

SZAKDOLGOZAT

Mann László Gergő

2025

1



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Gépészmérnöki alapképzési szak

**EGYEDI CNC GÉP TERVEZÉSE
ASZTALOSIPARI FELADATOKRA**

Belső konzulens: Dr. Keresztes Róbert Zsolt
Egyetemi docens

Belső konzulens

intézete/tanszéke: Anyagtudományi és Gépipari
Folyamatok Tanszék

Külső konzulens: Benyhe Gábor
Villamosmérnök

Készítette: Mann László Gergő
O8IMPJ
nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki intézet /
Mérnökinformatikai tanszék

**Gödöllő
2025**

Tartalomjegyzék:

1.	Bevezetés.....	5
1.1.	Célkitűzés.....	5
1.2.	Motiváció.....	5
2.	Szakirodalom feldolgozása.....	6
2.1.	Bevezetés a CNC gépek világába.....	6
2.2.	A CNC gépek mechanikus részelemei.....	8
2.2.1.	Kezelő panel.....	8
2.2.2.	Meghajtómotorok.....	9
2.2.3.	Lineáris mozgatás.....	10
2.2.4.	Elektromos tokmány, szegnyereg, befogók.....	11
2.2.5.	Szerszámbefogók.....	11
2.2.6.	Útmérési eljárások.....	12
2.2.7.	Érzékelők.....	14
2.3.	A CNC gépek irányítási alapelvei.....	15
2.3.1.	Koordináta rendszerek szerszámgépeken.....	15
2.3.2.	A rendszer három fő komponense.....	16
2.3.3.	Írányítási módok és programozás.....	17
2.3.4.	Gépkezelés a gyakorlatban.....	17
2.3.5.	Hibakezelés és biztonság.....	17
2.3.6.	Gazdasági és műszaki előnyök.....	18
2.4.	A CNC gépek precizitása.....	18
2.5.	A gépvezérlés és a programozás szempontjai.....	18
2.6.	Hobby CNC gépek technológiai megoldásai.....	18
2.7.	A CNC gépek fejlesztésének és testreszabásának trendjei.....	19
3.	Feladat megvalósítása.....	20

3.1.	Kezdeti feltételek.....	20
3.1.1.	Milyen feladatok elvégzésére lesz használva?	20
3.1.2.	Különböző fafajták forgácsolásának paraméterei	20
3.1.3.	Rendelkezésre álló alkatrészek és paramétereik	21
3.1.4.	Szükséges kiegészítők	26
3.1.5.	Biztonsági megoldások:	36
3.1.6.	Mach3-as vezérlő	36
3.2.	Végelem szimuláció.....	39
3.3.	Elképzelte jövőbeli fejlesztések	41
4.	Gazdasági számítások	43
4.1.	Előállítási költség	43
4.2.	A gép becsült működési költsége	43
4.3.	Gazdasági elemzés	44
4.4.	Megtérülési idő.....	44
5.	Összefoglalás.....	45
6.	Summary	46
7.	Irodalomjegyzék.....	47
8.	Nyilatkozatok	49

1. BEVEZETÉS

Ebben a fejezetben ismertetem a célkitűzést és a mögötte lévő motivációt.

1.1. CÉLKITŰZÉS

A szakdolgozat célja egy olyan CNC marógép tervezése és kialakítása, amely egy asztalosműhely környezetében képes hatékonyan működni, ebből kifolyólag elsősorban famegmunkálási feladatokra lesz használva. Az alap egy már meglévő térképészeti asztal, amely két mozgó tengellyel eleve rendelkezik, így ideális kiindulópontot jelent. A fejlesztés során hobbista megközelítést alkalmazok, amelynek része a már meglévő, illetve kéznél lévő alkatrészek felhasználása, ezáltal a költségek minimalizálása.

Ez a megközelítés nemcsak gazdaságos, hanem elősegíti a kreatív, rugalmas megoldások alkalmazását is, amely a hobbiprojektek egyik legnagyobb előnyét jelenti. A cél egy megbízható, testesزابott és könnyen karbantartható CNC gép létrehozása, amely a kisüzemi gyártás vagy egyéni barkácsolás során is jól használható eszközként szolgál.

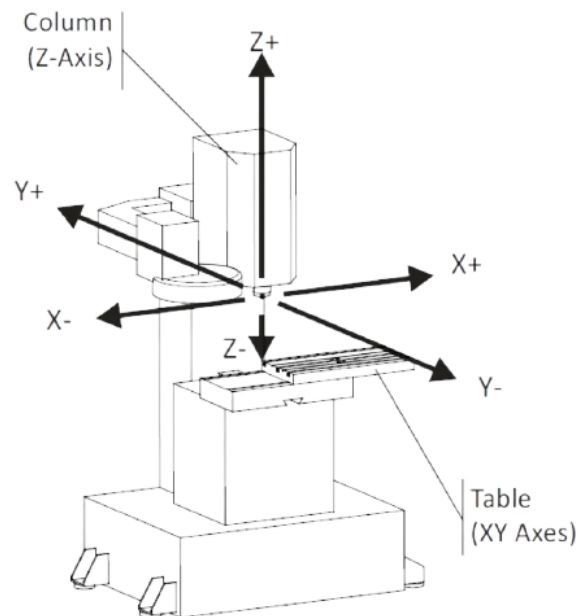
1.2. MOTIVÁCIÓ

A szakdolgozat azt vizsgálja, hogy lehet kreatív ötletekkel és alacsony költségvetésen megépíteni egy CNC marógépet. A CNC betűszó a számítógépes numerikus vezérlés rövidítése, ez teszi lehetővé a gépek automatizált vezérlését, amivel a gyártás sebessége és pontossága növelhető. Tehát ez a technológia elengedhetetlen a mai korban a modern gyárakban, különösen a nagy precizitást igénylő munkadarabok előállításánál.

A kereskedelmi forgalomban kapható CNC gépek sokszor túl drágák, vagy nem illeszkednek pontosan az egyedi igényekhez, ezzel szemben egy saját építésű gép teljes mértékben személyre szabható, mind funkcióban, mind költségben.

2. SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁSA

A következőkben áttekintést nyújtok a CNC (Computer Numerical Control) gépek fejlődésének történetéről és felépítési módjairól, kiemelve a különböző, a gyakorlatban már széles körben alkalmazott géptípusokat és technológiákat.



1. ábra:3 tengelyes CNC marógép vázlatja
<https://3axis-group.com/different-types-of-cnc-milling-machines/>

2.1. BEVEZETÉS A CNC GÉPEK VILÁGÁBA

A XIX. században fejlesztett gépek határozzák meg a mai szerszámgépek elődjait. A gőzgép meghajtás helyét az elektromos motorok vették át. Kezdetben transzmissziós áttételes hajtást alkalmaztak, ez valójában annyit jelentett, hogy egy nagy teljesítményű villanymotorral egyszerre több szerszámgép került meghajtásra. [8]

1940-es években, a második világháború idején elengedhetlenné vált a haditechnika fejlesztése, tehát az alkatrészeknek nagyobb pontossággal kellett, hogy elkészüljenek. John T. Parsons-nak volt ehhez kapcsolódóan, egy olyan ötlete, hogy kódokkal vezérelné a szerszámgépeket. Az akkoriban elterjedt mechanikusan, azaz kézzel vezérelt gépek korában ez egy jelentős változásnak számított. [1, 14, 15]

1952-ben mutatták be az első olyan gépet, aminek a vezérlése numerikusan történt. Az utasításai lyukkártyára voltak kódolva, ami annyit jelent, hogy egy hosszú papíron lyukasztások voltak és ezek a lyukak voltak a gép műveleti utasításai. Az évtized végére megkezdődtek az

átalakulások, mivel egyre több cég ismerte fel a kódsorozat által vezérelt gépek nyújtotta előnyöket. [1, 14, 15]

A második világháború nem csak a szerszámgépek, de a számítástechnika fejlődését is felgyorsította. Az 1960-as évekre már a korábbi, szoba méretű, első generációs számítógépek mérete is jelentősen lecsökkent. Mivel elkezdtek tranzisztorokat alkalmazni megjelentek a kisebb, második generációs számítógépek. Ez a generáció már a kereskedelmi forgalomban is megjelent, ezzel továbbfejlesztve a lyukkártyás programozását. A szerszámgépek vezérlését elkezdték számítógéppel megoldani. Ez lehetőséget adott az összetettebb programok tárolására és feldolgozására. 1967-ben mutatta be az Electronic Data Control Company az első valódi CNC marógépet. Ez már olyan fejlesztéseket tartalmazott, mint a számítógépes programozás (ide köthető az első CNC gépekhez írt programnyelv, a G-kód megjelenése is) és a precíz többtengelyes vezérlés is. [1, 14]

Az 1970-es években megjelentek a mikroprocesszorok, teret adva a költséghatékony CNC gépek előállításának. Ez a fejlesztés különösen hasznos volt a kisebb gyártóüzemek és oktatási intézmények számára, amik a korábbi gépek méreteit és költségeit túl nagyoknak találták.

Az 1980-as években megjelentek a grafikus felhasználói felületek, ami a CNC gépeket felhasználóbarátabbá és hozzáférhetőbbé tette, ami jelentős előrelépésnek számított a szaktudást igénylő bonyolult parancssoros programozási felületekhez képest. [1, 14]

A 80-as évek vége és a 90-es évek eleje felé a CAD/CAM rendszer teret adott különböző alkatrészek digitalizálásának, azaz a mérnökök egy elkészített 3D modellt, a program segítségével egyszerűen gépi kóddá tudtak alakítani, ami rögtön gyárthatóvá vált. Ez a folyamat lényegesen leegyszerűsítette a gyártási folyamatot, csökkentve a hibák számát, illetve jelentős mennyiségű időt spórolt meg. [1]

A 21. században a CNC gépek tovább fejlődnek, amit a folyamatos technológiai, anyag- és eljárásbeli újítások támogatnak. A legfontosabb fejlesztések közé tartoznak a pontosabb szoftverek, a felhőalapú megoldások, a különféle anyagok megmunkálásának lehetősége, valamint az öttengelyes gépek megjelenése, amelyek révén összetettebb alkatrészek gyártása válik lehetővé. A fejlesztéseknek köszönhetően ezek a gépek ma már személyes (otthoni) használatra is elérhetőek és megfizethetőek lettek. A jövőben várhatóan a mesterséges intelligencia, a kiterjesztett valóság, valamint a sebesség és energiahatékonyság további fejlesztései lesznek meghatározóak. [1]

Az egyszerűbb geometriákhoz a 3 tengelyes marógépek használhatók. Könnyen kezelhetőek, mégis nagyon pontos megmunkálást biztosítanak. Akár több ezer fordulat/perc-re képesek, így könnyedén megmunkálhatóak a kemény anyagok is. A 3 tengelyes marógép a

legelterjedtebb (függőlegesen helyezkedik el a Z tengely, X és Y irányba is tudnak vágni), azonban meg kell jegyezni, hogy az ilyen típusú marógépekkel alámetszés nem valósítható meg hagyományos szármaró segítségével. [1, 5, 8]

A 4 tengelyes marógép alapvető előnye, hogy az X tengely körül is rendelkezik forgó képességgel (hasonlóan az esztergagéphez). [1, 5, 8]

Az 5 tengelyes marógépek a rendelkezésre álló legfejlettebb marógépek, mivel a marószerszám az X és az Y tengelyek körül is képes elfordulni. Rendkívül összetett folyamatokat képes végrehajtani, mint például: orvosi implantátumok és eszközök készítése, rotorok, illetve repülőgép szerkezetek gyártása. [1, 5, 8]

2.2. A CNC GÉPEK MECHANIKUS RÉSZELEMEI

Egy hagyományos forgácsológéphez képest, a CNC gépek sokkal burkoltabbak a nagy forgácsolósebesség, a magas fordulatszám, a szánszerkezet gyors mozgása és az intenzív hűtés miatt, az operátorok biztonságának érdekében. [1]

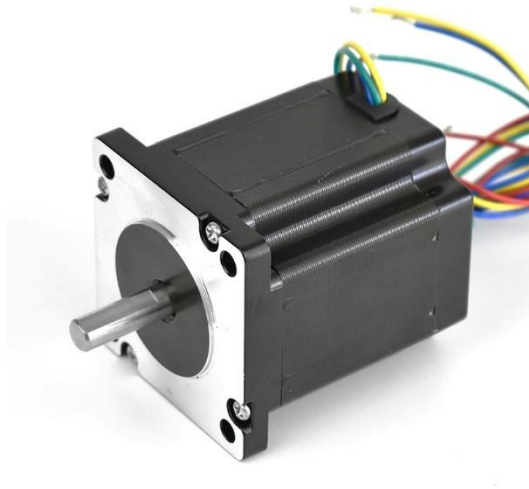
2.2.1. Kezelő panel

A billentyűzet segítségével tartja a kapcsolatot a gépkezelő a gépvezérlővel. A következő műveletek hajthatóak végre vele:

- Kézi üzemmódban működtetjük a szerszám gép szánjait, a főorsót.
- Lehetőségünk nyílik a program bevitelére, módosítására, a már bent lévő program kiválasztására.
- Billentyűzet segítségével kézi üzemmódban a szerszámtartó elfordítását végre tudjuk hajtani.
- Szivattyúmotorok ki és bekapcsolását el tudjuk végezni.
- A megmunkálási program mondatonkénti, ill. automatikus végrehajtására.
- A program végrehajtás beállítására. [18]

2.2.2. Meghajtómotorok

A CNC gépek meghajtását legtöbbször léptetőmotorok végzik, melyeknél minden fordulat, adott számú lépésre van felosztva, ezzel érhető el a pontos pozicionálás. [11]



2. ábra: Léptetőmotor

<https://variometrum.hu/hu/meghajtás/leptetomotor/12nm-leptetomotor-hibrid-bipolaris>

Nagyobb teljesítménnyel rendelkező gépeknél szervomotorokat alkalmaznak, melyek zárt hurkú rendszerben működnek. Az enkóder méri a tengely helyzetét és sebességét, így biztosítva a visszacsatolást. A PLL (Phase Locked Loop) rendszer hasonlítja össze a parancs jelet az enkóder által mért jelekkel. A szervomotoros meghajtások, így nagyobb pontosságot és dinamikus szabályozhatóságot biztosítanak. [11]



3. ábra: Szervomotor

<https://agisys.hu/szervomotor>

A szervomotoros hajtás precízebb, viszont működéséhez enkóder és PLL rendszer szükséges. A léptetőmotor kevésbé precíz, viszont költségkímélőbb, vezérlése egyszerűbb és könnyen beállítható ezért gyakran alkalmazzák hobbi környezetben. [11]

2.2.3. Lineáris mozgás

Gyakori igény a forgó mozgás lineáris mozgássá alakítása. Erre többféle mechanizmus is létezik:

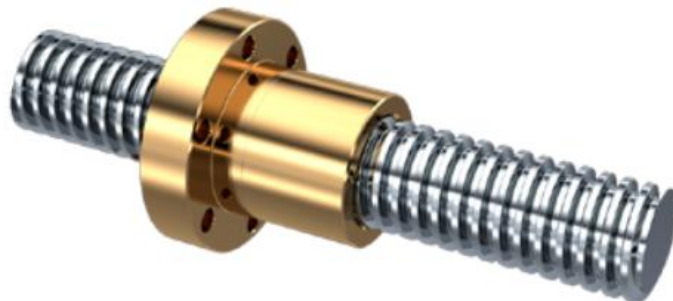
A nagyobb CNC szerszámgépeknél golyósorsókat használnak a különböző szánok mozgatásához. Egy speciális menetes orsóból és egy anyából áll, amelyben golyók keringenek a menetpályák között. Ezek a golyók biztosítják a gördülő kapcsolatot az orsó és az anya között. Ezeknek az alkatrészeknek az előnye a hosszú élettartam, a nagyon alacsony üresjáratú veszteség és a nagyon kis holtjáték, amik miatt, nagy a megmunkálási precizitásuk (pontosságuk 1.3–1.5 mikron között van).

Előnyük: Kisebb súrlódás, kisebb kopás, nagyobb hatásfok nagyobb fordulaton és nagyobb pontosság. [13]



4. ábra: Golyósorsó [1]

Az egyszerűbb gépekben trapézmenetes orsót alkalmaznak, amely hasonló elven működik, mint a golyósorsó, de nincsenek gördülő elemek. A menet és az anya csúszó kapcsolatban van. Előnyei: olcsóbb előállítási költség, jó terhelhetőség. [3]



5. ábra: Trapézmenetes orsó

<https://www.iramko.com/diviziok/hajtastechnika/hajtaselemek/trapezmenetes-orso-es-anyja>

2.2.4. *Elektromos tokmány, szegnyereg, befogók*

A CNC berendezéseket elektromos tokmánnyal és szegnyereggel szerelik fel. A tokmánypofák kifelé vagy befelé, míg a szegnyereg előre vagy hátra mozgatását lábpedálok vagy elektromotorok segítségével lehet vezérelni. Az elektromos tokmányok alkalmasak mind külső, mind belső szorításra. [1, 19]

A beállított pozíciótól függően a vezérlő folyamatosan figyeli a visszajelzéseket, és ha a tokmány vagy a szegnyereg nincs megfelelő helyzetben, megakadályozza a főorsó indítását, valamint hibajelzést küld. Magyarországon elterjedt például a „BERG” típusú elektromos tokmány, emellett azonban pneumatika és hidraulika alapú szorítóberendezéseket is használnak. Ezek működési elve hasonló az elektromos tokmányokéhoz, azzal a különbséggel, hogy a szorítóerőt levegő- vagy olajnyomás biztosítja. [19]

A munkadarab befogására marógépeken és más megmunkáló gépeken általában satukat vagy egyedi befogókészülékeket alkalmaznak. A paletta egy olyan asztal, amelyre a kezelő a gépen kívül felszereli a következő munkadarabot, miközben a gép burkolaton belül az aktuális darabot megmunkálja. A megmunkálás befejeztével a gép automatikusan kicseréli az asztalt, és folytatja a munkát az új darabbal. Eközben a kezelő a kész munkadarabot eltávolítja, és egy újabb darabot helyez a palettára (automatizált gyártási folyamat). [1, 19]

A gyártó cella pedig egy olyan rendszer, amely egy műszakra elegendő munkadarab tárolására alkalmas, ezzel segítve a folyamatos és hatékony gyártási folyamatot. [1]

2.2.5. *Szerszám-befogók*

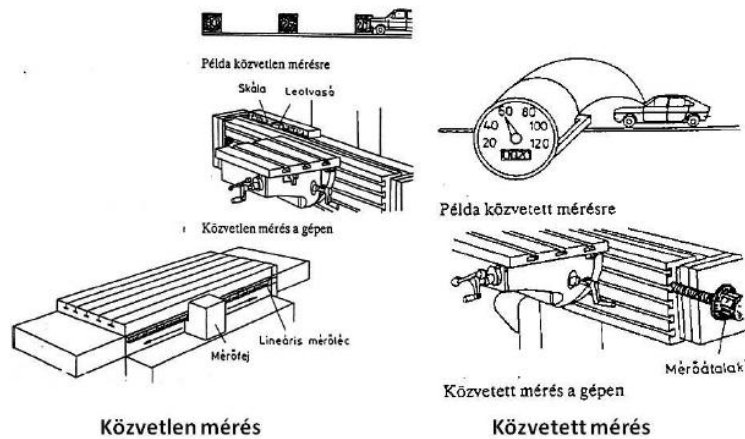
CNC esztergagépeken a szerszámok befogására revolver fejeket használnak. Ezek 6, 8, 12 vagy 24 szerszám befogására alkalmasak, és az esztergagép főorsójához képest vízszintes vagy függőleges elrendezésűek lehetnek. A revolver fej elfordítását elektromotorok végzik, amelyek a vezérlő utasítására a gyártási programnak megfelelő szerszám pozícióba forgatják. [1,19]

A szerszámok rögzítése a főorsóban változatos módon történhet:

A megmunkálandó alkatrész gyártási programjához szükséges összes szerszám a szerszámtárolóban van elhelyezve. A különböző műveletek során a gép a szükséges szerszámokat automatikusan cseréli a szerszámtároló és a főorsó (vagy revolver fej) között. Ezeket az automatizált szerszámcserét végző mechanizmusokat gyakran manipulátoroknak nevezik. [1, 2]

2.2.6. Útmérési eljárások

Az egyszerűbb gépeken nincs útmérés, viszont, a nagyobb szerszámgép vezérléséhez folyamatosan szükség van a tényleges értékek (munkadarab/szerszám helyzet, pillanatnyi elmozdulás) és az előírt értékek összehasonlítására. Ennek megvalósításához útmérő berendezések szükségesek. Az útmérés két alapvető eljárása a közvetlen és a közvetett útmérés. Ezeken belül a mért értékek rögzítésének módja szerint megkülönböztetünk analóg (arányos), digitális növekményes és digitális abszolút módszereket. [1]



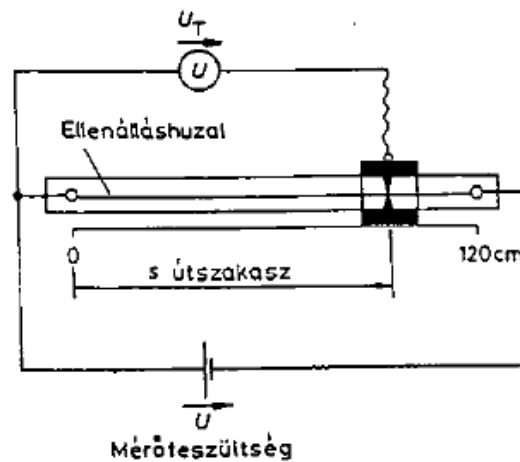
6. ábra: Útmérési eljárások [1]

Közvetlen útmérés mechanikai kapcsolat nélkül, pontos pozíciókövetés. A gépszán vagy gépasztal tényleges elmozdulását mérik mechanikai áttétel nélkül, közvetlenül a mozgó alkatrészen. [1]

- Előnye: Az orsójáték vagy emelkedési hiba nem befolyásolja a pontosságot, mert a mérés a tényleges mozgáson alapul.

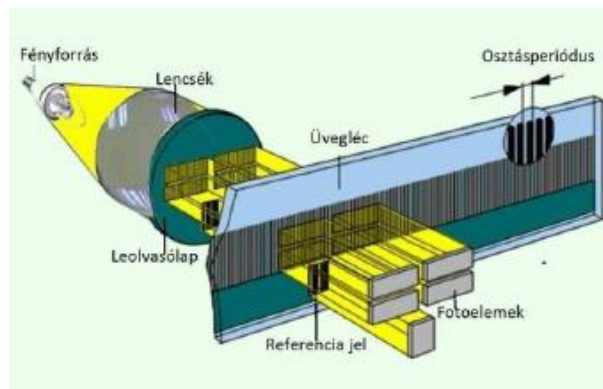
- Mérési technikák:

- Analóg (arányos): A mért útszakaszt arányosan (pl. feszültségjellegű) fizikai mennyiséggé alakítja. Az analóg jel folytonos, tetszőleges értéket vehet fel két határ között.



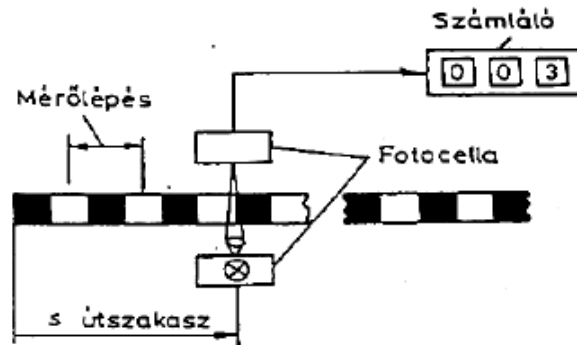
7. ábra: Analóg (arányos) útmérés [1]

- Digitális, növekményes: Az utat kis diszkrét szakaszokra osztja. A mozgás során ezeket a szakaszokat (lépéseket) megszámlálják, és az összeg adja a megtett utat. A jel csak lépcsőzetesen változik, közbülső értékek nem mérhetők.



8. ábra: Digitális, növekményes útmérés [1]

- Digitális abszolút: Az útvonalat kódolt vonalhálóval (gyakran bináris kóddal) látják el. Minden minimális útszakasz egyedi kódot kap. A pozíciót (pl. fotoelektromos úton) leolvassa a szerszám vagy munkadarab abszolút helyzete azonnal és egyértelműen megállapítható a teljes munkaterületen, nincs szükség referenciapontra vagy nullázásra.



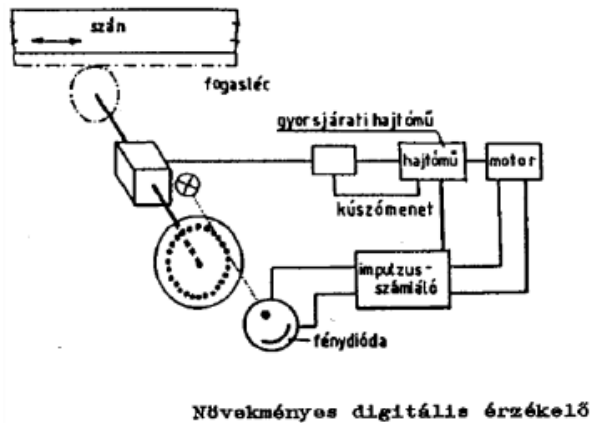
9. ábra: Digitális, abszolút útmérés [1]

Közvetett útmérés orsómozgás alapján, korrigálható pontosság. A mérendő lineáris mozgást a hajtó forgóorsó elfordulásából számítja ki. [1, 12]

- Követelmény: Az orsójáték és az áttételek hibájának elhanyagolhatónak kell lennie a kívánt pontosság szempontjából.
- Pontosság: A tényleges és mért elmozdulás közti eltérés századmilliméteres nagyságrendű. Ezt a rendszer a vezérlőbe bevitt korrekciós értékekkel kompenzálja.
- Előny: A szennyeződés kevésbé befolyásolja, mint egyes közvetlen rendszereket.
- Mérési technikák: Ugyanazok az analóg, digitális növekményes és digitális abszolút módszerek alkalmazhatók, mint a közvetlen útmérésnél, de itt a mérőegységek (pl. forgásjeladók) az orsóhoz vagy hajtómotorhoz kapcsolódnak, nem magához a mozgó gépszánhoz.

2.2.7. Érzékelők

Digitális érzékelőket használnak az útméréshez a legtöbb CNC gépen, amelyek másodpercenként akár 10–20 jelet is képesek feldolgozni a gyors és pontos vezérlés érdekében. Ezek az érzékelők lehetnek növekményes vagy kódolt rendszerűek. A növekményes érzékelők az elmozdulást impulzusokra bontják, amelyeket számlálnak, míg az optikai ráccsal működő ferranti érzékelők mikrométeres pontosságú mérőlécet használnak, amelyet a gép ágyára és szánjára erősítenek. [12]



10. ábra: Digitális érzékelők [1]

2.3. A CNC GÉPEK IRÁNYÍTÁSI ALAPELVEI

A CNC szerszámgépek irányítása egy integrált rendszeren alapul, amely a gépi műveleteket számítógépes vezérlés alatt végzi. [20]

Az első alkatrész elkészítése előtt:

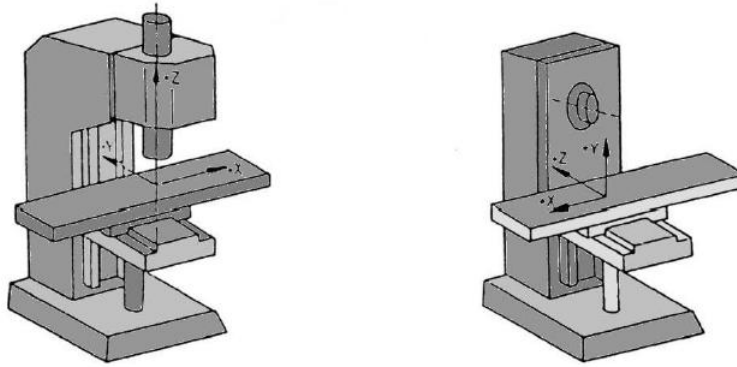
- Meg kell írni a programot
- Szerszámok helyzetét be kell mérni
- Nyersdarabot be kell fogni
- A programot be kell juttatni a vezérlőberendezésbe
- A programot először a gép működése nélkül ellenőrizni kell a vezérlőberendezésen belül

2.3.1. Koordináta rendszerek szerszámgépeken

Amikor a koordináta rendszert hozzárendeljük valamely szerszámgéphez általában a főorsó a mérvadó, tehát a munkadarab koordináta rendszerét a főorsótól számítva nézzük. [20]

A nem billenő főorsójú gépek esetében:

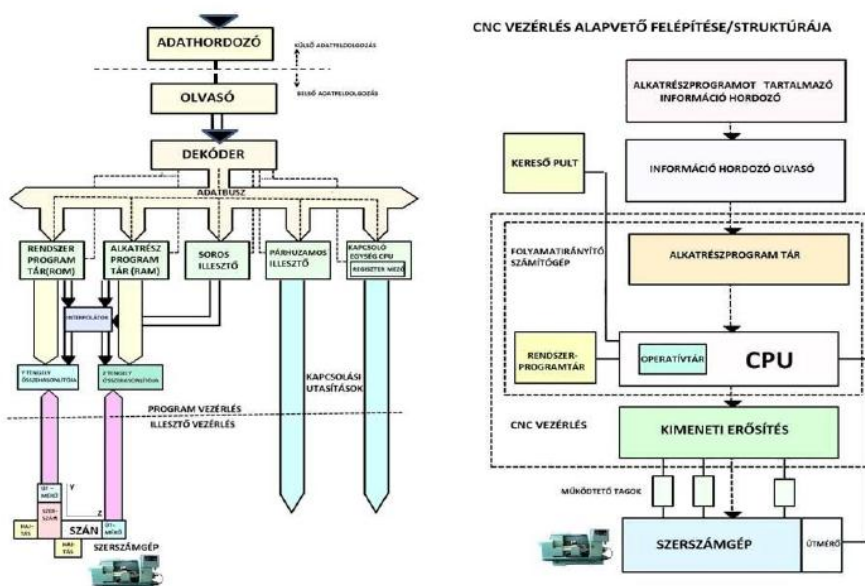
- A Z tengely párhuzamos a főorsóval és a pozitív iránya a munkadarabtól a szerszám felé mutat.
- Az X tengely a munkadarabot rögzítő felülettel párhuzamos és általában vízszintes.
- Az Y tengely helyzete és iránya a Z és X tengelyek alapján határozható meg. Merőleges az X tengelyre és szintén párhuzamos a munkadarabot rögzítő felülettel.



11. ábra: Koordináta rendszerek szemléltetése [1]

2.3.2. A rendszer három fő komponense

1. **Információhordozók:** Lyukszalag, magnókazetta, floppy lemez, USB Flash meghajtó vagy számítógépes interfész, amelyek tárolják az alkatrészprogramokat.
2. **Vezérlőegység:**
 - CPU (Central Processing Unit): Feldolgozza a programutasításokat.
 - Interpolátor: Számítja ki a szerszám pályáját.
 - Operatív tár: Ideiglenesen tárolja a feldolgozás alatt álló adatokat.
 - Útmérők: Digitális vagy analóg érzékelők, amelyek a szerszám pozícióját monitorozzák.
3. **Kimeneti egység:** Erősítők a motorok hajtásához, és képernyő (monitor) a műveletek megjelenítéséhez. [1,10]



12. ábra: CNC vezérlés alapvető felépítése [1]

2.3.3. Irányítási módok és programozás

1. Vezérlési típusok:

- Pontvezérlés: A szerszám gyorsmenetben pozícionál, majd munkafeladattal dolgozik.
- Pályavezérlés: Folyamatos mozgást biztosít összetett kontúrok megmunkálásához (pl. G01 egyenes, G02/G03 körív). [16, 17]

2. Programstruktúra:

- Mondatok épülnek fel sorszámból (N), típuskódból (G-kód) és címláncból (pl. X/Y/Z koordináták, F előtolás, S fordulatszám).
- Példa: N010 G01 X50.0 Z-20.0 F0.3 – Egyenes vonalú mozgás előtolással. [16, 17]

2.3.4. Gépkezelés a gyakorlatban

1. Üzem módok:

- Kézi üzem: Jog gombokkal vagy kézi kerékkel történő pozícionálás.
- Automatikus mód: Program folyamatos végrehajtása.
- Teszt mód: Szimuláció hibák elkerülésére (pl. gyorsmenetes próba futás). [1]

2. Kritikus műveletek:

- Nullpontfelvétel: Kötelező a pontos pozícionáláshoz.
- Szerszámkorrekció: Kopás kompenzálása a XTR, ZTR címek segítségével.
- Nullponteltolás (G61): Munkadarab-koordinátarendszer módosítása. [1]

2.3.5. Hibakezelés és biztonság

1. Gyakori hibák:

- Nullpont nincs felvéve.
- Korrekciós tár sérült.
- Szán végállásba futott. [9]

2. Biztonsági mechanizmusok:

- Burkolat reteszkapcsolóval: A gép csak zárt állapotban indul.
- Vészstop gomb: Azonnal leállítja a műveleteket.
- Feszültségkimaradás-védelem: Akkumulátorok óvják a programokat. [9]

2.3.6. Gazdasági és műszaki előnyök

1. **Előnyök:** magas minőség és megmunkálási precizitás, rövid beállítási idő, komplex alkatrészek gyártása, maga gyártási hatékonyság, gyártás megismételhetősége.
2. **Hátrányok:** Magas beruházási és karbantartási költségek. [10]

2.4. A CNC GÉPEK PRECIZITÁSA

A CNC gépek pontos és megbízható működése elsősorban attól függ, hogy milyen minőségűek és mekkora precizitással működnek a gép mechanikai alkatrészei, valamint az útmérési rendszerek, amelyek folyamatosan nyomon követik és szabályozzák a mozgásokat. Ezek az összetevők határozzák meg, hogy a gép képes-e a kívánt tűréshatárokon belül, ismételhető módon előállítani a megmunkálandó alkatrészeket. [1, 10]

2.5. A GÉPVEZÉRLÉS ÉS A PROGRAMOZÁS SZEMPONTJAI

A programozás alapja a G-kód (ISO szabvány), ahol minden mondat sorszám (N), típuskód (G), és címlánc (pl. X/Y/Z koordináták, F előtolás) részekből áll. A HUNOR PNC 732 példáján: a G90 funkciómondat technológiai paramétereket (fordulatszám, szerszámkorrekció) állít be, míg a G02 körinterpolációhoz a középpont koordinátáit kell megadni. [1, 16, 17]

Kritikus szempont a szerszámkorrekciók kezelése:

1. **Gépi bemérés:** Érintőmérő segítségével a vágóél helyzetét rögzítik a vezérlőben.
2. **Kopáskorrekció:** A mérethibákat (pl. szerszámkopásból +0.02 mm) a szerszám bemérés üzemmódban korrigálják.
3. **A nullponteltolás (G61)** lehetővé teszi a munkadarab koordinátarendszer eltolását anélkül, hogy minden szerszámot újra kellene mérni. Hobbi környezetben a nyílt forráskódú vezérlők (pl. GRBL, LinuxCNC) és CAM szoftverek (pl. Fusion 360) leegyszerűsítik a programozást, de a mechanikai korlátok ismerete elengedhetetlen (pl. gyorsjárat korlátozása törékeny szerkezetnél).

2.6. HOBBI CNC GÉPEK TECHNOLÓGIAI MEGOLDÁSAI

A hobbi CNC-k tervezésének középpontjában a költséghatékony anyaghasználat és modularitás áll. A szerkezeti anyagok tipikusan alumínium profilok vagy MDF, míg a mozgó részeknél nyomtatott műanyag vagy acél alkatrészek dominálnak. A hajtásban léptető motorok válnak elterjedté, mivel a szervomotorok (bár pontosabbak) drágának tartják. [4]

A precizitás növelésére a következő trükkök alkalmazhatók:

1. Kontra anya alkalmazása a csavarmenetek játékanak kiküszöbölésére (pontosságuk 0,1-0,5mm).
2. Rezgés csillapítás szivacs vagy homokkal töltött talpalólemezekkel.
3. Optikai határkapcsolók a végállás védelmére.
4. Kiemelt példa a módosított 3D nyomtatók CNC-vé alakítása, ahol a nyomtatófejet szerszámtartó váltja fel, és a meglévő vezérlőelektronika újra felhasználásra kerül.

2.7. A CNC GÉPEK FEJLESZTÉSÉNEK ÉS TESTRESZABÁSÁNAK TRENDJEI

A jelenlegi trendek a multifunkcionalitás és digitális integráció felé haladnak. Hibrid gépek (pl. 3D nyomtatás és CNC megmunkálás kombinálása) törnek át, ahol egy platform képes nyersanyagot előállítani és finommegmunkálni. A felhőalapú vezérlés lehetővé teszi a távoli monitorozást és prediktív karbantartást, míg az AI-alapú optimalizáló szoftverek automatikusan korrigálják a vágási paramétereket a felületi minőség alapján. [21, 22]

3. FELADAT MEGVALÓSÍTÁSA

A feladat során a gép tervezését és kivitelezését több lépésben kell elvégezni. Először a kezdeti feltételeket szükséges meghatározni, azaz a gép felhasználásának célját és az alapanyagok különböző paramétereit. Majd meg kell nézni, hogy milyen alkatrészek állnak a rendelkezésünkre, illetve, hogy melyek beszerzése szükséges még a működéshez. Ezen folyamat része a vezérlő rendszer választása és ismertetése is.

A kezdeti feltételek meghatározása után, érdemes a deformációkat és a szerkezeti terheléseket Ansys szoftver segítségével vizsgálni. Majd ez alapján egy előzetes következtetést lehet levonni, hogy a szerkezet megfelelő-e, vagy esetleg szükség van-e plusz merevítésre.

3.1. KEZDETI FELTÉTELEK

3.1.1. *Milyen feladatok elvégzésére lesz használva?*

Fontosnak tartom a gép feladatait, vagyis, hogy mire lesz használva a szerkezet, a tervezése előtt meghatározni, hogy a tervezési folyamatnál lehessen mihez viszonyítani. Első sorban különböző 3D-s alakzatok kimarása lesz a gép feladata. Ezeket díszítő elemként lehet majd használni. Másodlagos feladata lesz, bútorok ajtajainak marása, különböző szerszámokkal és kreativitással fel lehet dobni még egy olcsóbb front megjelenését is. Harmadlagos feladata pedig furatok és hornyok készítése lesz. Még a bútorok lapra szerelt állapotában, ezzel lényegesen megkönnyítve a bútor készítőjének életét, valamint rengeteg időt spórolva ezzel neki. Viszont a gép térbeli korlátai miatt (munkaasztal 120cm x 120cm) ez nem biztos, hogy minden esetben lehetséges lesz.

3.1.2. *Különböző fafajták forgácsolásának paramétereit*

Asztalosiparban az alapanyagok rendkívül változatosak lehetnek. Vannak természetes fák, ide sorolhatóak a puha fák (pl. fenyő), valamint kemény fák (pl. bükk), egy speciális fajta a trópusi fa (pl. mahagóni). A felsorolt három természetes fafajtának eltérő a szövetszerkezete és a sűrűsége, emiatt más-más megmunkálási paramétereket igényelnek. Manapság egyre elterjedtebb a különböző farostokból és műgyantából készülő préselt farostlemez (pl. MDF), melynek megmunkálása a természetes fákhoz képest, szintén másfajta paramétereket követel. A különböző anyagok javasolt forgácsolási paramétereit az alábbi táblázat foglalja össze:

1. táblázat: Fa fajták forgácsolása

Anyag típusa:	Fordulatszám:	Megmunkálási sajátosság:
Kemény fa	6.000 – 12.000 $\left[\frac{ford.}{perc}\right]$	Lassabb előtolás, kisebb fogásmélység, nagyobb terhelés a szerszámra.
Puha fa	9.000 – 15.000 $\left[\frac{ford.}{perc}\right]$	Gyors előtolás, nagyobb fogásmélység megengedett.
Trópusi fa	4.500 – 9.000 $\left[\frac{ford.}{perc}\right]$	Egyenetlen szálirány, hajlamos szálkásodásra.
Préselt lemez	7.500 – 12.000 $\left[\frac{ford.}{perc}\right]$	Egyenletes szerkezet, erős porképződés, jó porelszívás szükséges.

3.1.3. Rendelkezésre álló alkatrészek és paramétereik

Térképészeti asztal:



13. ábra: Térképészeti asztal a lábai nélkül

Az egész marógép alapját képező asztal egy svájci cég, a WILD által gyártott térképészeti asztal. Anyagát tekintve öntöttvasból készült, mely kiváló a kitűzött cél tekintetében, mivel merevséget és rezgéscsillapítást biztosít a megmunkálási műveletekhez. Az asztal már eleve rendelkezik X és Y tengellyel. A tengelyek mozgását egy-egy M20x2-es menetes orsó biztosítja. X és Y tengelyek mentén a szerkezet rendelkezik mechanikus végállás kapcsolókkal mind a két irányban. Az asztalhoz tartozik 4 darab láb is, melyeket ki lehet tekerni az

asztallapból. A lábak alján állítható talpak találhatóak, ezek segítségével az asztal egyszerűen vízszintbe állítható, biztosítva ezzel a stabilitást és a pontos megmunkálást.

Az asztal az X tengely irányában 160cm széles, az Y tengely irányában pedig 140cm mély, illetve, ha a lábai fel vannak szerelve akkor 80cm magasságban van az asztallap teteje. Ez pont egy olyan magasság, ahova kényelmesen fel lehet tenni akár egy nagyobb és nehezebb munkadarabot is.

Léptető motorok:

A motorok kiválasztásánál két fő szempont volt: rendelkezzenek megfelelő teljesítménnyel, illetve megfizethetőek legyenek. A szervomotorok, bár hatékonyabbak, mégis sokkal költségesebbek a léptetőmotornál. Valamint a léptetőmotorok is képesek a szükséges nyomaték biztosítására, ezért a választás rájuk esett.

Tehát a gép meghajtását léptető motorok fogják biztosítani, ezek már korábban szintén beszerzésre kerültek az X és Y tengelyekhez. Figyelembe véve, hogy a gép asztalos ipari környezetben lesz alkalmazva, így a maximális marási erőt $F_m=450\text{N}$ -ban határoztam meg. A maximális axiális terhelés pedig gyorsulás esetén $F_a=150\text{N}$. A következő képletbe behelyettesítve, egyszerűen meghatározható a szükséges forgatónyomaték:

$$\frac{(F_m + F_a) \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = M \text{ [Nm]}$$

(L – az orsó menetemelkedése, η – az orsó hatásfoka)

Behelyettesítés után az $M=1,5 \text{ Nm}$ eredményt kaptam, ha 20%-os biztonsági tényezővel számolok, akkor $M=1,8 \text{ Nm}$. Vásárlás előtt, ezeket az eredményeket vettük figyelembe.



14. ábra: A léptetőmotor

A választott motor adattáblájáról leolvasható, hogy 300Oz-in, azaz 2,1Nm forgatónyomatékkal rendelkezik, egy teljes körbefordulása 144 lépésre van felosztva és 5V-os tápfeszültségre van szüksége a működéshez és súlya 3,5 kg.



15. ábra: A léptetőmotor adattáblája

Mivel a motor teljes körbefordulása 144 lépésre van felosztva, míg a térképészeti asztal mozgató orsóján 1 teljes fordulatot tekerve a tengely 4,5mm-t mozdul el. Egy egyszerű számítást elvégezve megkapható, hogy a motor egy lépésére mennyi lesz a tengely elmozdulása:

$$\frac{4,5}{144} = 0,03125 \text{ mm}$$

Ez az elméleti felbontás, mikroléptetés alkalmazásával ez tovább csökkenthető. Illetve fontos hangsúlyozni, hogy a valóságban ez a veszteségek miatt (például: holtjáték az orsó és az anya között) változhat.

Az X és az Y tengelyt meghajtó léptetőmotorok az asztal és a tengelyek kialakítása miatt nem a mozgó tömegre, hanem az asztal mellett kerülnek elhelyezésre. Ezzel a mozgó tömeg jelentősen kisebb lesz, ami pozitívan hat a pozicionálás pontosságára, csökkenti az alkatrészek igénybevételét, valamint jobb gyorsítás és lassítás lesz biztosítható.

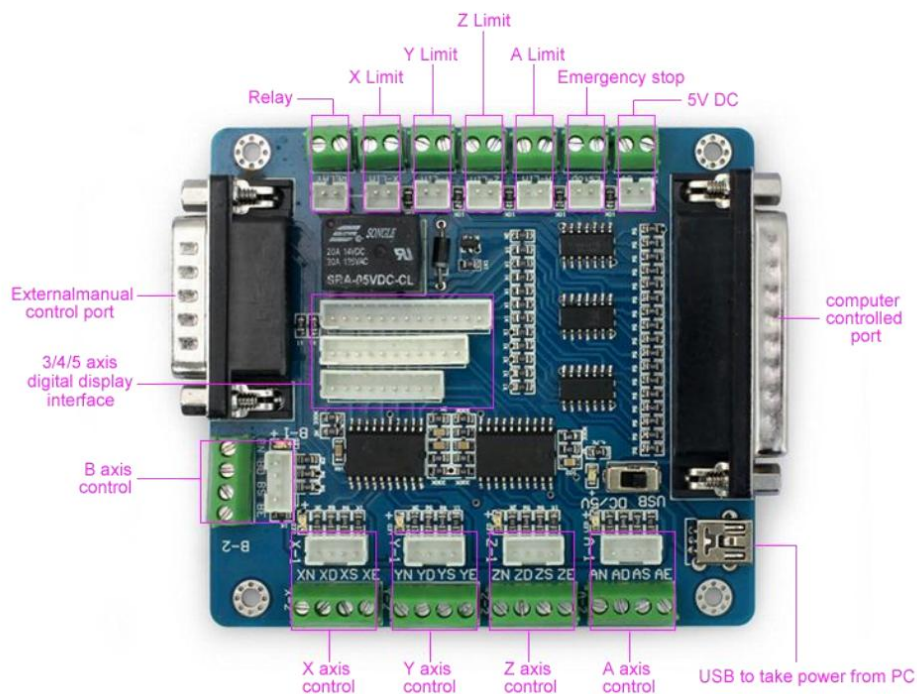
Vezérlő egység:

A vezérlő egység két részből tevődik össze:

A számítógép: nem kell nagy számítástechnikai teljesítménnyel rendelkeznie, így egy használt régebbi gép tökéletes megoldást jelent számomra.

5 Axis breakout board (DB25):

- Step-Dir vezérlést ad, maximum 5 tengely számára.
- Relé kimenetekkel rendelkezik a marómotor és az elszívó indításához.
- Bemenetekkel rendelkezik a végálláskapcsolók számára.
- Mach3 kompatibilis.
- Tápellátás akár USB-n keresztül, akár egy 5V-os tápegységgel megoldható.



16. ábra: A vezérlő feliratozott ki- és bemenetekkel
<https://forum.strojirenstvi.cz/download/file.php?id=56565>

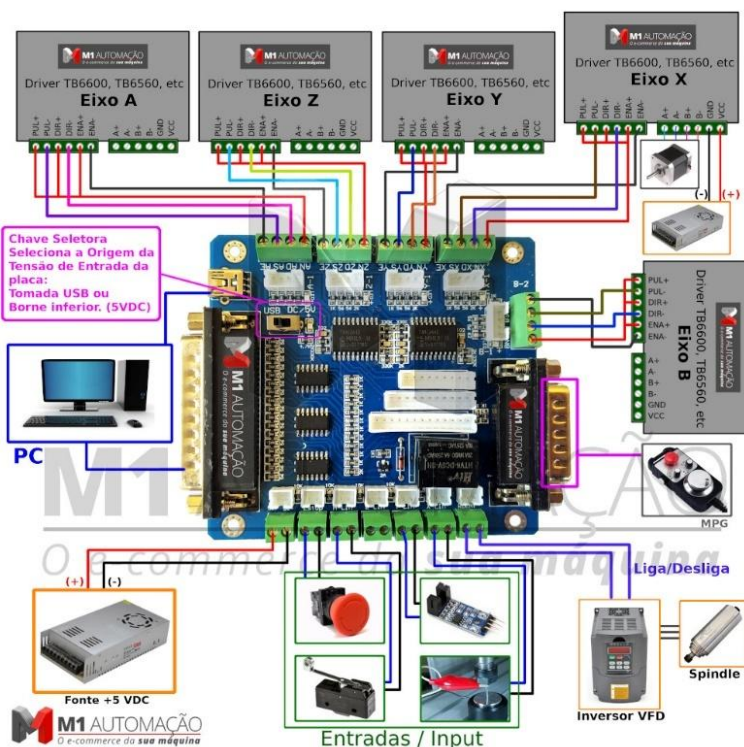
A választott vezérlő egység az alapvető igényeket kielégíti. Egyszerűsége mellett költséghatékony megoldást nyújt. Szükség esetén később lecserélhető például: Pokeys 57E vezérlőre, ami több ki- és bemenet használatát teszi lehetővé.



17. ábra: A vezérlőegység

A képen bal oldalt a tápegység, középen a 3 darab motorvezérlő, jobb oldalon pedig a breakout board látható. A tápegység fog gondoskodni a megfelelő áramellátásról, a motorvezérlők a léptetőmotorok működését fogják irányítani, valamint a breakout board a számítógép és a vezérlők közti kommunikációért fog felelni.

A bekötési rajz jól szemlélteti, hogy a vezérlő, hogy csatlakozik a számítógéphez, a motorvezérlőkhöz, a végállaskapcsolókhöz, a vészleállítógomhoz és a tápellátáshoz. A bekötési rajz megmutatja, hogyan vannak összecsatlakoztatva az alkatrészek és a vezetékek. Első sorban útmutatást ad, majd a későbbiekben segíti a karbantartást és a hibaelhárítást.



18. ábra: A vezérlő bekötési rajza

<https://m1automacao.com.br/interface-placa-controladora-cnc-paralela-db25-hy-jk02-m5-5-eixos>

3.1.4. Szükséges kiegészítők

Tengelykapcsoló:

Az X és az Y tengelyek léptető motorokkal való összeillesztésére számos lehetőség áll fent. A lehetséges tengelykapcsoló megoldásokat a következő táblázatban gyűjtöttem össze:

2. táblázat: Tengelykapcsolók

Tengelykapcsoló típusa	Holtjáték	Rezgéscsillapítás	Szögtűrés	Ár
Merev	Nulla	Nincs	Nincs	Olcsó
Körmös	Alacsony/Nulla	Jó	Közepes	Olcsó
Harmonika	Nulla	Közepes	Kicsi	Drága
Lemezes	Nulla	Gyenge	Kicsi	Drága

A táblázatot elemezve számomra a körmös tengelykapcsoló nyújtja a tökéletes megoldást, mivel kis holtjátékot, jó rezgéscsillapítást és közepes szögtűrést biztosít, mindezt alacsony áron.

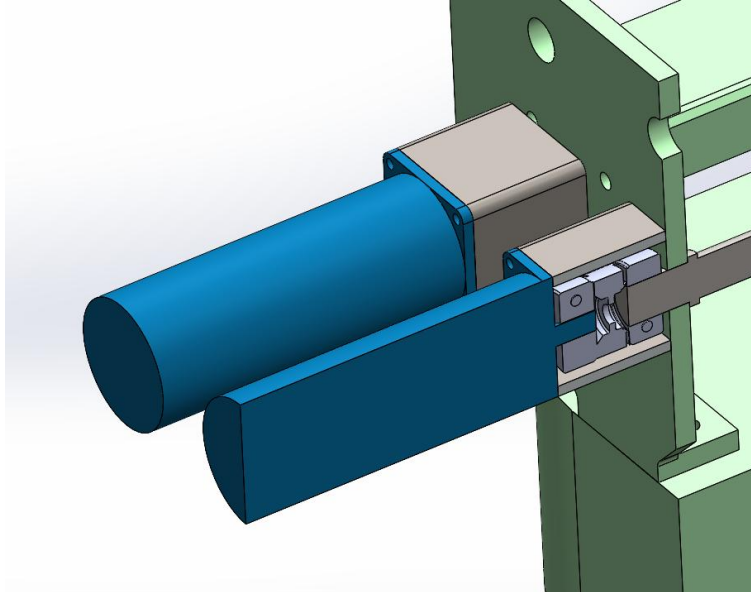


19. ábra: A választott tengelykapcsoló

<https://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/221304446613/>

A meghajtómotor tengelye $\varnothing 10\text{mm}$ az X és Y tengelyek pedig $\varnothing 20\text{mm}$. A választott tengelykapcsolóval, a katalógus szerint, lehetőségünk van a két különböző átmérőjű tengely összekapcsolására.

A tengelykapcsoló gumibetéje poliuretánból készült, ezzel a holtjátékot a legalacsonyabb szinten tartva, de a rezgéscsillapítást ugyanúgy biztosítva. A gumibetétek az idő folyamán öregedhetnek, ezzel nőhet a holtjáték és pontosságot veszíthet a szerkezet. Ezért érdemes odafigyelni az állapotukra és ha úgy látjuk érdemes a gumibetétet kicserélni.



20. ábra: A léptetőmotorok felfogatása

A motorok felhelyezése 1-1 tartókonzol segítségével lesz megoldva, valamint 4-4db M5-ös csavarral tengelyenként. Ezzel a rögzítési megoldással elegendő lenne 1-1 merev tengelykapcsoló alkalmazása is, de a valóságban az esetleges kivitelezési pontatlanságok miatt jobb ötletnek tartom a körmös tengelykapcsoló alkalmazását.

Végállás kapcsolók:



21. ábra: AZ 7144 típusú végállás kapcsoló

https://shop.cncdrive.hu/termek/643-elkereso-manualis-nem-magnesezodo_22222232222222

Bár az alap szerkezet rendelkezett mechanikus végállás kapcsolókkal, nem tudtam, hogy mennyire üzembiztosak. Jobbnak találtam azok lecserélését, a gép és a kezelőjének biztonsága érdekében. Nem képeznek nagy összeget, de így tudom, hogy egy véletlen hiba folytán a kapcsolók biztosan működésbe fognak lépni.

Választásom azért esett erre, mivel az asztalon lévő végálláskapcsolók is hasonlóak, így ezek installációja egyszerű lesz.

Szerelések:

A gép alapvetően összeszerelt állapotban volt, viszont a Z tengely a főorsó és sok más dolog rögzítését meg kell oldani. Ezekhez szükség lesz csavarokra és anyákra. Önzáró anyák vagy kontraanyák alkalmazásával lehet csökkenteni a holtjátékot, megelőzik a kötőelemek kilazulását, ezzel növelve a szerkezet stabilitását. Ennek eredményeként rezgésmentesebb és pontosabb megmunkálás lesz elérhető.

A gépben lévő összes csavart kiszedtem, majd az összeszerelésnél Loctite 243 menetrögzítőt alkalmaztam. Erre azért volt szükség, mivel a gyári csavarok és rögzítések nem minden esetben engedték meg a kontraanya vagy a gumibetétes önzáró anya alkalmazását a korlátozott beépítési hely miatt. A ragasztó a gyári leírása szerint:

- Megakadályozza a vibrációnak kitett alkatrészek kilazulását,
- Minden felületen megköt, beleértve a passzív felületeket is
- Bizonyítottan alkalmazható ipari olajokkal enyhén szennyezett felületeken
- Lehetővé teszi az alkatrészek kéziszerszámmal történő szétszerelését

A leírás alapján ugyanazt az eredményt lehet elérni vele, mint a kontraanyás vagy önzáró anyás megoldások esetén, mindezt helytakarékos formában.

Z tengely kialakításának kiválasztása:

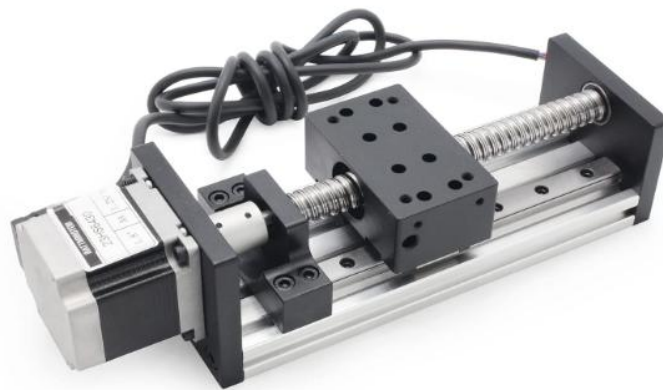
Mivel az alap szerkezet nem rendelkezik Z tengellyel, így a kiválasztás során arra törekedtem, hogy egy viszonylag kompakt tengelyt keressek hozzá, ami tartalmazza a mozgató orsót, a csapágyakat, illetve a tartókonzolókat is. Így az installáció során nagyban megkönnyítem a saját dolgomat. Valamint az X és Y tengelyek alapvetően alacsony helyzete miatt, a Z tengely mozgástartományát első körben 10-20cm-ben határoztam meg.

Ezen keresési paramétereket figyelembe véve, nagyon sok lehetőség közül választhattam. Mégis hármat kiemelnék közülük. Elsőként a QWORK 4080U-t, a 20cm-es mozgástartomány kritériumnak megfelelt és golyósorsó biztosította a mozgást. De mivel nem tartozott hozzá

léptetőmotor és terhelhetőségi adat, így elvettem. A ZBX80-as volt az első olyan, amiről több adat is rendelkezésre állt, úgy voltam vele, hogy ez pont egy olyan készlet amire nekem szükségem van. Végül a választásom mégis a HBX1605-re esett. Ugyanaz a léptetőmotor van rajta, mint a ZBX80-ason (Nema23) és mind a kettő szerkezet esetén a mozgítás golyós orsón keresztül valósul meg, de a vertikális terhelhetősége és az ára miatt is, sokkal jobb döntésnek bizonyult.

3. táblázat: Lehetséges Z tengely készletek

	RATMMOTOR ZBX80	QWORK 4080U	RATMMOTOR HBX1605
Vertikális terhelhetőség	20kg	Nincs információ	30kg
Mozgástartomány	200 mm	200 mm	200 mm
Léptető motor teljesítménye	1,2 Nm	Nem tartalmaz	1,2 Nm
Ára	127 USD	29 USD	101 USD



22. ábra: RATMMOTOR HBX1605

<https://www.amazon.com/RATMMOTOR-HBX1605-Actuator-Ballscrew-Motorized/dp/B0B1MK9D9Y?th=1>

A kiválasztott Z tengely készlet nem önzáró, így egy esetleges vészstop esetén a saját súlyánál fogva le tud süllyedni. Ennek elkerülése érdekében elektromágneses féket kell alkalmazni, ami áramkimaradás esetén rögzíti a motort, ezáltal a tengely pozícióját is. Az általam választott féket a motor és az orsó közé kell felszerelni, mint egy közdarabot.



23. ábra: Az elektromágneses fék
<https://teknico.com/products/spring-applied-power-off-brakes/NEMA-23-brake/>

A fékberendezést a tápfeszültségre kell kötni, amíg a berendezés üzemel és a tápfeszültség adott a fék oldott állapotban van, amint a táp megszűnik azonnal zár és rögzíti a tengelyt.

Főorsó kiválasztása:

Az alap elképzelés a főorsó választásánál hasonló volt, mint a Z tengely esetében, tehát az ár-érték arány szempontjából a lehető legjobbat szerettem volna kiválasztani. A kiválasztás során egy keményfa síkolási folyamatot vettem alapul. 20mm vastag 300 x 300 mm-es bükkfa lapból szeretnék 2mm-t eltávolítani egy 3 élű 50mm átmérőjű síkmaróval.

Fordulatszám:	$n = 8.000 \text{ min}^{-1}$
Fogankénti előtolás:	$f_z = 0,1 \text{ mm}$
Fogak száma:	$z = 3$
Fajlagos forgácsoló erő:	$k_c = 1.500 \frac{N}{\text{mm}^2}$ (részben rost irányú részben azzal szembeni marás esetén)
Forgácsolási szélesség:	$a_e = 50 \text{ mm}$
Hajtóteljesítmény:	$P = 0,8 / 1,5 / 2,2 / 4 \text{ kW}$
Leválasztani kívánt térfogat:	$V = 180.000 \text{ mm}^3$

Ezen technológiai adatok alapján ki lehet számolni, hogy különböző motorteljesítménnyel mekkora lesz a leválasztott forgásmennyiség, mekkora lesz a fogásmélység, illetve, hogy mindezek mennyi időt fognak igényelni. A számításomat a 0,8kW-os motorral kezdtem és biztonsági okokból 90%-os (0,72 kW) maximum teljesítményével számoltam.

Forgácsolási sebesség:

$$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1.000} = \frac{50 \cdot \pi \cdot 8.000}{1.000} = 1.256,64 \frac{m}{min}$$

Előtolási sebesség:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 3 \cdot 8.000 = 2.400 \frac{mm}{min}$$

Teljesítmény:

$$P = \frac{Q \cdot k_c}{60.000 \cdot \eta}$$

Átrendezve Q-ra:

$$Q = \frac{60.000 \cdot \eta \cdot P}{k_c} = \frac{60.000 \cdot 0,9 \cdot 0,72}{1.500} = 25,92 \frac{cm^3}{min}$$

Leválasztott anyagmennyiség:

$$Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot v_f}{1.000}$$

Átrendezve a_p -re:

$$a_p = \frac{1.000 \cdot Q}{a_e \cdot v_f} = \frac{1.000 \cdot 25,92}{50 \cdot 2.400} = 0,216 \text{ mm}$$

Marási idő számítása:

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{180.000}{25,92 \cdot 10^3} = 6,94 \text{ min}$$

A számításokat elvégezve az összes motortípusra. A következő táblázatban gyűjtöttem össze az adatokat:

4. táblázat: Főorsó számítás eredményei

Motor teljesítménye [kW]	Fogásmélység [mm]	Eltávolított anyagmennyiség $\left[\frac{cm^3}{min}\right]$	Marási idő [min]	Főorsó ára [Forint]
0,8	0,216	25,92	6,94	36.000
1,5	0,405	48,6	3,7	40.000
2,2	0,594	71,28	2,5	65.000
3	0,81	97,2	1,85	77.000
4	1,08	129,6	1,38	97.000

Az 1,5kW-os motor marási ideje körülbelül a fele a 0,8kW-os motor marási idejének viszont az eltávolított anyagmennyiség, valamint a fogásmélység is közel kétszerese, ugyanolyan forgácsolási paraméterek mellett. Tovább értelmezve a táblázatot megállapítható, hogy a 2,2 - 3 - 4 kW-os motorok között, az adatokat egymást követve elemezve, már nincs akkora különbség a megjelölt paraméterek között.

Az árakat is figyelembe véve, a 0,8 és 1,5 kW-os főorsók között nincs nagy különbség, viszont a 2,2 kW-os főorsó ára már több mint a másfélszerese az 1,5 kW-osénak. A 3 és 4 kW-os főorsók pedig jelentősen drágábbak, mint az 1,5 kW-os.

Tehát figyelembe véve a különböző teljesítményű főorsók ugyanazon forgácsolási paraméterek mellett, hogyan teljesítenek, illetve figyelembe véve az árakat is, a választásom az 1,5 kW-os főorsóra esett.

A választott főorsó kör alakú és léghűtéses, valamint a következő gyártó által feltüntetett paraméterekkel rendelkezik:

- \varnothing 65 x 205 mm
- Teljesítmény: 1,5 kW
- Feszültség: 220V~250 V, Frekvencia: 400 Hz
- Sebesség: 8.000-24.000 $\frac{ford.}{perc}$
- Kifutás: kevesebb, mint 0,005 mm.
- Tömeg: 2,8 kg



24. ábra: Választott főorsó

https://eur.vevor.com/spindle-motor-c_10130/cnc-1-5kw-air-cooled-spindle-motor-er11-engraving-inverter-mach3-pwm-mill-grind-p_010948413668

Munkaasztal:

Bár a térképészeti asztal rendelkezik asztallappal, ez mégsem megfelelő számunkra. A munkaterület nagy részét egy 5mm vastag üveglap tölti ki, mivel ezen keresztül történt a térképlap megvilágítása.

A kiválasztás folyamán két lehetőségem volt. Lehet vásárolni T-hornyos alumínium lemezeket, előre levágott méretben. Ezeket egymás mellé téve, felszerelve egy nagyon tartós megoldást biztosítanak. Gyors rögzítési lehetőséget nyújt T anyákkal, valamint szép ipari megjelenítést kölcsönözne a gépnek. Egy gond van csak vele, hogy a munkaasztal jelen esetben 120 x 120 cm-es, így mivel egy profil 60mm széles és 1m hosszú, szükségünk lenne 24 db 1m-es szálra belőle, ami 240.000 Forintba kerülne. Így ezt a megoldást elvettem.



25. ábra: T-hornyos alumínium lemez

https://www.tme.eu/en/details/k30601-i6_1m/aluminium-profiles/kraftberg/

A másik megoldás egy 24 mm vastag nyírfa rétegelt falemez beszerzése, ebből egy 1.525x1.525mm-es tábla ára 40.000 Forint. A rétegelt lemezbe egy rácsszerű furatrendszert kell, kialakítani, hogy a furatokba a menetes betéteket lehessen elhelyezni.

A munkadarab rögzítése M8-as (különböző hosszúságú) töcsavarokkal és edzett acélból készült hevederekkel fog történni. Ez a megoldás is hasonlóan jól biztosítja a munkadarab rögzítését, már eleve síkfelülettel rendelkeznek, kopás esetén is könnyen cserélhető, valamint, ha a maró belemarna az asztalba, nem keletkezne benne kár.

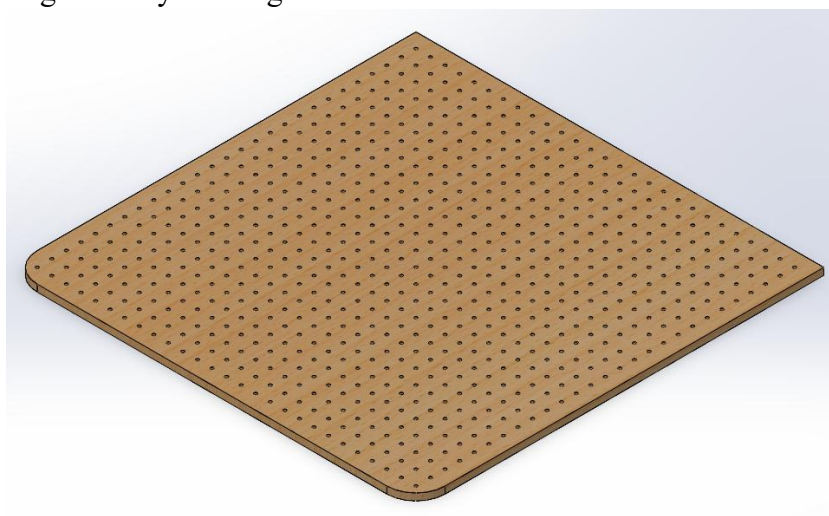


26. ábra: M8x24 Menetes betét

<https://csavardiszkont.hu/famenetu-peremes-any-a-d-tipusu-horganyzott-8x24-4463>

Az X és az Y tengelyek irányába is 27-27 sor menetes betét kerül elhelyezésre, ez összesen 729 darabot jelent. 1 db menetes betét ára 50 Forint, 729 db ára pedig 36.450 Forint. Így ennek a megoldásnak a költsége 76.450 Forint, plusz a csavarok és a hevederek ára.

Összegezve a T-hornyos alumínium lemezből és a rétegelt lemezből elkészült munkaasztal is megfelelő lenne számomra, viszont a rétegelt lemezes megoldás mellett döntöttem, mivel az egy sokkal költséghatékonyabb megoldást biztosít.



27. ábra: A munkaasztal terve SolidWorks-ben

Porelszívó rendszer:

Nagyon fontos kritérium a keletkező forgács elszívása, mind a gép biztonságos működtetése, mind egészségügyi szempontból nézve. A por nem csak káros az egészségre, de robbanásveszélyt is jelenthet.

Kiválasztási szempontok:

1. **A forgács jellege és forrása:** Faforgács és finom por, ez egy szerves, gyúlékony és egészségkárosító hatású anyag.
2. **Levegő minőségi követelményei:** Olyan szűrőrendszerre van szükség, ami működése során nem szennyezi vissza a levegőt. Ez különösen fontos szempont, mivel egy zárt műhelyben helyezkedik el a gép.
3. **Berendezés teljesítménye:** Akkora erővel kell rendelkeznie a vákuumnak, hogy a forgácsot a forrástól a gyűjtőedényig szállítsa.
4. **Biztonsági követelmények:** Mivel a faforgács robbanásveszélyes, ezért a berendezés fém alkatrészeit, a rendszeren belül a forgácsos levegő áramlásán kívül kell helyezni. Ezzel esetleges szikra képződés (pl.: ventilátor csapágya megkopik és a lapát hozzá ér a csövekhez) esetén, is elkerülhető a gyúlékony forgáccsal teli, áramló levegő meggyulladás.
5. **Kényelmes karbantartás:** A gyűjtőedény az egész rendszer megbontása nélkül, könnyen üríthető legyen, tehát elérhető helyre kell elhelyezni. A szűrő pedig egyszerűen tisztítható, vagy könnyen cserélhető legyen.

A rendszer alkotóelemei:

1. **Szívófej:** Ez kerül közvetlen a forgács keletkezési helyéhez. Fő feladata a legtöbb keletkezett forgács összegyűjtése, már a keletkezés pillanatában.
2. **Csővezetékek:** A csövek kötik össze a szívófejet, a porelszívó géppel.
3. **Szeperator (ciklon):** Az egész rendszer egyik legfontosabb eleme, mely a levegőből leválasztja a forgácsot és egy tartályba juttatja. Védi a finom szűrőt és megnöveli annak az élettartamát.
4. **Gyűjtőtartály:** Itt gyűlik össze a leválasztott forgács. Érdemes egy átlátszó tartályt választani, hogy látható legyen a telítettsége.
5. **Szűrőegység:** A szeperatoron átjutó finom porok megszűrése a feladata, hogy a visszaáramló levegő tisztább legyen, mint a műhely levegője.

- 6. Motor és ventilátor:** Ezek együttese biztosítja a vákuumot és a szükséges légáramot. A motor teljesítménye és a ventilátor kialakítása a legfőbb meghatározó tényezője a berendezés teljesítményének. (porvédett motort célszerű választani)

Mivel ez egy DIY projekt ezért a legköltséghatékonyabb megoldás egy ciklon beszerzése, amihez egy ipari porszívót csatlakoztatunk. Így csak a szívófejet, a ciklont és a csöveket kell megvásárolni. Lehet kapni olyan por elszívó berendezéseket, amik költséghatékonyak, viszont azoknak a légárama $130\text{m}^3/\text{h}$, ellenben a rendelkezésre álló Festool ipari porszívó $400\text{m}^3/\text{h}$ feletti értéket tud. Az összeszerelésnél figyelniük kell a csövek illesztésére, hogy azok hibátlanul zárjanak és a rendszer a lehető legnagyobb hatásfokkal tudjon működni.

3.1.5. Biztonsági megoldások:

A gép összeépítése során figyelembe lettek véve a legalapvetőbb biztonsági feltételek. Így a gép bármikor leállítható egy vészleállító kapcsoló megnyomásával. Valamint vészhelyzeti végállás kapcsolók lettek felszerelve X, Y és Z irányban is, mind a pozitív, mind a negatív irányokban, ezzel biztosítva azt, hogy a gép ne tudja elhagyni a pályáját és megakadályozzuk a mechanikai ütközéseket. Amennyiben a gép a munkaterületén kívül próbálna mozogni, a végálláskapcsoló azonnal leállítja a programot, ezzel védve a berendezést és a gépkezelőt.

Alapvető szabály, amit fontosnak tartok leírni is, hogy semmilyen gépbe a működése alatt nem szabad nyúlkálni. Érdeemes szerszámcseré során is áramtalanítani a gépet, nehogy valami hiba okán elinduljon és ezzel sérülést okozzon. A gépkezelő biztonságának megóvása érdekében, védőszemüveg és hallásvédő használata elengedhetetlen.

3.1.6. Mach3-as vezérlő

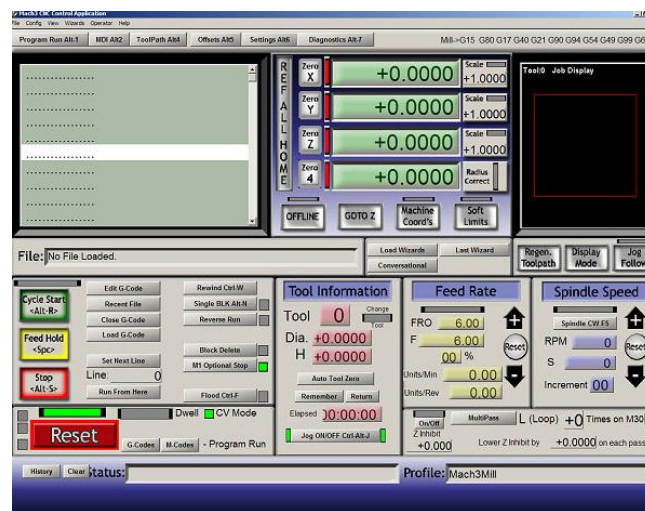
Ez egy olyan szoftver, melynek segítségével a számítógépünk „átalakul” egy CNC vezérlővé. Ez az egyik legelterjedtebb szoftver a hobbi CNC gépek körében, mivel lehetővé teszi, hogy alacsony költségvetés ellenére, professzionális szintű vezérlést lehessen megvalósítani.

A program teljeskörű vezérlést biztosít akár 5 tengelyhez is, beleértve a lineárisan mozgó és a forgást végző tengelyeket is. Képes a G-kód és az M-kód feldolgozására, valamint lehetőséget nyújt a munkafolyamat monitorozására (toolpath).

A kezelői felülete felhasználóbarát. Ezzel segítve a kezdőket, hogy könnyen elsajátíthassák a program kezeléséhez szükséges tudást, ugyanakkor haladó funkciókat kínál a már rutinosabb felhasználóknak (pl.: makró programozás, ezzel egyedi utasítások és műveleti sorok hozhatók

létre). A program lehetőséget biztosít többféle biztonsági funkcióra is. Tartalmaz vészstop funkciót és képes a végállás kapcsolók kezelésére is. Továbbá lehetőséget nyújt sebességkorlátozásra is. Lehetővé teszi a motorok indulási és lassulási paramétereinek beállítását.

Lehetővé teszi a költséghatékony és mégis precíz megmunkálást, valamint CAD/CAM rendszerekkel való kompatibilitása miatt hobbi felhasználás mellett, lehetőséget nyújt kisipari vagy akár ipari környezetben való alkalmazásra is. A Mach3, tehát egy olyan szoftver, amely hídként szolgál a virtuális tervezés és a fizikai megvalósulás között.



28. ábra: Mach3 kezelőfelülete

A szoftver konfigurálását a gép összeépített állapotában kell elvégezni. Több dolog beállítását is el kell végezni a zavartalan működés érdekében:

1. **Lépésszám beállítása:** Ez határozza meg, hogy a léptetőmotornak hány lépést kell megtennie ahhoz, hogy az adott tengely pontosan 1mm-t mozduljon el. Adott esetben a motor teljes körülfordulása 144 lépésre van felosztva és az adott X vagy Y tengelyek mozgatóorsóin egy teljes fordulatot tekerve 4,5mm-t mozdulnak el. Ebből következnek:

$$\frac{144}{4,5} = 32 \text{ lépés}$$

Tehát a szoftveren belül be kell állítani, hogy 32 léptető impulzust kell küldeni 1mm tényleges elmozduláshoz.

2. **Sebesség:** $\frac{mm}{perc}$ -ben megadott tengely maximális sebességi értéke. Magas érték esetén rövidül a megmunkálási idő, túl magas érték esetén pedig a motor elveszítheti a lépéseit. Érdeemes egy alacsonyabb értéket beállítani először, majd azt növelni, addig amíg a motor

zajossá nem válik (mély, zümmögő vagy recsegő hang léptetőmotor esetében). Hobbi CNC gépek esetén a sebesség $1.000 - 3.000 \frac{mm}{perc}$ körüli érték.

3. **Gyorsulás:** $\frac{mm}{sec^2}$ -ben megadott érték. Megadja, hogy a tengely milyen gyorsan éri el a maximális sebességét. Beállításánál szintén figyelni kell a gép viselkedését a próbák során (például: ha a gép rángatózik akkor csökkenteni kell az értéket).

A sebesség és a gyorsulás egymással kapcsolatban lévő értékek. Ha magas a sebességi érték és alacsony a gyorsulási, akkor a gép gyakorlatilag sosem éri el a megengedett sebességet rövid szakaszon. A beállítás során a pontosság és a megbízhatóság az elsődleges szempontok, csak ezek megléte után érdemes a sebességi és gyorsulási értékek növelése, de akkor is csak addig, míg az elsődleges szempontok megléte garantált.

4. **Portok és csatlakozók:** Meg kell határozni a be- és kilépő jeleket és azt, hogy ezekhez az LTP csatlakozó melyik PIN-je legyen használva.

Bemeneti jelek:

- a) Vészstop a legfontosabb biztonsági elem. Ha a jel megszakad, akkor a szoftver vészstop üzemmódba lép.
- b) Végállás kapcsolók (A Mach3 tudja, hogy hiba történt, ezért leállítja a programot. Számítógép függő, pár ezred másodperc).

Kimeneti jelek:

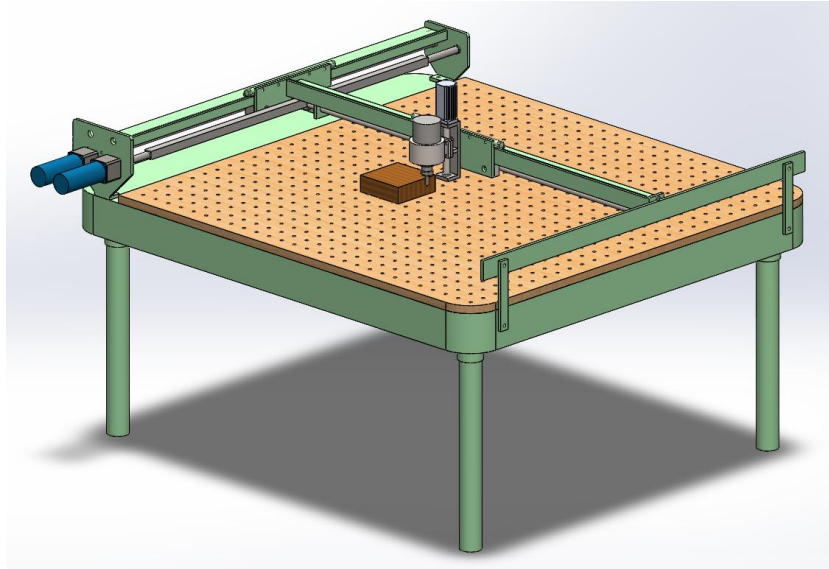
- a) Orsó indításához és leállításához (ugyan ez fogja az elszívó berendezést is indítani).
- b) Orsó forgásirányához.
- c) Végállás kapcsolók (Fizikailag kikapcsolja a motorokat. Azonnali, mivel nem függ a processzortól).

5. **Szerszámkezelés:** A szerszámok adatai (átmérőjét és hosszúságát) egy szerszámtáblában lehet rögzíteni.

6. **Origó beállítása:** A gép origója általában a 3 tengely végállásainak közelében van. A munkadarab origó, pedig ennek az eltolása, ezzel lehetővé téve azt, hogy a program koordinátái a munkadarabhoz képest legyenek értelmezve. A program 6 darab előre definiált munkadarab origót tud tárolni, amik a G54-G59 kódokkal választhatóak ki.

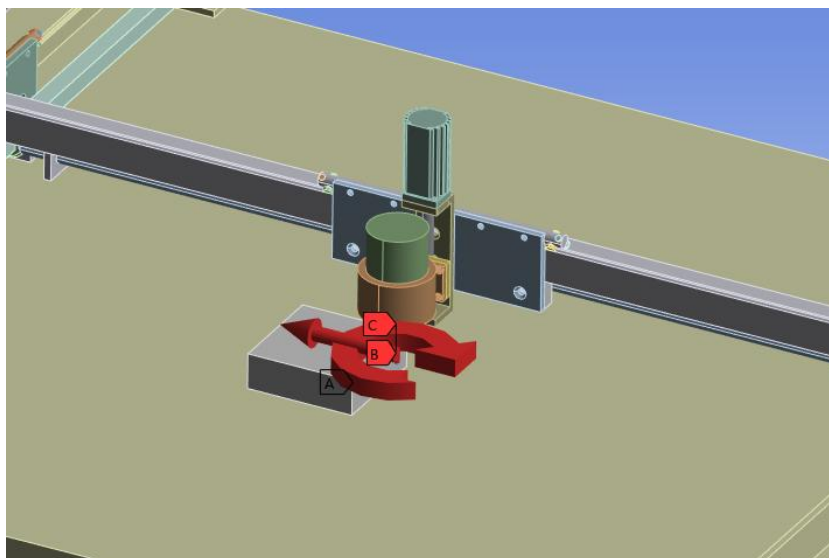
3.2. VÉGESELEM SZIMULÁCIÓ

A feladat megoldása során az Ansys 2025 Student verzióját használtam, azon belül is Static Structural analízis rendszert. A marógép modelljét SolidWorks 2024-es program Student verziójában hoztam létre, majd STEP214-es formátumban mentettem el és importáltam be a Geometry fül alatt a DesignModeler-be.



29. ábra: A marógép modellje SolidWorks-ben

Ezt követően a fő ablakról a Model fülre menve és azt szerkesztve, állítottam be a megfelelő kényszereket ahhoz, hogy a gép működése közben kialakuló kihajlásokat szimuláljam. Ezt az eredményt a modellfában a Solution fül alatt a Total Deformation-t kiírva kaptam meg. A munkaasztalt és a munkadarabot rajta Fixed Support-ok segítségével rögzítettem. Illetve egy Force parancsot használtam a marószerszám szárán az X irányú erő megadása miatt. Ezt az F_x



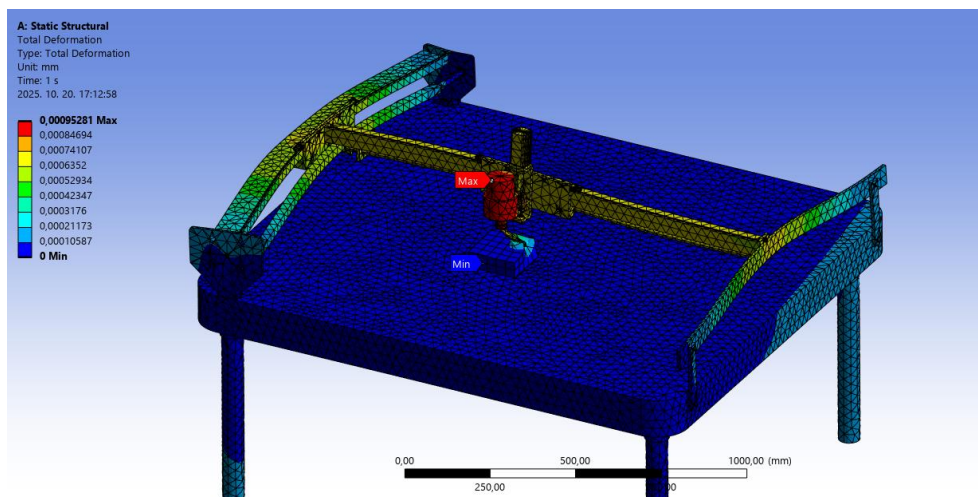
30. ábra: A megadott kényszerek

erőt 150N-ban határoztam meg. Valamint egy Moment parancsra is szükségem volt, a forgatónyomaték megadása miatt, amit 450Nm -ben határoztam meg.

Az Ansys program megad alapvető Connection-öket, az alkatrészek egymáshoz való közelségét figyelembe véve. Ezeket átnéztem és töröltem a nem szükségeseket, illetve pótoltam a hiányzókat.

Anyagminőségeket is rendeltem az egyes alkatrészekhez. Ezt előzetesen a fő ablakban az Engineering Data fülön belül lehet megadni. Az Ansys rendelkezik egy saját könyvtárral alapanyagokból, viszont ez nem tartalmazta a bükkfa és az öntöttvas anyagok adatait. Ezeket külön adtam hozzá, mint új anyagok, illetve mind a két alapanyaghoz az Isotropic Elasticity-t hozzáadtam a Toolbox-ból. Így meg tudtam adni az öntöttvas és a bükkfa Young modulusát és Poisson tényezőjét (ezeket muszáj megadni, ha azt akarjuk, hogy a program hibamentesen fusson le).

Mesh-en belül a Sizing beállításával sokkal pontosabb végeredményt kaphatunk. A program alapvetően 119,79 mm-es elemméretet használna, én ezt 30 mm-re állítottam.



31. ábra: A szimuláció végeredménye X tengelyre

A szimuláció megjelenítése Auto Scale beállításban történt, ami annyit tesz, hogy a deformáció megjelenítése a valósághoz képest fel van erősítve a jobb végeredmény szemléltetés miatt (jelen esetben 130.000-szeres). A szimuláció jól mutatja, hogy a legnagyobb deformáció X irányú erőhatásra a marószerszámban, a főorsóban és annak tartó konzoljában fog ébredni. Kisebb kihajlás figyelhető meg az X, Y és Z tengelyeken is. Ha megnézzük a maximum értéket: 0,00095281mm. A szimulációt elvégeztem Y és Z irányokba is. Y irányba a deformáció mértéke 0,0014292mm, ez egy nagyobb érték, mint az X irányba, de még szintén a megengedett 0,1mm-es deformáción belül van. Z irányba elvégezve a szimulációt 0,001052mm-es deformációt kaptam, ez szintén a megengedett értéken belül van.

Érdekesség képpen megnéztem, hogy a megengedett 0,1mm-es deformáció eléréséhez $F_x=18.000\text{N}$ -os erő szükséges. Ekkora erő a gép rendeltetés szerű használata mellett nem lép fel.

A szimuláció eredményeit értékelve, a legnagyobb elmozdulás az Y tengely irányába jelentkezett, viszont ez is csupán csak olyan mértékben, amely a gép működését nem befolyásolja hátrányosan. Összességében az mondható, hogy az öntöttvas vázszerkezet kiváló alap a kitűzött famegmunkálási feladatok elvégzésére, így a szerkezet megfelel a mechanikai követelményeknek.

3.3. ELKÉPZELT JÖVŐBELI FEJLESZTÉSEK

A rendszer további fejlesztésére több területen is látok lehetőséget, amelyek a gép funkcionalitását és megbízhatóságát is növelhetnék:

- A negyedik, majd ötödik tengely hozzáadása jelentős előrelépést hozna a megmunkálási lehetőségek terén, mivel lehetővé tenné a bonyolultabb, több irányból végezhető marási műveleteket, így összetettebb és precízebb formák létrehozását.
- A gép köré épített burkolat elősegítené a gépkezelő biztonságát, hiszen megakadályozná a forgácsok vagy a törött szerszámdarabok kirepülését a munkaterületből. Egy átlátszó, könnyen nyitható burkolat használata biztosítaná a kezelő számára a folyamat figyelemmel kísérését, miközben növelné a gépkezelő biztonságát.
- A tengelyek pozícióérzékelőkkel való felszerelése elősegítené a folyamatos állapotfigyelést és a valós idejű visszajelzést. Pontosabb számozgások és szabályozás érhető el, így a lépés kihagyása vagy átugrása nem lenne többé probléma.
- Működést jelző lámpa felszerelése, mely jelezné, ha a gép dolgozik, ha a munkafolyamat közben probléma lép fel, ha a gép üzemkész és azt is mikor éppen ki van kapcsolva.
- A főorsó helyére egy lézermódul integrálása. Teljesítménytől függően lehetőséget nyújt gravírozásra vagy precíziós vágásra, az utóbbit minimális anyagvesztés mellett.
- Online monitorozás:
Előfordulhat olyan marási folyamat, ami több órát vesz igénybe. Az, hogy valaki egész nap vagy akár egész este ott álljon a gép mellett nem valósítható meg a gyakorlatban. Erre megoldás az online monitorozás:
 - Lehetőséget biztosít a munkasztalon történő folyamat megfigyelésére, kamerán vagy kamerákon keresztül.

- Értesítést küld, ha valami rendellenesség lép fel.
- A programot le lehet állítani vagy újra lehet indítani távolról, akár egy telefonról is.
- Ha a felvételt egy felhő szolgáltatásban eltároljuk, akkor visszakereshetővé is válik egy esetleges hibának az oka.

Egy ilyen rendszer megvalósítására rengeteg lehetőség létezik. Minél több mindent kötünk bele a rendszerbe, annál több dologról tud a rendszer rendellenességre utaló üzeneteket küldeni nekünk. Hiszen a kamerát se fogja senki megállás nélkül nézni a távolból, illetve előfordulhatnak olyan hibák is, amik nem feltétlenül észrevehetőek a kamera képén keresztül.

A fentiek összességében javíthatják a szerszám gép pontosságát és megbízhatóságát. A jövőre nézve a projekt alapot biztosít további fejlesztésekhez, amelyekkel közelebb hozható az ipari szabványokhoz.

4. GAZDASÁGI SZÁMÍTÁSOK

4.1. ELŐÁLLÍTÁSI KÖLTSÉG

5. táblázat: Anyagköltségek értéke

Tétel	Egységár [Forint]	Mennyiség [Darab]	Összköltség [Forint]
HBX1605 Z tengely	34.000	1	34.000
Vevor főorsó	40.000	1	40.000
Végállaskapcsolók	1.500	6	9.000
Rétegelt lemez	40.000	1	40.000
Menetes betét	50	729	36.450
Tengelykapcsoló	17.000	2	34.000
Egyéb (szerelékek, Z-tengely fék, porelszívó rendszer)	30.000	1	30.000

A gép előállítási költsége bruttó 223.450 Forint. Ez az ár tartalmazza a fenti táblázatban szereplő tételeket és mindegyikből annyit, amennyire szükség van.

4.2. A GÉP BECSÜLT MŰKÖDÉSI KÖLTSÉGE

Teljesítmény szükséglet:

- A főorsó maximális teljesítménye 1,5kW, 60%-os átlagos kihasználtságot tekintve:
 $1.500 \cdot 0,6 = \mathbf{900W}$
- A léptetőmotorok 5V, 4A-esek, amiből következik, hogy $5 \cdot 4 = 20W$ a maximális teljesítménye 1 darab léptetőmotornak. Mivel összesen 3 darab van így 60W. Egy átlagos kb. 60%-os kihasználtság esetén: $60 \cdot 0,6 = \mathbf{36W}$
- A porelszívó berendezés maximális teljesítménye 1200W, 80%-os kihasználtság mellett: $1200 \cdot 0,8 = \mathbf{960W}$
- Egyéb komponensek (például: vezérlés): $\sim \mathbf{100W}$

Maximális terhelés esetén: **2.860W**

Átlagos üzemi terhelés esetén: **1.996W**

Feltételezett üzemidő:

- 400 óra/év
- Teljes fogyasztás az éves feltételezett üzemidő mellett: $1.996 \cdot 400 = 798,4 \frac{kWh}{év}$
- 1 kWh ára: ~37 Forint, ezt a gép teljes éves fogyasztásával felszorozva:
 $798,4 \cdot 37 = 29.541 \frac{Forint}{év}$

Egyéb működési költségek:

- Szerszámkopás: ~25.000 Forint
- Karbantartás: ~10.000 Forint
- Pótalkatrészek: ~15.000 Forint

Összes éves működési költség:

- $29.541 + 25.000 + 10.000 + 15.000 = 79.541 \text{ Forint}$

4.3. GAZDASÁGI ELEMZÉS

- Átlagos nyereség alkatrészenként: ~5.000-15.000 Forint
- Becsült megmunkálások száma: $30 \frac{db}{év}$
- Éves árbevétel: $30 \cdot 10.000 = 300.000 \text{ Forint}$

4.4. MEGTÉRÜLÉSI IDŐ

- $\frac{223.450}{300.000 - 79.541} = 1,02 \text{ év}$
- A gép körülbelül 1 év alatt visszahozza a beruházási költséget.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Szakedolgozatom során egy asztalosipari környezetben helyt álló, WILD gyártmányú, öntöttvasból készült térképészeti asztal hobbi CNC géppé való átalakítását mutatom be. A számítógépes numerikus vezérlés technológiai fejlődéstörténetét és a CNC gépek szerkezeti elemeit, többek között a lineáris mozgatót biztosító orsókat, a különböző típusú meghajtómotorokat, valamint a különböző típusú útmérési módszereket mutatom be. Továbbá bemutatásra kerülnek a koordináta rendszerek a szerszámgépekben és a programozás is, kiemelve a G- és M-kódokat.

A gép tervezésének keretein belül bemutatom a projekt alapját képező, térképészeti asztalt. Valamint ismertetem azokat az alkatrészeket, amik már adottak voltak a projekt kezdetén, ilyenek a léptető motorok és a vezérlő egység. Illetve összegzem azokat az alkatrészeket, amikre elengedhetetlenül szükség van a gép működésének érdekében, mint például a tengelykapcsolók, a Z tengely, a végálláskapcsolók és a munkaasztal megoldási lehetőségei. A főorsó kiválasztásánál a különböző teljesítményű főorsókat azonos forgácsolási paraméterek mellett összehasonlítottam és a számomra megfelelőt választottam. Betekintést nyújtok a Mach3-as vezérlő kalibrálási lépéseinek sorozatába, hogy a programot az egyedi gép paramétereikhez lehessen igazítani.

A marógép működése során fellépő deformációkat végeelem szimulációval, az Ansys program használatával vizsgáltam külön-külön X, Y és Z tengelyek mentén. A szimuláció után megállapítható, hogy a szerkezet képes lesz a famegmunkálási feladatok végrehajtására. Majd jövőbeli fejlesztési lehetőséget kínállok, melyek segítségével a gép közelebb hozható az ipari szabványokhoz.

6. SUMMARY

In my thesis, I present the conversion of a WILD cast iron cartography table, which is suitable for use in a carpentry environment, into a hobby CNC machine. I present the technological development history of computer numerical control and the structural elements of CNC machines, including spindles providing linear movement, different types of drive motors, and different types of path measurement methods. In addition, I present the coordinate systems in machine tools and programming, highlighting the G and M codes.

Within the framework of the machine design, I present the cartography table that forms the basis of the project. I also describe the components that were already available at the beginning of the project, such as the stepper motors and the control unit. I also summarize the components that are essential for the operation of the machine, such as the couplings, the Z axis, the limit switches, and the work table solution options. When choosing a spindle, I compared spindles with different power ratings under the same cutting parameters and chose the one that was right for me. I provide an insight into the series of calibration steps of the Mach3 controller so that the program can be adapted to the parameters of the individual machine.

I examined the deformations occurring during the operation of the milling machine with fine element simulation using the Ansys program separately along the X, Y and Z axes. After the simulation, it can be concluded that the structure will be able to perform woodworking tasks. I then offer future development options that can help bring the machine closer to industrial standards.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Jaczkim László: CNC gépkezelők zsebkönyve,
<https://mek.oszk.hu/18600/18691/18691.pdf>
- [2] Dr. Pálinkás Sándor, Balogh Gábor, Gyönyörű Attila: Számítógéppel segített gyártás (CAM),
https://mecheng.unideb.hu/sites/default/files/upload_documents/szamitogeppel_segített_gyartas-cam.pdf
- [3] Trapézmenetes orsók,
<https://www.banki-sos.hu/Trapezorsok-trapezanyak/Trapezmenetes-orsok-341>
- [4] Hobby CNC
<https://archiv.hobbycnc.hu/CNC/CNC.htm>
- [5] https://www.cncworld.hu/cnc-marogp-alapvet-informciok-amelyeket-jo-tudni-n-5.html?srsId=AfmBOooa0pQQUsRMJNhiaRkt6WwIAtX_V4yzF0s1I5V8C-O_2sUrxKRB
- [6] Tóth György: Faipari porelszívó rendszerek,
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzési_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/11_2302_001_100930.pdf
- [7] Mach3 Mill maróprogram felhasználói kézikönyv,
https://www.klavio.hu/custom/klavio/image/data/srattached/dedc14e968d91363b6fd8fdb7ab914a0_Mach3HU.pdf?srsId=AfmBOoo2UIfxldOMtJk3TrtCYVxPnpwRgVF3hj17VNvXU_JaG-tR497
- [8] A Look into the History of Industrial Cutting Machines,
<http://summitmt.com/a-look-into-the-history-of-milling-machines/>
- [9] Bende Zsolt: Forgácsoló szerszámgépek általános biztonságtechnikája,
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzési_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/6_0227_019_101030.pdf
- [10] CNC Gépek,
<https://www.idegenvezetok-veszprem.org/cnc-gepek.php>
- [11] Szervomotor Vs léptetőmotor – mi a különbség?
<https://civishir.hu/hir/szervomotor-vs-leptetomotor-mi-a-kulonbseg>
- [12] Juhász Miklós: Elmozdulásmérés szerszámgépekben,
<https://www.cnc.hu/2015/08/elmozdulasmeres-szerszamgepekben/>

- [13] Ground vs rolled ball screw manufacturing methods,
<https://kiwimotion.co.uk/technical-articles/ball-screws/ground-vs-rolled-ball-screw/>
- [14] The Evolution of CNC Machines,
<https://www.americanmicroinc.com/resources/evolution-cnc-machines/>
- [15] Ki találta fel a CNC gépet?
<https://hu.cncmachining.com/news/who-invented-the-first-cnc-machine-65899433.html>
- [16] What is M-Code: Definition, Function, Types & Uses,
<https://www.3erp.com/blog/m-code/#:~:text=M%2Dcode%2C%20also%20known%20as,machine's%20various%20no%2Dmovement%20functions>
- [17] What is G-code: Definition, Function, Types & Uses,
<https://www.3erp.com/blog/g-code/>
- [18] 15 Parts of CNC Machine + Function & PDF: A Clear Guide,
<https://www.gemsons.com/15-parts-of-cnc-machine-function-pdf-a-clear-guide/>
- [19] Pelyhes Gábor: Összetett faesztergálási feladatok,
https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetenciak_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/11_2302_025_101015.pdf
- [20] Czéh Mihály, Hervay Péter, Dr. Nagy P. Sándor: CNC - programozás alapjai,
<https://cnctar.hobbycnc.hu/Mezpal/CNC%20Programoz%C3%A1s%20Alapjai.pdf>
- [21] Felhő alapú vezérlés az EK9160 típusú buszcsatolóval,
<https://www.cnc.hu/2016/08/felhoalapu-vezerles-az-ek9160-tipusu-buszcsatoloval/>
- [22] 3D Nyomtatás És CNC: Hibrid Gyártás
<https://hu.china-3dprinting.com/info/3d-printing-and-cnc-hybrid-manufacturing-77930401.html>

8. NYILATKOZATOK

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános
hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréseiről és
eredetiségéről

A hallgató neve: Mann László Gergő
A Hallgató Neptun kódja: O8IMPJ
A dolgozat címe: Egyedi CNC gép tervezése asztalosipari feladatokra
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Anyagtudományi és Gépipari Folyamatok Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitóri rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitóri rendszerében.

Kelt: 2025 év OKTOBER hó 29 nap

Mann László Gergő
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

NYILATKOZAT

Mann László Gergő (név) (hallgató Neptun azonosítója: O8IMPJ)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2025 év OKTÓBER hó 29 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat
III. Hallgatói Követelményrendszer
III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat
6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója
7. sz. melléklete: Műszaki Intézet külső konzulensi nyilatkozat

KÜLSŐ KONZULENSI NYILATKOZAT

Mann László Gergő (név) (hallgató Neptun azonosítója: 081MPJ)

külső konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon rendszeresen megjelent.

Kelt: Budapest, 2025. év október hó 29 nap


külső konzulens

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Mann László Gergő
Neptun-kódja:	O8IMPJ
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés 2. (MUSZK340N)
A munka címe:	Egyedi CNC gép tervezése asztalosipari feladatokra

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
Szakirodalom keresés, átfogalmazás	ChatGPT, GPT-5	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma
—	—	—	—

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

A dolgozat készítése során, a 11/2025 (VIII. 29.) számú rektori utasítás hatályba lépése előtti

MI használatot Hallgatónak nem kell feltüntetnie jelen nyilatkozat 3. pontjában.

Az utasítás hatályba lépését követő MI használatot Hallgatónak - az utasítás értelmében -

kötelezően fel kell tüntetnie jelen nyilatkozat 3. pontjában

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: GÖDÖLLŐ, 2025. OKTÓBER hó 29. nap

Mari Lórád

Hallgató aláírása

A. K. H. F. 25

Konzulens/Témavezető aláírása