kod ovako velikih visina obrade zbog dvije vodilice s prednje i stražnje strane za razliku od konzolne koja posjeduje samo jednu vodilicu. Takva izvedba negativno utječe na cijenu ali je neophodna kod ovakve vrste stroja.

Maksimalna radna visina stroja iznosi respaktabilnih 830 mm što ovaj stroj stavlja ispred izravnih konkurenata, ali u obzir moramo uzeti činjenicu da Bacci ARTIST. TGV ima drugačiju namjenu, odnosno specijaliziran je za složene konstrukcije kao što su posebna dizajnerska rješenja dijelova namještaja, stolica, sportske opreme, instrumenata, plastike i kompozitnih materijala.

Prednost velike visine obrade kod ovog stroja moramo uzeti s rezervom jer je konstruiran prema zahtjevima kupaca različitih od prije obrađenih strojeva Biesse i HOMAG grupacije.

## CMS Ares

CNC stroj CMS Ares odlikuje se drugačijim pristupom kod izvedbe nosača obradne jedinice, zbog ekstremno velike visine obrade proizvođač se odlučio na upotrebu dvostrukog pomičnog mosta, varijantu portalnog nosača povećane krutosti.

Aresova monoblok konstrukcija nosača obradne jedinice omogućava stabilnost i krutost kod strojne obrade što poboljšava kvalitetu obrade te dugovječnost stroja.



Slika 11. CMS Ares sa dvostrukim pomičnim mostom

(<https://www.cmsna.com/ares-wood-p-3007.html> )

Pomični most je vođen setom servomotora ugrađenim na oba kraja mosta kako bi se osigurao brz, miran i ujednačen pomak po cijeloj dužini hoda po Y osi. Također, navedene karakteristike bitne su zbog velike visine obrade koju je ovaj stroj u stanju izvesti, ona iznosi respektabilnih 1200 mm. Uzevši u obzir visinu obrade jasan je odabir nosača obradne jedinice.

Na poprečno smještenom nosaču nalazi se PX5 radna glava koja je opremljena pneumatskim prstenastim kočnicama čiji je zadatak povećati krutost kretanja po četvrtoj i petoj osi kada se ne izvodi interpolirani pomak.



Slika 12. Pogled na dvostruki pomični most, jarbol koji omogućava kretanje po Z osi te radnu glavu CMS Aries CNC stroja (<https://www.cmsna.com/ares-wood-p-3007.html> )

## HOLZ-HER PRO-MASTER 7225

Vrh ponude univerzalnih CNC strojeva njemačke tvrtke HOLZ-HER koja djeluje kao dio grupacije Weing ne odlikuje se velikom visinom obrade kao dosad navedeni strojevi ostalih proizvođača. Maksimalna visina obrade kod CNC stroja Pro Master 7225 iznosi 300 mm što je ponajprije vezano uz način izvedbe nosača obradne jedinice. Za razliku od svih ostalih obrađenih strojeva Pro Master 7225 posjeduje konzolni nosač obradne jedinice koji pruža znatno manju stabilnost radnog vretena kod naglog mijenjanja smjera obrade što može dovesti do smanjenja kvalitete obrade. Takvo konstrukcijsko rješenje ima i svoju prednost, a to je manja cijena CNC stroja za razliku od onog opremljenim portalnim nosačem obradne jedinice.



Slika 13. HOLZ-HER Pro Master 7225 sa konzolnim nosačem obradne jedinice (<https://www.weinig.com/en/panel-processing/cnc-machining-centers/pro-master-72-series.html> )

Opcionalni 17 kW motor za obradu pod velikim opterećenjem kao što je obrada masiva opremljen je „Pro torque“ tehnologijom koja automatski zaključava pomak po A i C osi (rotacija oko X i Z osi) što rezultira velikim okretnim momentom na radnom vretenu. Poboljšanje uspoređujući sa standardnim motorom donosi veću stabilnost i veću kvalitetu obrade čak i na elementima kojima je visina blizu maksimalne visine obrade.



Slika 14. Prikaz obrade masiva velike visine profilnim glodalom na HOLZ-HER Pro Master 7225 CNC stroju (<https://www.weinig.com/en/panel-processing/cnc-machining-centers/pro-master-72-series.html> )

## 4.ZAKLJUČAK

Zaključno možemo reći da nakon analize ponude velikih proizvođača koji su prisutni na europskom tržištu, onih koji su prisutni na američkom kao i upoznavanja sa rješenjima koja su odabrana kod izrade malih CNC strojeva kućne izrade nema univerzalnog i općeprihvaćenog pravila koji možemo slijediti.

Neki proizvođači uopće nemaju u ponudi strojeva koji bi mogli obraditi element velike visine, kao što je HOLZ-HER grupacije Weinig, dok CMS u ponudi ima široku paletu strojeva koji su u mogućnosti obraditi elemente velike visine te volumena.

Jedna od najbitnijih uvijeta kojeg moramo zadovoljiti kako bismo dobili mogućnost velike visine obrade je stabilnost radnog vretena što ponajprije dobivamo portalnom izvedbom nosača obradne jedinice. Nadalje, svaki od nosača te postolja izvedeni su na način da se poveća krutost te smanje vibracije radi dobivanja veće kvalitete obrade. Radna vretena, kod izvedbi gdje ih je više konstruirana su na način da se vrte u suprotnim smjerovima također radi smanjenja vibracija. Svaki od proizvođača nudi varijacije prihvata obradaka na radni stol ovisno o obliku te dimenzijama, svaki nudeći patentirana rješenja koja daju maksimalnu stabilnost kod obrade. Pogonski elektromotori kod takvih strojeva obično su jači od standardnih sa mogućnošću blokiranja rotacije oko X i Z osi kod neinterpoliranih pomaka s ciljem povećanja momenta radi povećanja kvaliteta obrade.

Navedene karakteristike mahom dolaze na strojevima koji predstavljaju vrh ponude svakog od obrađenih proizvođača te time vežu znatno veću cijenu.

## 5.LITERATURA

1. Irons I, 2007 : Learn CNC secrets; Quickly learn the basic concepts of CNC, FistFire Publishing Hobart, WA FistFire LLC, str. 95-124.
2. Mihulja G, 2010. Osnove CNC tehnike u proizvodnom procesu obrade drva, str 1-55.
3. Nađ F, Priručnik za programiranje, upotrebu i održavanje obradnog centra TECH 80, str. 8-37.

### **www izvori**

- Bacci

URL: <http://www.bacci.com/en/company/> (15.09.2017)

-Biesse

URL: <http://www.biesse.com/ww/> (14.09.2017)

-CMS- SCM Group

URL: <https://www.scmgroup.com/it/cms> (07.09.2017)

-CNC router parts

URL: <http://www.cncrouterparts.com> (01.09.2017)

-HOMAG Group

URL: <https://www.homag.com/en/> (22.8.2017.)

-Weinig

URL: <https://www.weinig.com/en/> (17.09.2017)





