

DIPLOMADOLGOZAT

TÓTH-NAGY KRISZTIÁN

Műszaki menedzser Msc. szak

Gödöllő
2023



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Műszaki menedzser Msc. Szak**

**ROBOTIZÁLT GYÁRTÁSFEJLESZTÉSI PROJEKT-
TERV KÉSZÍTÉSE EGY GYÁRTÓ VÁLLALAT
HEGESZTÉSI FOLYAMATÁHOZ**

Belső konzulens: Dr. Husti István
Professor emeritus

Külső konzulens: Szuromi János
villamosmérnök
nyugdíjas műszaki vezető

Készítette: Tóth Nagy Krisztián
JSLXH4
Levelező tagozat

Intézet/Tanszék: MATE, Műszaki Intézet

Gödöllő
2023

MŰSZAKI INTÉZET MŰSZAKI MENEDZSER MESTERSZAK
Projektmenedzsment specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Tóth-Nagy Krisztián (JSLXH4)
részére

A diplomadolgozat címe: Robotizált gyártásfejlesztési projektterv készítése egy gyártó vállalat hegesztési folyamatához

Feladatkiírás:

Készítsen projekttervet adott gyártószervezet részére hegesztési folyamatainak robotizált fejlesztéséhez!

A feladat kidolgozása során:

- tekintse át és értékelje a mértékadó szakirodalmi forrásokat, különös tekintettel az ipari robotokkal kapcsolatos művekre;
- részletesen dolgozza ki a projekt megvalósításával összefüggő feladatokat és foglalja rendszerbe azokat;
- végezze el a javasolt megoldás előzetes műszaki-gazdasági hatásvizsgálatát.

Közreműködő tanszék: Műszaki Menedzsment Tanszék, Gödöllő

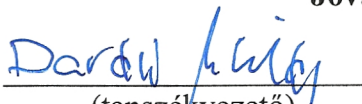
Külső konzulens: *Szuromi János (villamosmérnök)*, nyugdíjas műszaki vezető, VILATI Gyártó Zrt.

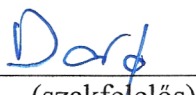
Belső konzulens: *Dr. Husti István, Professor emeritus*, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. május 3.

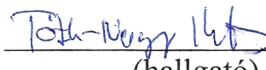
Gödöllő, 2023. január 20.

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. április 25.

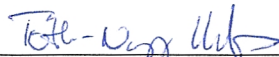

(külső konzulens)

NYILATKOZAT

Alulírott **Tóth-Nagy Krisztián**, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, műszaki menedzser szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Zárárdolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023 év április hó 25. nap


Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Zárárdolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Zárárdolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: Gödöllő, 2023. április 25.


Belső konzulens

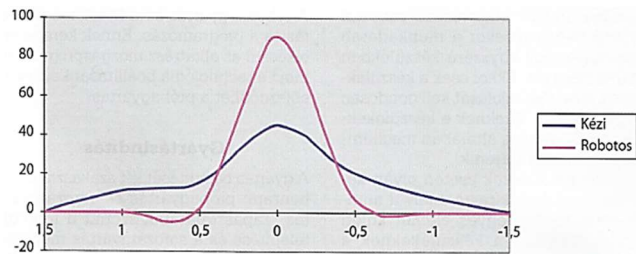
*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A stratégiaalkotástól a projektekig.....	4
2.2. Projektek	5
2.3. Projekttervezés feladatai, fázisai.....	10
2.4. Robottechnika áttekintése	12
3. Anyag és módszer	16
3.1. A hegesztőrobotok gyártásba vezetési folyamatának módszere.....	16
3.2. A logikai keretmátrix általános megtervezése	17
3.3. Folyamatfejlesztési technikák	19
4. A fejlesztési projekt folyamatainak megtervezése	22
4.1. A projekt logikai keretmátrix elemeinek megtervezése.....	22
4.2. Értékfolyam térképezés.....	52
4.3. CAD-CAM rendszerben végezt gyártási szimuláció eredményei	57
4.4. Gazdasági számítások	61
5. Következtetések, javaslatok	65
6. Összegzés	67
7. Irodalomjegyzék.....	69
8. Mellékletek.....	72

1. BEVEZETÉS

A gyártási folyamat hegesztési fázisának robotizálása egyre több magyar vállalatnál megjelent, ennek egyik oka, hogy nehéz találni gyakorlattal rendelkező szakembereket, mivel az alacsony bérek miatt a „jó szakemberek” külföldön vállalnak munkát és a frissen végzett, szakmai pályaválasztás előtt álló fiatalok körében kevesen választják a hegesztő szakmát. A másik ok a gyártó cégek vevő oldaláról érkező, a termékek darabszámával, méretével, tömegével és a termékek minőségének állandó szinten tartásával. Az általános tapasztalatokat kategorizálva a következőket mondhatjuk. A kézi módszerhez képest a robottal történő hegesztés esetén, azonos méretek gyakoriságának növekedését és méretszórás csökkenését, a hegesztés utáni ellenőrzések elhagyhatóságát eredményezte **1. ábra** szerint, ami idő és költségcsökkenést jelent.[5.]

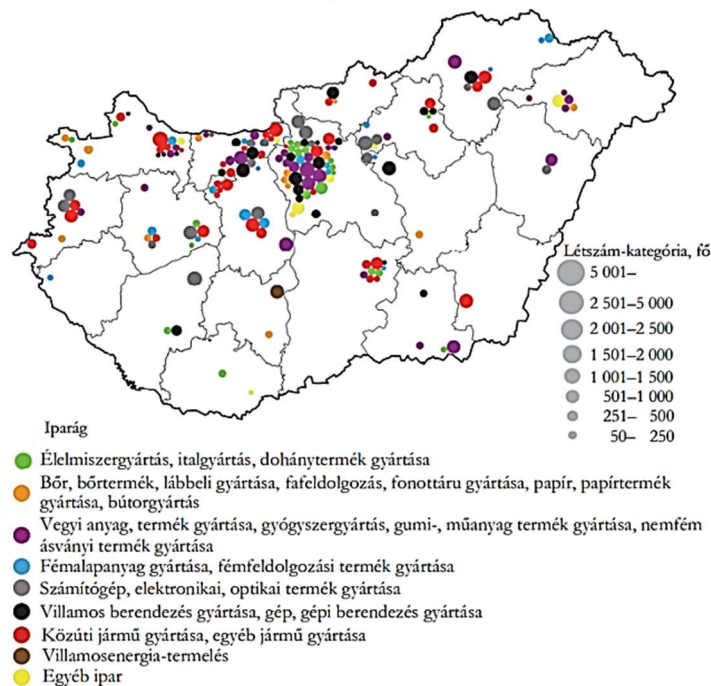


1. ábra: Méretszórás csökkenése (Farkas- Barabás, 2008)

A termelékenység javulásban egy robot gépkezelője egy műszakban 4-6 kézi hegesztőt tud pótolni. Sorozatnagyság és kihasználtság függvényében a megtérülési idő 1-3 év. A hegesztési technológia és digitális vezérlőegységek fejlődése hegesztés közbe méri és rögzíti a paramétereket, ami a varratok minőségének javulását eredményezi. Robot, mint gyártási folyamat eszköze az ajánlatkérési, adási fázisban kedvező hatással lehet újabb munkák megrendelésre. A hegesztési paraméterek programozott beállításával a hőbevitel és a deformáció mértéke meghatározható. A programozott technológiai paraméterek WPS előírásnak megfelelően pontosabban betarthatók.[5.]

A robotot alkalmazó, a 250 főnél nagyobb létszámot foglalkoztató ipari vállalkozások száma és a robotot alkalmazó 10 főnél nagyobb ipari vállalkozások százalékos aránya megyék szerinti megoszlásának eredménye (Kiss-Tiner, 2021) szerint, a különböző ipari sajátosságok, vállalkozások mérete, anyagi helyzete, illetve a magasan képzett munkaerő, vagy kevés az automatizálható folyamat eredménye. A robottal rendelkező ipari vállalkozások létszám-kategória és iparág szerinti országos helyzetét 2019-ben a **2. ábra** alapján vizsgálhatjuk. A létszám-kategóriákból látható, hogy az egyes iparági területeken az 50 céges alkalmazotti létszám feletti kategória van jelentős többségben. Az iparágak féleségüket tekintve legtöbb robot Budapest, Komárom-Esztergom megyében található, de az autógyártásnak köszönhetően

Győr, Kecskemét is jelentős. A többi megyében az iparágak szűkebb körében vannak jelen robotok.[14.]



2. ábra: Vállalkozások létszám-kategória és iparág szerint, 2019-ben (Kiss-Tiner,2021)

A diplomamunkám témájához kapcsolódó személyes kötődésként elmondhatom, hogy egy fémszerkezet gyártó vállalat technológusaként napi szinten találkozom hegesztett alkatrészekkel, amelyek általam végig kísért életútja a vállalaton belül az ajánlatkéréstől kezdve az első minta gyártásán keresztül a gyártásból való kivezetésig tart. Ezek konstrukciós bonyolultsági kategóriák szerint a következő csoportokba rendszerezhető. **1.Kategória:** Kis bonyolultságú termék, különleges kötések nincsenek, nehezen hozzáférhető helyek nincsenek, legfeljebb 5 összehegeszthető elemből áll, deformációra nem érzékeny, csak vizuális ellenőrzést (VT) igényel, a termékek egyedileg sorszámozást nem igényelnek. **2.Kategória:** Közepes bonyolultságú hegesztett termék, előfordulnak különleges kötések, nehezen hozzáférhető helyek előfordulnak, elemek száma 5-nél több (1 nagyobbra több kisebbet), deformációra érzékeny, készülékezést igényel, mérettűrések tartása figyelmet igényel, esetenként a termékek sorszámozást igényelnek. **3.Kategória:** Nagy bonyolultságú, összetett hegesztett szerkezetek, előfordulnak különleges kötések, többnyire nehezen hozzáférhető helyek, elemek száma 50-nél több (több nagyobbra több kisebbet), deformációra fokozottan érzékeny, készülékezést igényel mérettűrések tartása fokozott figyelmet igényel.

Diplomamunkám **célja** egy gyártásfejlesztési projektterv készítése egy gyártó vállalat robotizált hegesztési folyamatához.

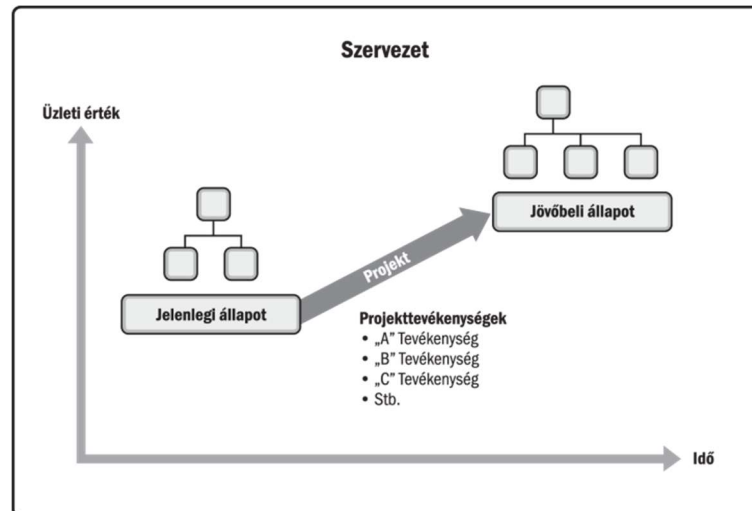
- Ismertetem az ipari környezetben előforduló robotok témájához kapcsolódó adatokat, tapasztalati tényeket.
- Tárgyalom a dolgozat egyik fő témaköréhez, a projekttervezés kapcsolódó szükséges szakirodalmi ismerteket a stratégiaalkotástól a projektek létrehozásáig, részletezve azok típusait és a projekttervezés feladatait és fázisait.
- Áttekintem a hazai és nemzetközi szakirodalmakat felhasználva az ipari robotokhoz kapcsolódó technikai és technológiai ismereteket a teljesség igénye nélkül.
 - Bemutatom egy általam választott fémszerkezetek gyártásával foglalkozó vállalat működésének folyamatértéképét.
 - Meghatározom a hegesztőrobotok gyártási folyamatba bevezethetőségének általános feltételeit.
 - Elkészítem a projekttervezéshez és a megvalósítási folyamat végén, az elérhető eredmények tervezéséhez általam használni kívánt fő technikákra vonatkozó általános ismeretek összefoglalóját.
 - Megtervezem a projekt elemzési és tervezési fázisait.
- Elemzést készítek az általam meghatározott kockázati elemekre, melyek alapján meghatározom a folyamatokhoz kapcsolódó azok kritikussági szintjeit.
 - Egy általam választott hegesztett szerkezetre elkészítem a jelenlegi kézi hegesztéssel és várható jövő állapotra vonatkozóan hegesztőrobottal való gyártáshoz az értékfolyam térképezést.
 - Gazdasági számítást végzek a jelen és a jövőállapotra egy választott termékhez.
- Összefoglalom az eredményeket
- Következtetéseket határozok meg és javallatot teszek további fejlesztéshez.

Saját motivációmként elmondhatom, hogy jelenlegi tevékenységi körömet bővítve és fejlesztve tudásomat és szemléletmódomat CNC-CAD-CAM területen fontosnak tartom egy hegesztőrobot cella programozási és gépkezelési feladatainak elsajátítását. A CAD tervezésben több mint 10 éves tapasztalattal rendelkezem, ami magában foglalja az alkatrészek és a hegesztett összeállítások tervezését is. CAM szoftvereket a lézervágási folyamat alkatrész és táblatervek készítésénél használok és ezekből tanulva a számítógéppel támogatott gyártástervezési programok területén magas kompetenciával rendelkezem.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A stratégiaalkotástól a projektekig

A projektek célja a **3.ábra** alapján a szervezeten belüli változások létrehozása annak érdekében, hogy egy jelenlegi állapotból egy adott célkitűzésnek megfelelően, egy kívánt jövőbeli állapotba kerüljenek.



3. ábra: Projekt eredményeként megvalósuló szervezeti állapotváltás
(PMBOK® GUIDE 6.th, 2019)

Egy új projekt kialakítására, indítására többféle célból kerülhet sor (PMBOK® GUIDE 6.th, 2019,) szerint. Technikai fejlődésre alapozva egy új technológia kifejlesztése vagy egy meglévő fejlesztése, hogy gyorsabb működésű, olcsóbb, kompaktabb kialakítású terméket gyártsunk. Egy versenytárs árpoltikájából adódóan termelési költségek csökkentése, versenyhelyzet szinten tartása érdekében. Valamilyen fizikai állapotromlás következtében, annak helyreállítása szabályozási vagy egyéb követelményeknek megfelelően. Politikai változtatások kapcsán, finanszírozási területen történő változtatások miatt. Piaci igényeknek való megfelelés, energiahordozók csökkenése miatt a hatékonyabb működés létrehozásának változására. Egy gazdasági esemény következtében a már meglévő projekt prioritása csökken. Ügyfelek igényeinek kielégítésére egy új beruházást kell létrehozni. Szervezet valamelyik érintettje elvárásainak megfelelően új eredmény létrehozására. Külső tényező, jogi előírásnak kell megfelelni. Meglévő üzleti folyamatunkat kell fejleszteni. Bevételek növelésére valamilyen stratégiai lehetőség vagy üzleti igény kielégítésére. Társadalmi igények javító céllal történő kielégítésére vagy környezetvédelmi követelményeknek való megfelelés megvalósítására indíthatunk projektet.[21.]

A stratégiaalkotás hierarchiájának megalkotásának kiinduló pontja (Görög, 2003) szerint a belső adottságok, külső környezeti tényezők és külső és belső érdekcsoportok, melyből meghatározhatók az adott szervezet jövőbeni tevékenységei, céljait megfogalmazó **jövőkép** és jövőbeni létét összefoglaló **misszió**. Ezek kvalitatív módon történő megvalósítását a **célkitűzések** biztosítják. A célkitűzésekből megfogalmazott **konkrét célok** megvalósításának mérőföldkövei, azok kvantitatív módon mérhetővé tétele. **Stratégiai programok** és **akciók** konkrét célok teljesíthetők kvantitatív módon meghatározott cselekvési programokkal, amelyek eredményeként létrehozhatók a **projektek**. [6.]

2.2. Projektek

A projekt meghatározása (PMBOK® GUIDE 6th, 2019) szerint.

„A projekt időben behatárolt erőfeszítés egy egyedi termék, szolgáltatás vagy eredmény létrehozása céljából”. [21.]

A projekt meghatározása (Görög, 2003) szerint

„Minden olyan tevékenység, amely egy szervezet számára olyan egyszeri és komplex feladatot jelent, amelynek teljesítési időtartama (kezdés és befejezés), valamint teljesítésének költségei meghatározottak és egy adott eredmény (cél) elérésére irányul”. [6.]

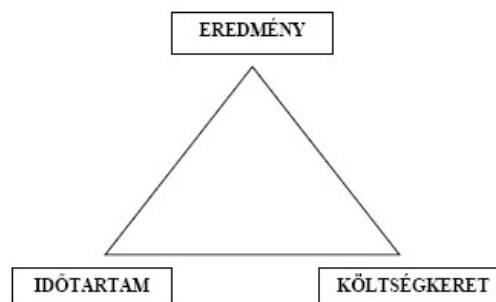
A projekt meghatározása (Kory - Suzette - James, 2019) szerint

„PROJEKT: Adott időszakra szóló vállalkás, amelynek meg van adva a kezdete és a vége, a célja pedig valamilyen egyedi termék, szolgáltatás vagy eredmény előállítása”. [15.]

A projekt meghatározása (Graham, 1979 In Szabó, 2017) szerint

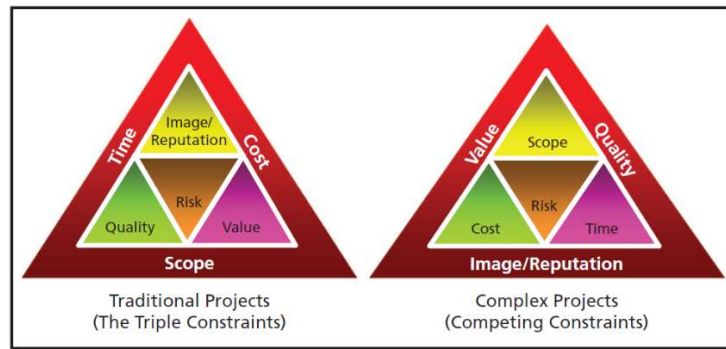
„A projekt, jól definiált költségvetési és időkereten belül elérendő cél vagy célok megvalósítására – sokszor ideiglenes jelleggel – összeválogatott emberek és egyéb erőforrások csoportja”. [23.]

A projektek keretrendszerét azonosító karakterisztikákat általános megközelítésben az **4. ábra** szerint határozhatjuk meg. [2.]



4. ábra: A projektet azonosító elsődleges karakterisztikák (Daróczi, 2019)

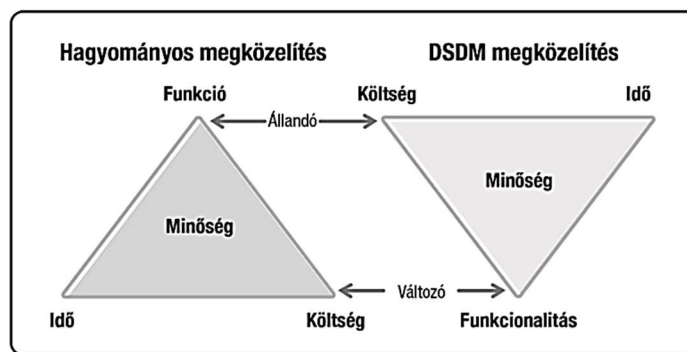
A projekt összetettségének növekedésével (*Harold, 2013*) szerint az összetett projekteknél **5.ábra** alapján érték, minőség, imázs/hírnév karakterisztikák kapnak nagyobb prioritást.[7.]



5. ábra: Hagyományos és összetett projektek karakterisztikái (*Harold, 2013*)

A projektek keretrendszerét azonosító karakterisztika iteratív megközelítésben a DSDM (Dynamic System Development Method) módszerrel kialakított keretrendszer (*PMI-Agile Alliance[®], 2018*) szerint, ami a hangsúlyt a szállításra helyezi és első körben meghatározza költség, minőség, idő hármast, majd a terjedelmet rangsorolja korlátoknak való megfelelés érdekében.

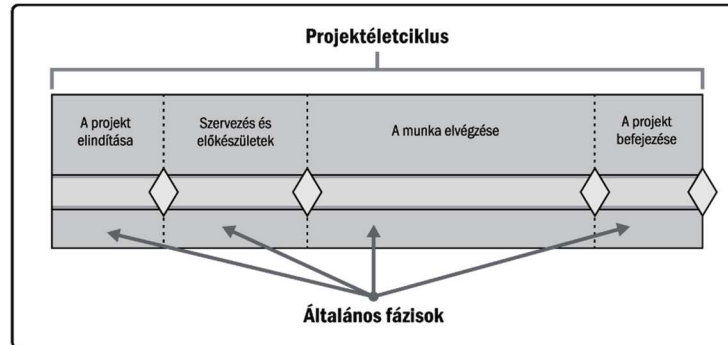
Használatának fókuszpontjában a **6. ábra** értelmében az üzleti igények, szállítási pontosság, kooperatív működés, minőség biztosítása, szilárd alapokon nyugvó fokozatos összeállítás, ismétlődő fejlesztés, kommunikáció és a felügyelet van.[20.]



6. ábra: Korlátvezérelt agilitás DSDM megközelítése (*PMI-Agile Alliance[®], 2018*)

- Projektek életciklusai

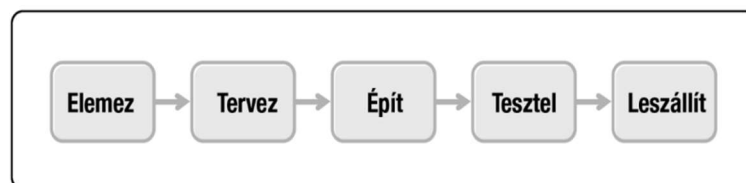
A projektek éltciklusa (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019*) szerint olyan logikailag összekapcsolt, leszállítandó(k) létrehozását eredményező projektfázisokból áll **7.ábra** alapján, amelyek sorozatos ismétlődése a projekt indításától annak befejezéséig tart.[21.]



7. ábra: Projektélelciklus általános ábrázolása (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019*)

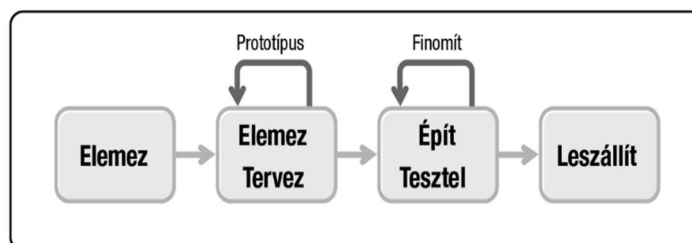
A (*PMI-Agile Alliance®, 2018*) szakirodalmi forrás a projektek életciklusait az alábbi megközelítésekben tárgyalja.

Prediktív élelciklus: A **8.ábrán** követelmények rögzítettek, a tevékenységeket egyszer végzik a teljes projektben, a kivitelezés egyetlen leszállítandóban történik, cél a költségek menedzselése.[20.]



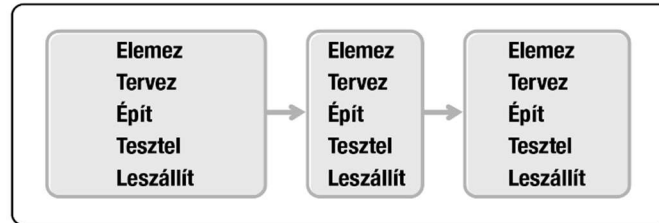
8. ábra: Prediktív élelciklus (*PMI-Agile Alliance®, 2018*)

Iteratív („ismétlődő”) élelciklus: A **9.ábra** értelmében a követelmények dinamikusan változnak, ezért van visszajelzés a befejezetlen munka javítására, módosítására, tevékenységeket addig ismétlik amíg nem megfelelőek, egyetlen leszállítandó van a projektben, cél a helyes megoldás elvégzése.[20.]



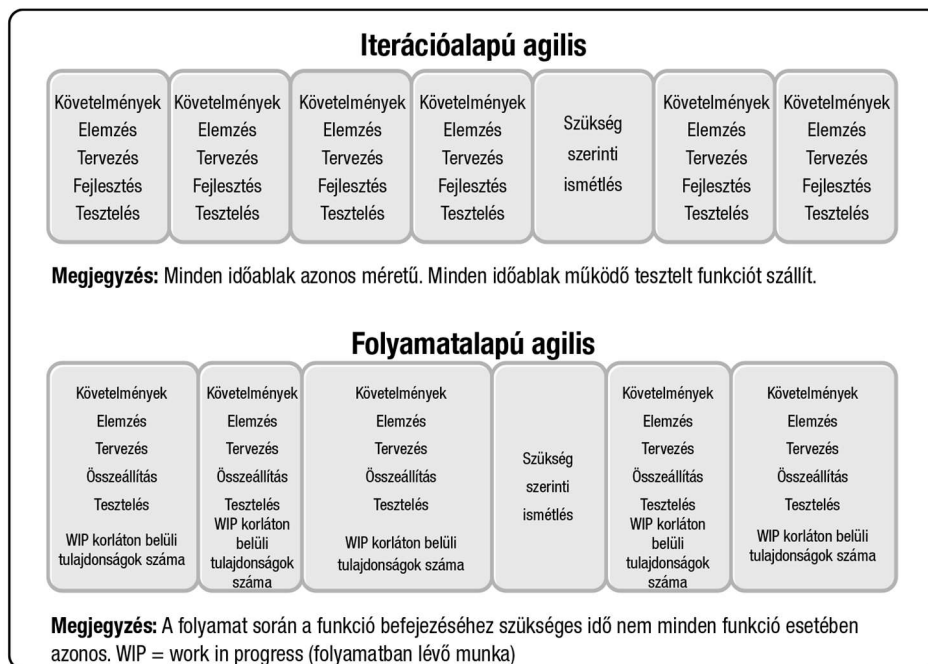
9. ábra: Iteratív élelciklus (*PMI-Agile Alliance®, 2018*)

Inkrementális („fokozatos”) életciklus: Dinamikusan változó követelmények mellett a **10.ábra** szerint befejezett leszállítandókat biztosít, amelyet az ügyfél akár azonnal használhat. Tevékenységeket egyszer az inkrementális szakaszban végzik, leszállítandók létrehozása több gyakori kisebb méretben történik, cél a gyorsaság.[20.]



10. ábra: Változó méretű inkrementumok életciklusa (PMI-Agile Alliance®, 2018)

Agilis életciklus: Iteratív és inkrementális egyesítése a követelmények dinamikus változása a **11.ábra** mintájára, a tevékenységek megfelelőségéig történő ismétlése, a gyakori kisebb leszállítandók létrehozásán és visszajelzéseken keresztül acélja az ügyfélérték megteremtése.[20.]



11. ábra: Iterációalapú és folyamat alapú agilis életciklusok (PMI-Agile Alliance®, 2018)

- Projektek típusait (Görög, 2003) alapján a változás mértéke, eredmény behatárolása, eredmény tartalma, szereplők (**1-4. táblázat**) szerint ismertetem.[6.]

1. táblázat

A létrehozott változás mértéke szerint

<i>Projekt típusa</i>	<i>Létrehozott változás mértéke</i>
▪ Származékos projekt	▪ Kismértékű változás a jelenlegi termékben vagy folyamatban
• Átütő projekt	• Teljesen új termék vagy folyamat létrehozása
○ Programba illő projekt	○ Az átütő és származékos közti átmenet, jelenlegi technológiai folyamat alapján új termék létrehozása
- K+F projektek	- Jelenlegi technológiai folyamat alapján új termék létrehozása

(Forrás: [6.] alapján saját szerkesztés)

2. táblázat

A létrehozandó eredmény behatárolásának mértéke szerint

<i>Projekt típusa</i>	<i>Létrehozandó eredmény behatárolásának mértéke</i>
▪ Konkrét projekt	▪ A projekt kezdetekor egyértelműen rögzítve van
• Véletlenszerű projekt	• Az eredmény nincs egyértelműen rögzítve, kialakítása a projekt folyamatában
○ Nyílt projektek	○ Az eredmény nincs rögzítve, meghatározása a teljesítés folyamatában.

(Forrás: [6.] alapján saját szerkesztés)

3. táblázat

A létrehozandó eredmény tartalma szerint

<i>Projekt típusa</i>	<i>Létrehozandó eredmény tartalma</i>
▪ Beruházási projekt	▪ Termék vagy szolgáltatás léhozására alkalmas létesítmény jön létre
• K+F projekt	• Új termék vagy technológia jön létre • Meglévő termék, technológia javulása • Új termék, technológia alkalmazása • Meglévő termék, szolgáltatás költségének csökkentése • Új számítógépes program jön létre vagy meglévő fejlesztése • Új termék, vagy szolgáltatás bevezetése
○ Termékfejlesztési projekt	○ Korábbi tapasztalatok alapján új termék
- Szervezetfejlesztési projekt	- Szervezet működési folyamatának új minősége

(Forrás: [6.] alapján saját szerkesztés)

4. táblázat

A teljesítésben részt vevő szereplők szerint

<i>Projekt típusa</i>	<i>A teljesítésben részt vevő szereplők</i>
▪ Belső projekt	A projektet létrehozó, tulajdonosi szervezet saját erőforrással teljesíti
• Külső projekt	• Az erőforrást nem a projekttulajdonos, hanem vele szerződéses kapcsolatban álló külső partner biztosítja.
○ Vegyes projekt	A projekt teljesítéséhez szükséges

(Forrás: [6.] alapján saját szerkesztés)

2.3. Projekttervezés feladatai, fázisai

A tervezés (Husti, 2020) szerint a tudatos jövőalakítás érdekében személy vagy szervezet számára meghatározza valamely céljának eléréséhez és a további működés során jelentkező nem várt problémák menedzseléséhez szükséges feltételeket, tevékenységeket, módszereket, eszközöket, erőforrásokat. A célok meghatározása során akcióterveket kell kidolgozni, melyben arról kell dönteni, kinek, mit, mikorra, milyen eszközökkel, milyen sorrendben kell tevékenységet végeznie.[11.]

A „jó projekt” tulajdonságai (Husti, 2020) megfogalmazásában 3 fő részre bonthatók.

Releváns szempontból legyen valós igényekre alapuló, célra orientált, elvárásnak megfelelő.

Megvalósíthatóság szempontból jól átgondolt, következetes, eredményei legyenek mérhetők, reális költségvetésű, világos munkamegosztású, előzetesen felmért kockázatú.

Fenntarthatósági szempontból a célcsoportnak nyújtott előnyök fejlesztés után is biztosíthatók legyenek.[11.]

A projekttervezés részfeladatai: (Husti, 2020)

Projekt definiálása (projekt tárgya, célja) [11.]

A projektterjedelem meghatározásának folyamata, ami tartalmazza a projekteredmény definiálását, létrehozását, korlátainak részletes meghatározását elfogadásának szempontjait (PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 5-9.ábra) szerint alapján.[21.]

Tevékenységstruktúra sorrendjének megtervezése, létrehozása [11.]

A tevékenységek meghatározási folyamatának eredményeként (PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 6-6.ábra) szerint kerülnek azonosításra, dokumentálásra az egymás után és párhuzamosan végezhető tevékenységek, mérföldkőlista.[21.]

Logikai, technológiai kapcsolatok megalkotása [11.]

A tevékenységfüggőségi rendezés (PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 6-8.ábra) szerint a tevékenységek függőségének, logikai sorrendjének, kapcsolódásainak meghatározása.[21.]

Folyamat-, ütemterv összeállítása [11.]

Az ütemterv elkészítése (PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 6-15.ábra) szerint a tevékenységek ütemezési sorrendje és az átfutási idő, erőforrásigény elemzéseinek alapján létrehozható az ütemezési modell. [21.]

Időtervezés [11.]

A folyamat átfutási idejének meghatározása, becslése (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 6-13.ábra*) szerint, az egyes tevékenységek időegységeinek megtervezésének eredménye alapján hozható létre, tervezhető meg.[21.]

Munkaigény meghatározása [11.]

A projekt cél elérése érdekében elvégzendő munkák hierarchikus lebontásának olyan szintű meghatározása (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 5-11.ábra*) szerint, ami kisebb, a projekt méretétől függő, hatékonyabban menedzselhető szintek létrehozását jelenti.[21.]

Erőforrások terhelésének becslése [11.]

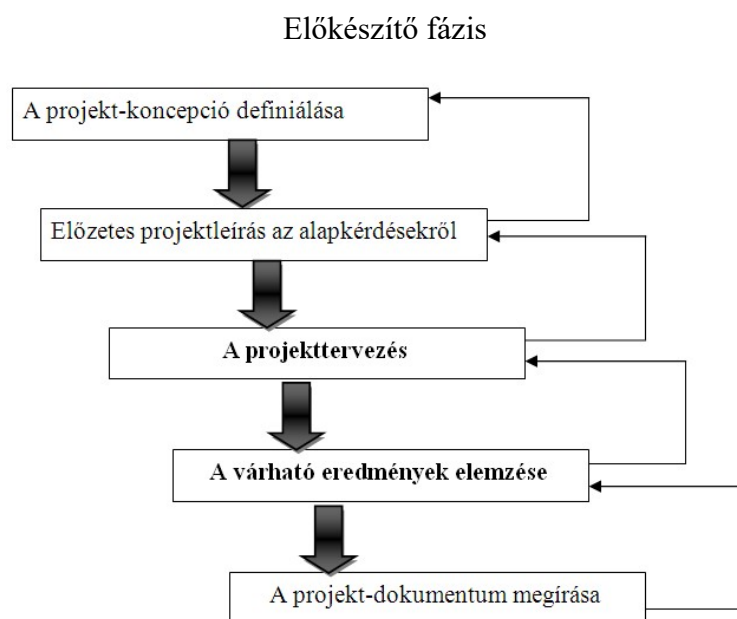
A projekt során időszakosan végzendő tevékenység (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 9-6.ábra*) szerint, ami folyamán az emberi erőforrások, nyersanyagok, berendezések, készletek típusait, mennyiségét és tulajdonságait becsülik meg.[21.]

Pénzügyi tervek összeállítása [11.]

A projekt végrehajtásához szükséges tevékenységek elvégzéséhez tartozó munkacsomagok becsült költségeinek az összesítése (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 7-7.ábra*) alapján készítik a költségtervet egyszer, vagy a projekt meghatározott pontjain.

- A projekt életciklusainak fázisai: (*Husti, 2020*)

1. Előkészítő fázis **12.ábra** alapján, a megvalósítást megelőző tevékenységek meghatározása, végrehajtása, 2. Projekt fizikai megvalósítási fázis, 3. a projekteredmény hasznosítása, projekt utóvizsgálat.[11.]



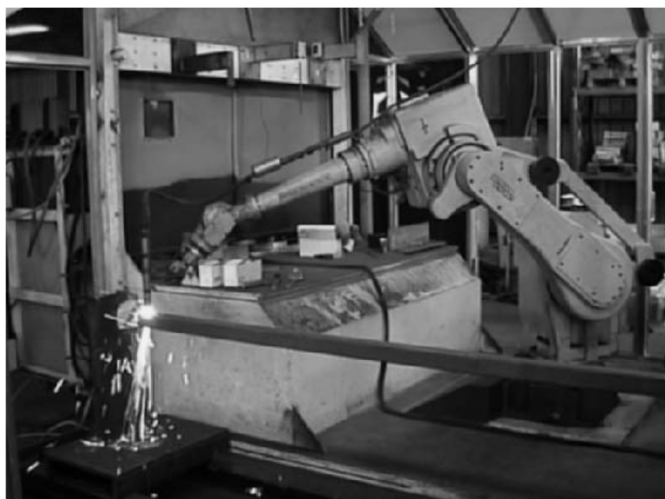
12. ábra: A projekt előkészítés fázisai: (*Husti, 2020*)

2.4. Robottechnika áttekintése

A robot definícióját már az 1930-as években megjelent forrásban is megtalálhatjuk. Erre, való írásos hivatkozás (*Zsidai, 2016*) integrált gyártórendszerekhez kapcsolódó könyvében találtam, amely a Webster angol szótár 1934 évből hivatkozik erre a meghatározásra. „Robot: Automatikus szerkezet vagy eszköz, amely általában emberek által végzett tevékenységeket hajt végre vagy majdnem emberi intelligenciával tevékenykedik”. [27].

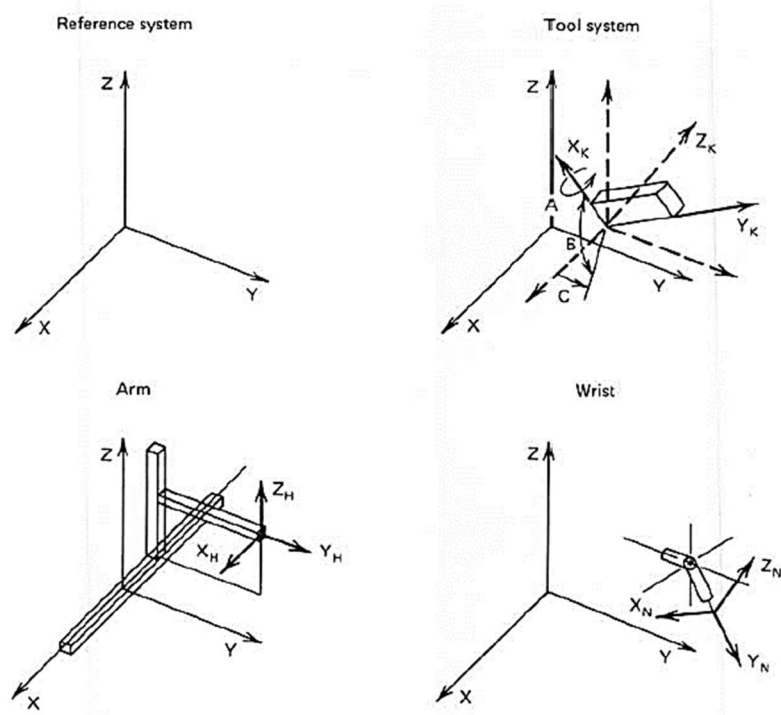
Ipari robot fogalma (*Donner*) alapján, egy szabadon programozható automatikus működésű gép, amely az emberi kéz mozgásfunkciókat képes reprodukálni megfogó szerkezettel, illetve szerszámmal. Robotok csoportosítása alkalmazási terület szerint iparban használt robotok, víz alatti kutatásban használt robotok, egészségügyben gyógyászati célra, mikro sebészetben használt robotok, űrkutatásban használt robotok, építészetben használt robotok (mély-, magaspépítészet). [3.]

Az ipari robotok (*Helm, 1983*) alapvető feladatai és főbb típusai a technológiai műveleteket végző robot - hegesztőrobot, festőrobot, szerelőrobot, öntőrobot, mérő/ ellenőrző robot, anyagmozgatási műveletet végző robot- szerszámgépet kiszolgáló robot, rakodórobot, csomagolórobot. Ipari robotok csoportjában a védőgázos hegesztőrobotok, ultrahangos hegesztőrobotok hegesztő robotok mellett a leggyakoribbak az **ívhegesztő robotok**, melyeknél, előre meghatározott nagy pontosságú $\pm 0,5\text{mm}$ -nél kisebb pályán történik a hegesztés. az ismétlési pontosság betartásával rövid ütemidő alatt is. Monoton munkavégzésből, megterhelő koncentrációból adódó hibázási lehetőség nulla. Programban többször változtatható hegesztési sebesség adott pályaszakaszon is. Jellemzői a varratok közötti gyors átállás, optikai varratkövetés. Változtatható amplitúdójú és frekvenciájú lengő hegesztés a munkadarab illeszkedési házagainak és befogás pontatlanság kompenzálására és az automata hegesztőhuzal adagolás, gázadagolás, hegesztőfej tisztítás. [8.]



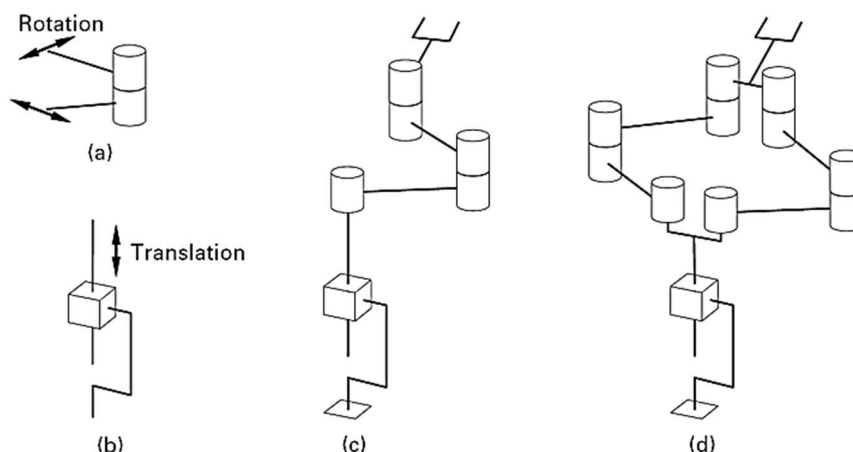
1. kép: Robot hegesztőpisztoly manipulátorral (Owen, 2007)

Ipari robotok felépítése (Donner) a kinematikai, mechanikai egység a robot mozgását a translációs és rotációs tengelyek összessége, a kinematikai lánc valósítja meg. A kinematikai lánc végén a munkadarab mozgatását létrehozó megfogó, vagy megmunkálását végző szerszám található, aminek egy kijelölt pontja a munkapont (TPC-ToolPoint Center). A munkadarabot a robot annak megfogó szerkezetének mozgatásával, fordításával, billentésével helyezi a megfelelő pozícióba. Megfogás elve szerint lehet, ujjakkal, vákuummal, mágnesekkel, szorítók segítségével, rögzítő felületekkel. A robot munkaterét a kinematikai lánc által elérhető tér alkotja. A 13.ábra szerinti munkatérben, a pontok elérhetőségéhez, feladatok végrehajtásához a 6 egymástól függetlenül mozgó tengelyre van szükség.[3.]



13. ábra: Koordináta rendszerek robotoknál (Shimon Y, 1985)

Meghajtása programozott pályán történő térben csuklómozgásokat megvalósító kinematikus vázszerkezetek **14.ábra** alapján, az érkező jeleknek megfelelően, definiált pozíciók elérése, pozícióban tartása. A meghajó motor típusai (*Donner*) szerint lehet szervó, szinkron, három-fázisú, vagy léptetőmotor, a hajtás szerint lehet egyenáramú hajtómű áramszabályozással vagy váltakozó áramú hajtómű frekvenciaszabályozással.[3.]



14. ábra: Kinematikus vázszerkezetek (*Karl, 2010*)

(a) elfordulás, (b) elmozdulás, (c) nyílt kinematikai lánc, (d) zárt kinematikai lánc

A **Mérőegység** (*Donner*) a karok aktuális pozícióját továbbítja a robot vezérlegységéhez. Működési eljárás szerint direkt - analóg vagy digitális, vagy indirekt - analóg vagy digitális. **Érzékelők, biztonsági egységek** a robot fizikai jellemzőinek és környezeti változásokat érzékelik, mérik, és ezek változásaiból tudunk bevetkezhető kedvezőtlen helyzetre gyorsan reagálni. **Programozási egység** az ipari robot számára rendezett mozgási folyamatok létrehozása, amelyben az egymás után következő lépések sorozatát és a mozgás során elérendő pozíciók koordinátáit adjuk meg. Ezt a ciklust a vezérlő eltárolja, majd program futtatáskor végrehajtja, ez a munkaciklus, amit a gyártó által, a robottal szállított programozási nyelven hozzuk létre. Program részei a mozgást létrehozó utasítások (pozicionálás, orientálás, interpoláció, sebesség stb.), a folyamat sorrendjének meghatározása (kezdet, vége, ugrás, hurok stb.), ellenőrző, figyelő utasítások (szenzorok, külső inputok állapota, vészhelyzetek), kommunikációs utasítások (adatkezelés, adatkijelzés, hálózat). Az ipari robotok **vezérlő egységének** feladata a robot több egységének, részfunkcióinak irányítása. Lehet nyitott vezérlés vagy zárt vezérlés, szabályozás.[3.]

A vezérlések típusai (*Christian-Wilfried, 1987*) pontvezérlésű (Point To Point, PTP), pálya-vezérlésű (Continuous vagy Controlled Path, CP) módokat említi.[1.]

Egy másik, már hazai szakirodalom (*Donner*) a pontvezérlést (PTP) két részre bontja, a szinkron pontvezérlésre (Sincro PTP), aszinkron pontvezérlésre (Asincro PTP). Fő csoportok

még a manipulátor vezérlés (Pick and Place), szakaszvezérlés multipontvezérlés: Pályavezérlés lineáris-, körinterpoláció, közelítés, ingázás, multipontvezérlés (Teach and Playback), mikroprocesszoros vezérlés. Ipari robotok **online programozás** esetében a robot mellett közvetlenül történik a programozás, tehát szükséges a robot fizikai jelenléte a programozás ideje alatt is. A robotot elmozgatják a nevezetes pontokra, végigvezetve a munkapályán megmutatják, hol kell annak végighaladnia és az elmozdulásokat mentik a robot vezérlőjébe. Playback programozásnál a programozó robot mellett közvetlenül, kézzel vezeti végig a robot szerszámát olyan térbeli pályán, amit offline programozással matematikailag leírni nagyon nehéz lenne. Teach eljárásnál a teachbox funkcióbillentyűivel a robot megfelelő részeit a programozandó pálya nevezetes pontjaira mozgatva kell a programozni kívánt koordinátát, amit adatokkal sebesség, gyorsulás, pont vagy vonal menti elmozdulás kiegészítve mentjük el a programot. **Offline programozás**nál az online programozással ellentétben, térben és időben a programozás és a robot nincs összekötve. Programnyelv segítségével a programot akár szövegszerkesztővel vagy akármilyen editorral el lehet készíteni. A forráskódot vezérlőkarakterek nélkül kell elmenteni (pl.: *.txt), amit utólag fordítani kell gépi kód formátumra. Mozcásorientáltnál a szükséges mozgás típusát koordinátákkal viszi be a programozó, ezt a robot direkt módon felhasználja. Feladatorientáltnál a feladatot valamilyen, arra egyértelműen jellemző formában adjuk meg. A robot a feladat elvégzéséhez szükséges további információt, változó, állandó paramétereket adatbázisból határozza meg. Grafikusan megjelenítve a programozás során a robotot többféle nézetből 3D-ben megjelenítve, részletesen is végigkövethetjük a robot mozgását. Van lehetőség szimulációra, ahol kiszűrhetjük az ütközéseket, helytelenül programozott tengelymozgásokat. Ennek a programozási módszernek előfeltétele, hogy a CAD környezetnek és a valóságnak tökéletesen meg kell egyeznie, ha nem akkor kalibrálni kell. Adatcsere segítségével a meglévő hasonló felépítésű programokat felhasználva és átalakítva, a robotvezérlőjének PLC in- és output adatait tudjuk felhasználni. A robotállomás működtetéséhez CAD programban előzetes hardvertervet kell készíteni, ahol az input adatokból a szoftver csatlakozófelületén keresztül tudjuk az adatokat továbbítani más programok felé.

Vegyes programozási módszerrel a számítógépen létrehozott programot offline módban, szimulált ipari körülmények között tudjuk tesztelni, javítani. Ezután online módban, üzemben a robot mellett „Teach” módban tudjuk a koordinátákat, mozgási pályát a robot mozgásával leprogramozni és menteni a robot vezérlőjébe.[3.]

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A hegesztőrobotok gyártásba vezetési folyamatának módszere

A hegesztőrobotok gyártási folyamatba történő bevezetése (*Farkas-Barabás, 2008*) alapján három fázisból áll. Először az **előkészítési fázist** kell elvégezni, ami a kívánt termék kiválasztása és annak vizsgálata, hogy az alkalmas-e a robotizálásra. Ennek első feladata a *konstrukciós vizsgálat*, ami a termék tagoltságának és a hegesztési varratok hozzáférhetőségének, az alkatrészek illeszkedési részének a vizsgálata. A megfelelő minőség biztosításához az alkatrészeket valamilyen CNC vezérlésű, például lézervágó géppel kell elkészíteni. Az élhajlítás műveletet is tartalmazó termékeknél az eltérő lemezminőségek miatt, fontos a gépkezelő önellenőrzése első darabnál, valamint a hajlítás utáni méret, - és vizuális ellenőrzés (alkatrész tisztasága). Ezután a hegesztési *ciklusidő*n belül a hegesztési főidő és az alkatrészek pozicionálására, mozgatására fordítandó mellékidők viszonyára. Kézi hegesztésnél sok időt jelenet a nagy és összetett termékek pozicionálása és forgatása, ami robothegesztésnél könnyen készülékezhető és a hegesztőrobot mozgó tengelyhez szerelve mozgatása programozható. A gazdaságos gyártás szempontjából figyelembe kell venni a *sorozatnagyságot*, a továbbiakban meddig fog még tartani a *várható gyártási idő*, *minőségi* és *mennyiségi* szempontokat, az offline programozás lehetőségét, amivel kis sorozatnál is lehet gazdaságos a gyártás. A projekt cél eléréséhez, a megrendeléshez ki kell alaktani a szempontokat, amely alapján majd ki kell választani a megfelelő *robotcellát* és az azt *beszállító* céget. A robotnál ilyen szempont lehet a robot mérete, munkatere (a gyártható termék mérete), munkahelyek száma, mozgatásra, hegesztési technikák, kiszolgálás, füst elszívás, ár. A szállító cégre vonatkozóan a szerviz, alkatrész utánpótlás (magyar vagy külföldi), oktatás (technológiai, programozás), szakemberek, referenciák. A **megvalósítási fázisban** a *személyi feltételekre* vonatkozóan operátori, programozói, karbantartói, mérnöki, vagy ezekből képzett összevont feladatkörök megteremtése fontos tényező. Az ismeretek megszerzésére robotcella specifikus gépkezelési és programozási ismereteket tartalmazó *oktatáson* kell részt venni. Ezután cella *telepítése*, *beüzemelése* és a *készülékgyártás* következik. Meg kell tervezni, hogy a termék a készülékben, milyen elemekkel és hogyan lesz befogva (egy vagy összefogva több darab), tájolva, cserélve, szem előtt tartva a „PokeYoke” elvet és maga a készülék karbantartva. Tervezési szempont az *anyagáramlási* és *kiszolgálási tároló* helyek kialakítása, illetve a *robotprogramozás*, majd a **gyártásindítási fázis**. [5.].

3.2. A logikai keretmátrix általános megtervezése

A logikai keretmátrix készítésének első szakasza (*Lökkös, 2017*) szerint egy stratégiai célkitűzést, problémaelemzést és egy célmeghatározást tartalmazó fázisból áll.

Ezt követi a logframe tervezési szakasza, aminek része az intervenciók logika, feltételek/kockázatok meghatározása, fenntarthatósági elemzés, objektíven mérhető indikátorok meghatározása, ellenőrzése, erőforrások költségvetési terve.[17.]

A logikai keretmátrix (*Vörös, 2004*) egy olyan megszerkesztett „táblázat” amely, a szervezetek fejlesztési tevékenységeinek tervezését, lebonyolítását, ellenőrzését és értékelését megkönnyíti, egyszerűsíti, illetve segíti átláthatóbbá tételét. A problémaelemzésnél használható eszköz az úgynevezett „problémafa” elkészítése, amivel feltárhatók a problémákat, azok ok-okozati összefüggéseit és hierarchikus formában a fő problémából kiindulva a legalsó szintek meghatározásáig. Elsőként a fő probléma tárgyát egyértelműen be kell azonosítani, majd annak alsóbb szintekre való bontása ok-okozati kapcsolatainak meghatározását kell elvégezni és ezután a problémafa megszerkesztését. A meghatározott problémák megoldásaira vonatkozó válaszként következő fázis a „célfá” megalkotása, amiben a problémafa ok-okozati összefüggéseire eszközök és célok meghatározása kerül. Az elérendő fő cél felvázolása után az alsóbb szinteken lévő elérendő célokat, azok elérésnek eszközeinek strukturálását kell ábrázolni a problémafa minden szintjének megfelelően.[26.]

A külső és belső tényezők figyelembevételével (*Husti, 2020*) a teljes projektet meg kell tervezni a szükséges eszközök, inputok, szellemi és anyagi erőforrások, illetve a teljes finanszírozásra vonatkozó költségvetés nagyságának figyelembevételével. Lépéseket, tevékenységeket, akciókat kell végrehajtani, hogy a kívánt típusú, minőségű, mennyiségű eredmény időben létrejöjjön. Az elért eredményre vonatkozóan, az elért hatások értékeléséhez a „terv-tény összevetéshez” szükséges, hogy az információk rendelkezésre álljanak és a megvalósításhoz kapcsolódóan számszerűsített, objektíven mérhető legyenek a célok értékei. A végrehajtás során elemzésekkel, becslésekkel meg kell határozni, azonosítani kell a teljesülést veszélyeztető tényezőket, kihatásukra kockázati faktort kell számítani, azokat értékelni és szükség esetén a kockázatok csökkentésére intézkedéseket tenni. Az adott átfogó stratégiai fejlesztéssel elérendő, eredményszinten jelentkező cél a projekt kedvezményezettjei számára, aminek érdekében az adott projektet végre kell hajtani és ahhoz az előfeltételeknek teljesülnie kell. A projekt megkezdéséhez meg kell határozni azokat a személyi, tárgyi, pénzügyi és elvégzendő tevékenységek meglétét, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a projektet megkezdhessük. Az előfeltételek vizsgálatához létezik egy kidolgozott folyamat, ami vizsgálja, hogy az

adottfeltétel fontos, vagy figyelmen kívül hagyható. Amennyiben fontosnak tekintjük, milyen valószínűséggel lesz ennek hozadékaként valamilyen a későbbiekben bekövetkező esemény. További lépésben ennek bekövetkezési valószínűségét kell megvizsgálni, hogy a beavatkozás milyen mértékű legyen, hogy folyamatos figyelmet igényel, kihagyható vagy át kell projekt eszköztárát az adott feltételre alakítani.[11]

A logikai keretmátrix felépítése (*Henci-Murvai, 2012*) alapján **7. táblázat** szerint. Az általános **horizontális** felépítés: Az **1.oszlop sorai a projekt leírása**. Az első sor megmutatja, a magasabb szinten kitűzött stratégiai célok megvalósulása, hogyan segíti a célkitűzésekben megfogalmazott eredmények elérését. A második sor közvetlenül bemutatja a fennálló problémákat, elérendő projektcélt és ezekkel elérendő változtatások pozitív hatásait. A harmadik sor a tevékenységek elvégzése és az erőforrások eredményeként létrejövő elemeket mutatja be. A negyedik sor az elérendő célok megvalósításához az erőforrások által teljesített feladatok, tevékenységek elvégzését tartalmazza. Az ötödik sor a tevékenységek megkezdéséhez szükséges inputokat határozza meg. A **2.oszlop sorai a sikeresség mutatói**. Az első sor a projekt megvalósítása után hosszabb időtávban jelentkező eredmények hatásait mutatja. A második sor a projekt eredményeként létrehozott elemek közvetlen hatásainak a célmutatóit fejezi ki. A harmadik sor az eredményként előállított elemek, outputok hatásainak számszerűsített értékeit jellemzi. A 4.sor tartalmazza a tevékenységek végrehajtásához szükséges inputokat, ráfordításokat. A **3. oszlop sorai** fentről lefelé haladva a *stratégiai cél, a projektcél*, az eredmények elérését és a tevékenységek teljesülését igazoló mutatók méréséhez használt *eszközök, módszerek* bemutatását tartalmazza. A **4. oszlop sorai** a projekt szempontjából nem befolyásolható külső kockázatok, tényezők és rizikófaktorokszemléltetése. Az első sor kihasználásával felső sortól indulva lefelé haladva a projektcél és az eredmények megvalósulásával, tevékenységek előrehaladásával és a projekt elindításához szükséges előfeltételek meglétével kapcsolatos külső fontos tényezők. Az általános **vertikális** felépítés: Az **1. oszlopban** a projektet leíró *stratégiai és projekt célok*, az *elérendő eredmények* és az ezekhez szükséges *tevékenységek* kerülnek. A **2. oszlop** az előzőleg meghatározott, egyes szintekhez tartozó célok sikeres megvalósulását igazoló hiteles, objektíven meghatározott *mutatóit, mérhető, minőségi és mennyiségi indikátorokat* tartalmazza. A **3.oszlop** az indikátorok méréséhezkapcsolódó *adatok forrásait, eszközeit*, valamint az ezekhez szükséges *eszközöket, módszereket* mutatja be. A 4. oszlopot a projekt végrehajtását és fenntarthatóságát veszélyeztető **kockázati feltételezések**, becslések, rizikófaktorok alkotják.[9.]

5. Táblázat

Logikai keretmátrix általános alakja, készítési sorrendje (Henci-Murvai, 2012, Husti, 2020)

A logikai keretmátrix			
Projektleírás	Indikátorok	Indikátorok eszközei, módszerei, forrásai	Kockázati tényezők
1. Stratégiai cél	13. Stratégiai cél mutatói	14. Stratégiai cél eléréséhez	
2. Átmeneti célok	15. Átmeneti cél mutatói	16. Átmeneti cél eléréséhez	12. Átmeneti céllal összefüggő
3. Projekt célja	17. Projekt cél mutatói	18. Projekt cél eléréséhez	11. A projektcéllal összefüggő
4. Megvalósuló outputok	19. Az outputok mutatói	20. Az outputok eléréséhez	10. Az outputokkal összefüggő
5. Outputok eléréséhez szükséges tevékenységek			9. A tevékenységekkel összefüggő
6. A tevékenységek elvégzéséhez szükséges inputok			8. Az inputokkal összefüggő
(Forrás: [9], [11] alapján saját szerkesztés)			7. A projekt előfeltételeivel összefüggő

3.3. Folyamatfejlesztési technikák

- Folyamatfejlesztés „pull elv” alapján - KANBAN

A gyártási folyamat fejlesztésének egyik módszer annak hatékonyabbá tételére és a termelésben lévő félkész termékek tárolási költségének csökkentésére a (Katrin-Renate, 2018) ismertet egy 1947-ben Taiichi Ohno által kifejlesztett módszert a *kanban kártya/tábla* néven. Ez **VSM módszerrel megegyezően** „pull elven” működő rendszer, amiben megvalósul a dolgozók saját felelősségkörben történő munkavégzése és a készletfázisokat kanban kártyákkal dokumentálták. A projektmenedzsmentben alkalmazásban lévő standard eljárás alapelvei az egyidejű munkák feladatokra felosztásának szükségessége és a projekt minden lényeges feladatának megjelenítése és jól láthatóvá tétele.

Működésének a **VSM módszerrel megegyezően** öt fázisa van. Az *első fázisban* a projekt célját kell meghatározni, termékekkel szembeni elvárások rögzítése és mik a konkrét feladatok. A *második fázisban* a kártyákat kell létrehozni, amin a feladatok összefoglalása, egy konkrét feladat megfogalmazása és erre vonatkozóan a várhatóan fordítandó idő és a feladat felelőse. A *harmadik fázisban* a kanban tábla létrehozása következik, oszlopokkal felosztva

az el nem kezdett, a folyamatban lévő és a kész feladatokkal. A *negyedik fázisban* az elvégezni kívánt feladatot tartalmazó kártya húzása és a kanban tábla közepe felé tolása következik, a folyamatban lévő feladatok oszlopban ne legyen sok kártya. Az *ötödik fázisban* a feladat lezárása után, új kártyát kell húzni vagy a folyamatban lévő, de elakadt feladatokat segíteni.[13.]

- Folyamatfejlesztés „pull elv” alapján - Value stream map VSM

A Lean módszerek közül egy olyan folyamatfejlesztési eszköz (*Husti, 2020*) szerint, amelynek segítségével:

- Ábrázolni tudjuk a működési folyamatainkat anyag és információáramlási szempontból megmutatva a veszteségeinket, saját működési rendszerünk megértését, megkönnyíti a kommunikációt.
- Alkalmazhatóvá teszi folyamatunkat értékteremtési szempontból a lean eszközök alkalmazására, strukturális felbontására.
- Fejlesztést segítő eszközként használható veszteségek feltárásához.[10.]

Bevezetésének (*Kosztolányi–Schwahofer, 2012*) alapján három szintje van, ennek az első, az öt lépéses **alapszint**.

1. Meghatározzuk mi az érték.
2. A meghatározott értéket megteremtő folyamat a feltérképezése
3. Az érték akadálymentes áramlásának biztosítása a folyamatok rendszerezésének eredményeként.
4. Az érték előállítási folyamatra húzóelv kialakítása a végfelhasználótól indulva, ami lehet a vevő.
5. A folyamatunk újra térképezése, más veszteségek feltárása, fejlesztési tevékenységek végtelen ciklusban való folytatása.

Következő szint a második „**haladó szint**” **1. fázis** egy térképen ábrázolható termékcsaládot kell kiválasztani és termékcsalád mátrixot kell elkészíteni. A mátrix készítésének a szabályai a következők. Az egyes alkatrészekre vonatkozó időráfordítás legfeljebb 30%-ban térhet el egymástól műveletenként, és a termékek előállítási műveleteinek egymáshoz képest körülbelül 80%-ban kell megegyezniük.

A **2. fázis** a termékcsalád mátrix elkészítése után a fejlesztés célját képező jelenállapot térképet kell elkészíteni, hogy információt szerezzünk a termékre vonatkozó valós átfutási, veszteséges és értékteremtő adataira vonatkozóan.

A **3. fázis** az elkészített térképen a fejlesztésre szoruló részek meghatározása, ábrázolása.

Következő **4. fázis** a már ismert problémák után a fejlesztési tervünk alapját képező jövőárlapot térképet készítjük

Az utolsó **5. fázisban**, a fejlesztés megvalósítása következik a tevékenységek, felelősök, határidők, célok, mérési, értékelési módok meghatározása.[16.]

4. A FEJLESZTÉSI PROJEKT FOLYAMATAINAK MEGTERVEZÉSE

4.1. A projekt logikai keretmátrix elemeinek megtervezése

- A megvalósítandó stratégiai cél

A jelenlegi **hegesztési** gyártástechnológiai **rendszer** elemeinek **fejlesztése**, kapacitásbővítése, a hegesztéstechnikai az eszközpark megújítása, és a humán erőforrás robotizált gyártásra irányuló tudásanyagának bővítésével. Gyártott termékek **minőségi színvonalának javulása**, gyártási idők pontosabb tervezhetősége tervezési, gyártási műveletek koordinálása és ezáltal a szállítási határidők pontosabb tartása következtében újabb termékek gyártása, melyek az **árbevétel növekedését** eredményezik. Működéssel kapcsolatos plusz költségek, gyártási **selejte**k, minőségi problémák miatti újragyártások számának **csökkenése**

A **hegesztett termékek** tervezési, gyártási folyamat elemeinek feltérképezése, hibáinak megszüntetése/átalakítása, folyamatának hatékonyabb működése, hegesztett termékek gyártástervezésének és gyártásának standardizálása. Hegesztési **tervek**, műszaki **dokumentációk**, technológiai utasítások fejlesztésével termelési információs rendszer **fejlesztése**.

A termelési rendszerben a hegesztési folyamat működési és változáskezelési feladatainak támogatása, átlátható és hatékony működés létrehozása. Gyártástervezési információk gyűjtését, feldolgozását támogató informatika folyamatos fejlesztése, a tervezést elősegítő folyamatok optimalizálása. Működésfejlesztést támogató modell kialakítása, bevezetése, központosított **hegesztési folyamatirányítás kialakításával**, gyártástervezési adatok rögzítés, elemzése a vállalat hatékonyabb és áttekinthetőbb működésének elősegítésével.

- A megvalósítandó „átmeneti cél”

Hegesztőrobot cellával online módban közvetlenül **programozott** tanítási pontokkal, mozgási parancsok hozzáadásával, **mozgások szimulálása**, hegesztés automata módban tesztelése és ehhez szükséges hegesztési paraméterek beállítása, módosítása. Offline PC-n készített program **tesztelése** korrigálása, a beállított mozgási paraméterek ellenőrzése, **korrigálása** és a beállított hegesztési **paraméterek módosítása**.

CAD-CAM szoftver **CAD moduljával** más tervezőprogramban elkészült file-ok importálása, **3D modell készítése**, szerkesztése elemek létrehozása, elhelyezése, valóságnak megfelelő környezet modellezésének megvalósításával. A **CAM moduljával** offline programozási lehetőség, gyártási **folyamat szimulációja** mozgásviszony szerkesztése, gép és munkadarab az ütközésének elkerülésével a tervezési fázis támogatása. és a gyártási folyamat szimulálása, hatékonyság elemzése, optimalizálási lehetősége. A CAM moduljában történő tervezéssel elérhető, a megfelelő gyártási minőségnek megfelelő hegesztett termék gyártása, a hegesztési folyamat modellezése, hegesztési ciklusidő tervezés, gyártási fázis **támogatása**.

A varratpozíciók pontosságának biztosítása, a gyártás szimultán mozgásviszonyaival forgatóhoz csatlakoztatható, sokoldalú megfelelőséggel rendelkező **univerzális** felhasználhatóságot biztosító sajátosságokkal kialakított hegesztőkészülékkel, robottal programozható mozgások végrehajtásával. Vezérelhető **forgatóval** pontos munkadarab pozicionálás, összetett szimultán mozgások megvalósíthatósága és jobb hozzáférhetőség a munkadarabokhoz.

A megfelelő leszorító erő előállíthatóság, gyors munkadarab cserélhetőség, mérettartományban állíthatóság. A többféle munkadarab befogására alkalmas készülék kis tömege, munkadarab egységek könnyebb egyszerűbb mozgatás könnyű munkadarab kezelése rövidebb gyártásközi idővesztés. A munkadarab stabil megfogása, pozicionálása megfelelő illeszkedés, rögzítés merevség a hegesztési mérettűrések biztosítása.

Képzéssel az új technológiákhoz a szakmai fejlődés biztosítása, munkavégzés hatékonyságának javulása. Tervezési készségek, fejlesztése, operatív gépkezelési készségek megszerzése, szaktudás növelése, programozási, hegesztés technológiai ismeretek bővítése.

- Problémaelemzés

A jelenlegi gyártás **rendszerben nincsen** a hegesztési folyamatban olyan korszerű **hegesztőrobot gyártócella**, amely a hegesztési varratok műszaki dokumentációkban előírt pozícióinak megfelelően pontos létrehozását biztosító útmérő rendszerrel rendelkezik a programozott mozgási adatoknak megfelelően. A hegesztőrobot technikai adottságaihoz kapcsolódóan szükség van a nagy méretű termékek programozott hegesztési pozícióban való mozgását és abban a helyzetben a nehezen és összetett mozgást igénylő varratok létrehozásának idejére való stabilizálását elvégző terhelhető, komplexen mozgó, forgó tengelyekre. A hegesztési folyamathoz nincs a mai ipari környezetben elvárható tervezési és **gyártási folyamat szimulálásához**, hatékony működtetéséhez alkalmas **CAD-CAM programozás lehetőség**. Ez egy hegesztőrobot vezérlőjét programozni képes számítógépes szoftver jelentene, ami tartalmaz offline módban használható 3D CAD tervezési modult és a gyártási környezet és folyamat szimulációjára alkalmas 3D CAM modult. A jelenlegi gyártási folyamatban, mivel minden terméket kézi hegesztéssel gyártanak és **nincs egy olyan univerzális hegesztőkészülék** ami-ben a termékek nagy része, vagy a teljes termékpaletta hegeszthető lenne. A kézi hegesztés megkönnyítése érdekében minden szerkezethez a lehető legegyszerűbb és legkisebb tervezett sablon vagy készülék használata van jelenleg. Egy univerzális sablon nagy és komplex lenne a jelenlegi folyamathoz nem lenne hatékonyan használható. Egy robotizált gyártási folyamatban az egyik fontos szempont az sablonok, készülékek és befogók tekintetében a modularitás, amit ezek a sablonok nem elégítenek ki. Az aktuálisan alkalmazott hegesztő szaktudással és gyakorlattal rendelkező humán erőforrásnak **nincs szakmai tudása** robotizált gyártási technológiához, ennek több oka is van. Az alkalmazott szakemberek átlagéletkorából adódóan oktatásban nem képezték ki őket a robotizált hegesztéshez és jelenlegi tudomásom szerint ilyen jellegű ismeretek is csak felsőoktatásban, külön tanfolyamokon szerezhetők, ha korábbi munkahelyen esetleg nem volt rá lehetősége a dolgozónak egy "ingyenes" képzésen részt venni, amelyek általában valamilyen eszközbeszerzéshez kötöttek. Ilyen jellegű ismeretszerzéshez általánosan elmondható, hogy a dolgozónak sem anyagi tőkéje nincs, sem ideje a munka mellett, de az előregedő szakmában dolgozóknak legtöbb esetben a motiváció hiánya is probléma.

A kedvezményezettetek problémáinak átfogó meghatározását elvégeztem az **1.sz melléklet**, a „Problémafa” alapján összefoglaltak szerint, az elérendő célokat a a „Célfa” szerint, valamint a projekteredmények behatárolását, szükséges eszközök funkcióit és ezen funkciók az elérendő célokra irányuló támogatását tervezem meg.

- A megvalósítandó projektcél

A hegesztési eszközállomány kapacitásának növelése **robot gyártócella beszerzésével**, amely rendelkezik saját útmérő rendszerrel a programozott mozgási utasítás adatainak feldolgozásához és végrehajtásához. Összetett szimultán mozgásviszonyokat végrehajtó terhelhető mozgó, - forgó tengelyekkel rendelkező pozicionáló berendezés beszerzése, amelynek részei a lineáris mozgópálya, 6 programozható tengely és forgatható, billenő külső forgató. A robot technikai elemeként kézi programozó egység mozgási pontokat létrehozó "Teaching", a mozgási pontokat tesztelő "Path", a teljes programot tesztelő "Test", és technológiai paramétereket beállítását kezelő Navi" modulokkal.

Gyártástervezést támogatásának **kibővítése CAD-CAM informatikai szoftverrel**, a gyártás hegesztési folyamatának korszerűsítése optimalizálása, technikai és szoftveres támogatással. A hegesztendő termékek, a robotcellában történő hegesztéséhez egy **univerzális készülék beszerzése**, ami a robot forgatómechanizmusához szerelve moduláris felépítéséből adódóan többféle termékhez használható. Fő részei közül az egyik a forgatóhoz csatlakozó egység, ami az illeszkedési felülete a robothoz, mechanikailag megfelelő anyagminőségéből rögzítő elemekkel a robothoz kapcsolódva. A készülék másik fő része az alapváz a leszorító egységekkel, könnyűfém alapanyagból kialakított terhelhető profilok munkadarab felfogató hornyokkal és alapvázhoz kiegészítő készülékek felfogására alkalmas rögzítő pontokkal.

Dolgozóknak az új technológiához, a **hegesztőrobothoz** specifikált megfelelő **szakmai képzés szervezése**. A dolgozók számára "ingyenes", munkaidővel összeegyeztethető képzés cégen belüli képzés létrehozása. A szükséges ismeretek megszerzéséhez három részegységre fókuszálva, CAD-CAM, robotkezelési, robotprogramozási, hegesztési technológiai tanulási egység.

- Az elérendő OUTPUTOK

A hegesztőrobot cella beszerzési folyamatának outputjai

*A hegesztőrobot beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének, a cégek keresésének outputja, a hegesztőrobotok **gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cég adatai** a vállalati nyilvántartásban. Ügyfelek kiválasztásának outputja, a **kiválasztott cégek adatai**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Ajánlatkérések elküldésének outputja, az **elküldött ajánlatkérés** hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cégekhez.*

*Ajánlatok elemzése, megrendelésének a beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, szempontok alapján megfelelő kiválasztásának outputja, a beérkezett **ajánlatok tartalmi ismerete**, létrehozott elemzési szempontok alapján kiértékelt és a megrendeléshez **kiválasztott árajánlat**. Megrendelés elküldésének outputja, a **megrendelés**.*

Hegesztőkészülék beszerzési folyamatának outputjai

*A hegesztőkészülék beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének, a tervezőcégek keresésének outputja, a hegesztőkészülékek **tervezésével foglalkozó cég adatai** a vállalati nyilvántartásban. Ügyfelek kiválasztásának outputja, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó **kiválasztott cégek adatai**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Ajánlatkérések elküldésének outputja, az **elküldött ajánlatkérés** hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cégekhez.*

*Ajánlatok szempontok szerinti elemzésének, megrendelésnek, a beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, szempontok alapján megfelelő kiválasztásának outputja, a beérkezett **ajánlatok tartalmi ismerete**, létrehozott elemzési szempontok alapján kiértékelt és a megrendeléshez **kiválasztott árajánlat**. Kiválasztott ajánlatra gyártó cég keresésének outputja, az alkatrész **legyártásával foglalkozó cégek adatai** a vállalati nyilvántartásban. Ügyfelek kiválasztásának outputja, a **kiválasztott cégek adatai**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Ajánlatkérések elküldésének outputja, **elküldött ajánlatkérés** alkatrész **legyártásával foglalkozó cégekhez**. Beérkezett ajánlatok elemzése, versenyeztetése, megfelelő kiválasztásának outputja, a megrendeléshez **kiválasztott árajánlat**. Megrendelés elküldésének outputja, **megrendelés**.*

Hegesztőrobot cellához kapcsolódó oktatás folyamatának outputjai

*Képzés szervezési folyamatának megtervezésének a képzésről történő egyeztetésnek, megrendelésnek outputja, a hegesztőrobothoz tartozó **képzés** pontos **feltételei**, tartalmi elemei, **szerződéses** megállapodás a képzésről, **oktatási tematika**. Oktatás szervezésének outputja,*

a hegesztőrobothoz tartozó képzés pontos feltételei, tartalmi elemei üzemi szinten az oktatást elvégző **kijelölt személy**.

Oktatás elvégzésének outputja, a hegesztőrobot gépkezelési, CAD-CAM programozási **ismeretek**.

Offline CAD-CAM programozás folyamatának outputjai

Program bemeneti 3D file-ok létrehozásának 3D CAD file-ok létrehozása és „zgl” formátumban való mentésének outputja, az adott **termék 3D CAD modelljei**. zgl formátumban.

A CAD modulban tervezésnek 3D CAD file-ok betöltése, file-ok elhelyezése valóságnak megfelelően, programozott tanítási pontok létrehozása, robotnál történő ellenőrzésének outputja, a hegesztőrobot CAD rendszerébe betöltött és a **valóságnak megfeleltethető elrendezése**, létrehozott **tanítási pontok** és robotcella és a program CAD rendszer **összehasonlított elrendezése**.

A CAM modulban tervezésnek program megírása, tesztfuttatása, szükséges korrekciók elvégzésének outputja a CAM rendszerben készített **tesztelhető** hegesztőprogram, gyártásra **használható hegesztőprogram**. *A robottal történő mintagyártás* outputja, a legyártott minőségbiztosítási szempontból **elfogadott első minta**.

- Az outputok eléréséhez szükséges TEVÉKENYSÉGEK

A létrehozandó outputok meghatározása után, most a **hegesztőrobot cella beszerzési** folyamatához szükséges tevékenységeket ismertetem (**6. táblázat, 7. táblázat**) alapján

6. táblázat

Hegesztőrobot beszerzés megtervezésének RACI mátrixa

Feladatok \ Érintettek	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztőmérnök	Logisztikai vezető	Beszerző	Projektvezető
<i>A hegesztőrobot ajánlatkéréseinek fázisa</i>							
Cégek keresése, ügyfelek kiválasztása	C	-	-	C	A	R	I
Ajánlatkérések elküldése	I	-	-	I	A/C	R	I
<i>Megvalósulás</i>	I	I	I	I	A	I	I
<i>A robot ajánlatainak elemzése, megrendelés fázisa</i>							
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	R	R	-	C	A	I	I
Megrendelés elküldése	I	-	I	I	A/C	R	I
<i>Megvalósulás</i>	I	I	I	I	A	I	I

(Forrás: [4.],[24.] alapján saját szerkesztés)

7. táblázat

Hegesztőrobot beszerzésében érintett személyek „Skill mátrixa”

„0”: Nem szakterülete „1”: Kezdő „2”: Önállóan dolgozik, bonyolult feladatokhoz segítség kell „3” – Profi, a legbonyolultabb feladatokat is önállóan el tudja végezni	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztőmérnök	Logisztikai vezető	Beszerző
<i>A hegesztőrobot ajánlatkéréseinek fázisa</i>						
Cégek keresése, ügyfelek kiválasztása	3	1	0	3	3	2
Ajánlatkérések elküldése	0	1	0	0	3	2
<i>A robot ajánlatainak elemzése, megrendelés fázisa</i>						
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	3	3	0	3	3	2
Megrendelés elküldése	0	1	0	0	3	2

(Forrás: [27.] alapján saját szerkesztés)

[R]: **Cégek keresését, ügyfelek kiválasztását** elvégző személy, Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személy a Projektvezető.

[R]: **Ajánlatkérések elküldését** elvégző személy Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy, Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Logisztikai vezető. [I]: Informálandó személyek Műszaki vezető, Hegesztőmérnök, Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. Informálandó személyek, Műszaki vezető, Technológus, Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Beszerző, Projektvezető.

[R]: A beérkezett ajánlatok tartalmi **elemzését, értékelési szempontok létrehozását, megfelelő kiválasztását** elvégző személy Műszaki vezető, Hegesztőmérnök, [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Beszerző, Projektvezető.

Az ajánlatokhoz létrehozandó értékelési szempontok

Általános adatok: Kapcsolattartás, gyártási, - szállítási határidő, fizetési feltételek, cégismertető, felelősségi kondíciók, szállítás, - telepítés, szoftver jogok, karbantartás javítás, garancia, szerviz, ajánlat érvényessége.

Robottechnika: Robot típusa, méretei, vezérlés, hegesztési próba és funkcióteszt, kézi vezérlő készülék, robot tartozékok, szoftverek, (munkadarab bemérő) szenzorok, hegesztési eljárás, munkaállomások száma, tengelyek, terhelés, pozícionáló berendezés.

Szolgáltatások: Előátvétel, validálás, érintésvédelemi vizsgálat, magyar dokumentáció, végátvétel, egyéb opciók, offline programozás, ajánlat kiindulási adatai, oktatás.

Hegesztéstechnika: Hegesztési technológia, hegesztőgép, hegesztőpisztoly, huzalhordozó/huzaltekercs, hegesztőpisztoly tisztító.

Biztonságtechnika: Vezérlés, fényfüggöny, lengőajtó, szervizajtó.

Robotperiféria: Műszaki adatok, forgatókészülék, utazópálya, munkadarab befogó készülék, pisztolycserélő rendszer.

Füst elszívás: Elszívó, szűrő.

[R]: **Megrendelés elküldése** elvégző személy Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Műszaki vezető, Üzemvezető, Hegesztőmérnök. Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető.

Informálandó személyek Műszaki vezető, Technológus, Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Logisztikai vezető, Beszerző, Projektvezető.

A hegesztőrobot beszerzési folyamatának megtervezése után, most a **hegesztőrobot cellához tartozó készüléke beszerzési** folyamatához szükséges tevékenységeket ismertetem (**8. táblázat, 9. táblázat**) alapján

8. táblázat

Hegesztőkészülék beszerzés megtervezésének RACI mátrixa

Feladatok	Érintettek						
	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztő mérnök	Logisztikai vezető	Beszerző	Projektvezető
<i>A készülék ajánlatkéréseinek fázisa</i>							
Tervezőcégek keresése, ügyfelek kiválasztása	C	-	-	C	A	R	I
Ajánlatkérések elküldése	I	-	-	I	A/C	R	I
<i>Megvalósulás</i>	I	I	I	I	A	I	I
<i>A készülék ajánlatainak elemzése, megrendelés fázisa</i>							
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	R	-	-	C/R	A	I	I
Kiválasztott ajánlatra gyártócégek keresése, ügyfelek kiválasztása	C	-	-	C	A	R	I
Ajánlatkérés elküldése	I	-	-	I	A/C	R	I
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	R	-	-	C/R	A	I	I
Megrendelések elküldése	I	-	I	I	A/C	R	I
<i>Megvalósulás</i>	I	I	I	I	A	I	I

(Forrás: [4],[24] alapján saját szerkesztés)

9. Táblázat

Hegesztőkészülék beszerzésében érintett személyek „Skill mátrixa”

„0” – Nem szakterülete „1” – Kezdő „2” – Önállóan dolgozik, bonyolult feladatokhoz segítség kell „3” – Profi, a legbonyolultabb feladatokat is önállóan el tudja végezni	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztőmérnök	Logisztikai vezető	Beszerző
<i>Ajánlatok bekérése készülékekről</i>						
Tervezőcégek keresése, ügyfelek kiválasztása	3	1	0	3	3	2
Ajánlatkérések elküldése	0	1	0	0	3	2
<i>Ajánlatok elemzése, megrendelés</i>						
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	3	1	0	3	3	2
Kiválasztott ajánlatra gyártócégek keresése, ügyfelek kiválasztása	3	1	0	3	3	2
Ajánlatkérés elküldése	0	1	0	0	3	2
Beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztása	3	1	0	3	3	2
Megrendelések elküldése	0	1	0	0	3	2

(Forrás: [27] alapján saját szerkesztés)

[R]: **Tervezőcégek keresését, ügyfelek kiválasztását** elvégző személy, Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személy a Projektvezető.

[R]: **Ajánlatkérések elküldését** elvégző személy Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy, Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Logisztikai vezető. [I]: Informálandó személy Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. Informálandó személyek, Műszaki vezető, Technológus, Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Beszerző, Projektvezető.

[R]: A beérkezett ajánlatok **tartalmi elemzését, értékelési szempontok létrehozását**, megfelelő **kiválasztását** elvégző személyek Műszaki vezető, Hegesztőmérnök, [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Beszerző, Projektvezető.

Ajánlatok értékelési szempontjai:

- Ár, gyártási határidő,
- Multifunkciós jelleg, modularitási jelleg
- Alkatrészek méretszóródásához való állíthatóság
- Gyártás gazdaságossága
- Rendeltetési célra való alkalmasság
- Tartósság, stabilitás
- Ergonómia, munkabiztonság
- Meghatározott minőségi követelményeknek való megfelelésség
- Gyártott alkatrészek egyedisége, kereskedelemben elérhetősége
- Kereskedelemben kapható termékek mennyire szabványosak

[R]: Kiválasztott ajánlatra **gyártócégek keresését, ügyfelek kiválasztását** elvégző személy, Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személy a Projektvezető.

[R]: **Ajánlatkérések elküldését** elvégző személy Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy, Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Logisztikai vezető. [I]: Informálandó személyek Műszaki vezető, Hegesztőmérnök, Projektvezető.

[R]: A beérkezett ajánlatok **tartalmi elemzését, értékelési szempontok létrehozását**, megfelelő **kiválasztását** elvégző személyek Műszaki vezető, Hegesztőmérnök, [A]: A

számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Beszerző, Projektvezető.

Ajánlatok értékelési szempontjai:

- Létezik-e a cég által gyártott hasonló alkatrész
- Rendelkezik-e a gyártáshoz szükséges összes képesítéssel, mérési eszközzel, tanúsítvánnyal?
- Az előírt anyagokból tudja-e gyártani a terméket, ha más anyagból tudja-e indokolni?
- Hogyan biztosítja az erőforrásokat a minőségi, mennyiségi és határidőre vonatkozó követelmények teljesítésére
- Szükségesek-e új beruházások, alkalmazottak?
- Vannak-e olyan folyamatok, amelyeket ki kell szervezni albeszállítókhoz? Ha igen melyek ezek, hogy biztosított a termék minősége
- Van-e javaslata költségek csökkentésére, ha igen mik ezek?

[R]: **Megrendelés elküldése** elvégző személy Beszerző. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Logisztikai vezető. [I]: Informálandó személyek Műszaki vezető, Üzemvezető, Hegesztőmérnök. Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Logisztikai vezető.

Informálandó személyek Műszaki vezető, Technológus, Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Logisztikai vezető, Beszerző, Projektvezető

A hegesztőrobot cellához tartozó készüléke beszerzési folyamatának megtervezése után, most a **hegesztőrobothoz kapcsolódó oktatás** tervezési folyamatához szükséges tevékenységeket ismertetem **(10. táblázat, 11. táblázat)** alapján

10. táblázat

Hegesztőrobothoz kapcsolódó oktatás tervezésének RACI mátrixa

Érintettek Feladatok	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztő mérnök	Logisztikai vezető	Beszerző	Projektvezető
<i>Oktatás megvalósítás tervezésének fázisa</i>							
Egyeztetés a tematikáról, megrendelés	A/R	I	R	C	I	I	I
Oktatás szervezése	A/R	I	R	C	-	-	I
Részvétel az oktatáson	A/C	R	I	I	-	-	I
Megvalósulás	A	-	I	I	-	-	I

(Forrás: [4],[24.] alapján saját szerkesztés)

11. táblázat

Hegesztőrobothoz kapcsolódó oktatásban érintett személyek „Skill mátrixa”

„0” – Nem szakterülete „1” – Kezdő „2” – Önállóan dolgozik, bonyolult feladatokhoz segítség kell „3” – Profi, a legbonyolultabb feladatokat is önállóan el tudja végezni	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztő mérnök	Logisztikai vezető	Beszerző
<i>Oktatás megvalósítás tervezésének fázisa</i>						
Egyeztetés a tematikáról, megrendelés	3	0	3	3	1	1
Oktatás szervezése	3	0	3	3	0	0
Részvétel az oktatáson	3	3	0	0	0	0

(Forrás: [27] alapján saját szerkesztés)

[R]: Az **egyeztetést** a képzésről, **megrendelést** elvégző személy Műszaki vezető, Üzemvezető. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló, Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Technológus, Logisztikai vezető, Beszerző, Projektvezető

Hegesztőrobot oktatási tematikája:

- Kezelőszervek, programozópult, képernyő felépítése, üzemmódok,
- Kézi mozgatás koordinátarendszerei, szerszámközepont
- Gyakorlás, robot mozgatása a különböző koordináta rendszerekben
- Mozgásvezérlési módok, mozgásprogram felépítése, mozgási utasítások
- Programszerkesztési módok, beszúrás, törlés, módosítás használata
- Párhuzamos eltolás programozása
- Programok eltolása, tükrözése
- Külső tengelyek működtetése
- Koordináta rendszerhez kötött, relatív mozgásprogramozás
- Kimenetek-bemenetek használata, programozása
- 3D CAD file-ok létrehozása
- 3D CAD file-ok mentése. zgl formátumban
- 3D CAD file-ok betöltése
- 3D CAD file-ok elhelyezése valóságnak megfelelően
- Program megírása, tesztfuttatása
- Szükséges korrekciók elvégzése
- Mintagyártás robottal

[R]: **Oktatás szervezését** elvégző személy Műszaki vezető, Üzemvezető. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló, Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személyek Technológus, Projektvezető

[R]: Az **oktatáson** történő részvételt **elvégző személy** Technológus [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Műszaki vezető. [I]: Informálandó személyek Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. Informálandó személyek Hegesztőmérnök, Üzemvezető, Projektvezető

A hegesztőrobot cellához kapcsolódó oktatás tervezési folyamatának megtervezése után, most a **hegesztőrobot CAD-CAM rendszerében történő programozás** tervezési folyamatához szükséges tevékenységeket ismertetem (**12. táblázat, 13. táblázat**) alapján.

12. Táblázat

Hegesztőrobot CAD-CAM programozás tervezésének RACI mátrixa

Feladatok \ Érintettek	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztőmérnök	Logisztikai vezető	Beszerző	Projektvezető
<i>Program bemeneti file-ok létrehozása fázisa</i>							
3D CAD file-ok létrehozása, mentése. zgl formátumban	A/C	R	-	C	-	-	I
<i>Megvalósulás</i>	A	-	-	I	-	-	I
<i>Tervezés CAD modulban fázis</i>							
3D CAD file-ok betöltése, elhelyezése valóságnak megfelelően, tanítási pontok létrehozása, ellenőrzése	A/C	R	-	C	-	-	I
<i>Megvalósulás</i>	A	-	-	I	-	-	I
<i>Tervezés CAM modulban fázis</i>							
Program megírása, tesztfuttatása, szükséges korrekciók elvégzése	A/C	R	-	C	-	-	I
Mintagyártás elvégzése robottal	A/C	R	-	C	-	-	I
<i>Megvalósulás</i>	A	I	I	I	I	I	I

(Forrás: [4],[24.] alapján saját szerkesztés)

13. Táblázat

A CAD-CAM programozásban érintett személyek „Skill mátrixa”

„0”: Nem szakterülete „1”: Kezdő „2”: Önállóan dolgozik, bonyolult feladatokhoz segítség kell „3”: Profi, a legbonyolultabb feladatokat is önállóan el tudja végezni	Műszaki vezető	Technológus	Üzemvezető	Hegesztőmérnök	Logisztikai vezető	Beszerző
Program bemeneti 3D file-ok létrehozása						
3D CAD file-ok létrehozása, mentése. zgl formátumban	3	3	0	3	0	0
Tervezés CAD modulban						
3D CAD file-ok betöltése, elhelyezése valóságnak megfelelően, tanítási pontok létrehozása, ellenőrzése	3	3	0	3	0	0
Tervezés CAM modulban						
Program megírása, tesztfuttatása, szükséges korrekciók elvégzése	3	3	0	3	0	0
Mintagyártás robottal	3	3	0	3	0	0

(Forrás: [27] alapján saját szerkesztés)

Program bemeneti 3D file-ok létrehozása

[R]: A 3D CAD **file-ok létrehozását, mentését** „.zpl” formátumban elvégző személy Technológus. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Műszaki vezető, Hegesztőmérnök. [I]: Informálandó személy Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. Informálandó személyek Hegesztőmérnök, Projektvezető

Tervezés CAD modulban

[R]: A 3D CAD file-ok hegesztőprogramba **betöltését**, valóságnak megfelelő **elhelyezését**, tanítási pontok **létrehozását** elvégző személy Technológus. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök, Műszaki vezető. [I]: Informálandó személy Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. Informálandó személyek, Hegesztőmérnök, Projektvezető

Az **alkatrészek** 3D CAD modelljeinek, alkatrészek **összeállítás környezetben** a hegesztősablonnal való összeállításának **létrehozására**, a hegesztőrobot CAD moduljában betölthető 3D modellt létrehozásához használható például az Autodesk Inventor 2014 program.

Az adott file-t **be kell másolni** a program által kezelt beolvasandó file-ok mappájába, ahol már tudja a használni a program. A hegesztőrobot programjának **CAD részegységében** a már létrehozott 3D fájl betöltését kell elvégezni. Ahhoz, hogy a CAM modulban egyszerűbben el tudjuk helyezni a modellünket a **munkadarab koordináta rendszerét** egy valamilyen „nevezetes pontjára” kell áthelyezni. A baloldali menüben ki kell jelölni az összes felültét a munkadarabnak és **áttranszformálni** a koordináta rendszerét a munkadarab egyik nevezetes pontjára. Ezután el kell **menteni** a file-t a robot **adatbázisába**. A hegesztőprogram létrehozását az adatbázis „Robot” részegységében található „New” gombra kattintva **kezdhetjük**. A program megnyitása után a modell a megfelelő pozícióba az előzőleg áttranszformált koordináta rendszernek köszönhetően, pontosan **pozícionálja magát** a CAM modell térben lévő forgató koordináta rendszer középpontjába. A mozgási parancsokat a „Program Bar” felületen az egér jobb gombjának lenyomása után, az „Add move command” menüpontban hozhatjuk létre. A program **első** lépéseként a robot **alaphelyzetbe** kell mozgatni, az „Add move command” menüpontból kiválasztva a „**RobHome**” parancsot. A robot alaphelyzetből való mozgatásához és az alapértelmezetten használatos „**MOVEP**”, „**MOVEL**” mozgási parancsokat, „Interpolációk” táblázatban találhatjuk. Ezeket a „Program Bar” felületen az egér jobb gombjának lenyomása után, az „Add move command” menüpont „Command” lenyíló

menüjében hozhatjuk létre, ahol még további összetettebb mozgások is választhatók. A mozgás parancs hozzáadása a programhoz az „Add” gomb megnyomásával kerül a programba és tengelyek mozgatása eredményeként hozhatjuk létre egymás után a „RobHome” helyzetből való kimozdulást eredményező P001, P002, P003... stb. tanítási pontokat. A **tengelyek mozgatása** a „Program Bar” felületen, jobb egérgombbal előhívott „Add move command” menüből, az „Operation” gombra kattintva lehetséges. Itt megadhatjuk, hogy a robot melyik koordináta rendszerében értelmezzük a mozgást. A robot saját tengelyeinek (RT, UA, FA, RW, BW, TW) forgatásával, a „Joint” koordináta rendszerben, hegesztőpisztolynál értelmezett mozgattal és forgatással a saját „Tool” koordinátarendszerben, a robot saját tengelyeinek (X, Y, Z, U, V, W) mozgatásával a „Cartesian” koordináta rendszerben. Hegesztési (Weld) és levegő (Air-cut) pontok létrehozása fázisban a **hegesztési pozícióra történő ráállást** „MOVEP” paranccsal kell programozni, hogy a mozgás a legrövidebb úton és idő alatt megtörténjen (P003→P004) és itt már be kell állítani a hegesztéshez szükséges pisztolyszöveget, ami sarokvarratnál 45°. Itt még a hozzáadott mozgásnál nem kell hegesztést beállítani, hanem a korábbiaknak megfelelően az „AIR” pontot kell választani. A tanítási pont jóváhagyása az „ADD” gombbal lehetséges. A varrat helyének megközelítését „MOVEL” parancsra kell átkapcsolni és a mozgást kizárólag a korábban bemutatott „TOOL” koordináta rendszerben végrehajtani, ez kb.10mm-legyen. A **tanítási pont hozzáadásakor** a mozgást már hegesztésként kell végrehajtani és jóváhagyni. A hegesztési paraméterek hozzáadásához és beállításához ki kell jelölni a „WELD” beállítással ellátott tanítási pontot és CTRL+Q billentyűkombinációval előhozzuk a robot raját hegesztési táblázatát, amit utólag módosíthatunk. Ebben a táblázatban előre létrehozhatunk többféle alapértelmezett hegesztési varratípust, hogy megkönnyítsük a saját munkánkat és az „OK” gombbal jóváhagyjuk a módosítást. A **hegesztési paraméterek módosításához** a „Program Bar” felületen, tudjuk előhívni a robot saját hegesztési segédjét, a „NAVI”-t. Ebben a menüpontban beállíthatjuk, hogy a hegesztés „Impulse” eljárással történjen-e, a varrat típusát (sarok, tompa, átlapolt). Tompa kötés esetén továbbá a hegesztendő anyagok vastagságát (T1, T2), hegesztési sebességet. A „NAVI” ezekhez a beállításokhoz felajánlja, az áramerősséget, feszültséget, a pisztolyszöveget, a hegesztőpisztoly eltolásokat az anyagvastagságok függvényében. Sarokkötés esetén lehetőség van, a tompa kötésnél említett opciókon felül, hegesztési varrat „S” méret megadásával, a varrat „a” méretének beállítására is.

Tervezés CAM modulban

[R]: A **hegesztőprogram megtervezését, tesztfuttatását**, szükséges **korrekciókat** elvégző személy Technológus. [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök, Műszaki vezető. [I]: Informálandó személy, Projektvezető.

[R]: A **hegesztőrobottal** való **mintagyártást** elvégző személy Technológus, [A]: A számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető. [C]: Tanácsadó, felülvizsgáló Hegesztőmérnök, Műszaki vezető. [I]: Informálandó személy Projektvezető.

Megvalósulásért számonkérhető kizárólag 1 személy Műszaki vezető.

Informálandó személy, Műszaki vezető, Technológus, Üzemvezető, Hegesztőmérnök, Logisztikai vezető, Projektvezető

- A tevékenységek eléréséhez szükséges INPUTOK

A hegesztőrobot cella beszerzési folyamatának inputjai

Alapértelmezett fő inputok minden folyamathoz: Az végrehajtandó feladatok és azokat elvégző, a tanácsadó és feladatért felelős, tájékoztatott személyek kijelölve.

A hegesztőrobotok beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének fázisának, a cégek keresésének inputja, a feladatot elvégző, a tanácsadó és feladatért felelős, tájékoztatott **személyek**, hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cég keresésének megvalósításához és a vállalati nyilvántartásba való feltöltéséhez. *Ügyfelek kiválasztásának* inputja, a hegesztőrobotok **gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cég adatai** a vállalati nyilvántartásban. *Ajánlatkérések elküldésének* inputja a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó **kiválasztott cégek adatai**.

Ajánlatok elemzése, megrendelés fázisának beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, versenyeztetése, megfelelő kiválasztásának inputja a beérkezett ajánlatok hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó céghez, **beérkezett ajánlatok tartalmi ismerete**. Megrendelés elküldésének inputja a megrendeléshez **kiválasztott árajánlat**.

Hegesztőkészülék beszerzési folyamatának inputjai

A hegesztőkészülékek beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cégek keresésének inputja, a feladatot elvégző, a tanácsadó és feladatért felelős, tájékoztatott személyek kijelölve, hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cég keresésének megvalósításához és a vállalati nyilvántartásba való feltöltéséhez.

Ügyfelek kiválasztásának inputja, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cég a vállalati nyilvántartásban szereplő adatai.

Ajánlatkérések elküldésének inputja, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó minőségi szempontok alapján kiválasztott cégek.

Ajánlatok szempont szerinti elemzésének, megrendelés fázisának beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, szempontok alapján megfelelő kiválasztásának inputja, a beérkezett ajánlat készülékek tervezésével, foglalkozó cégektől, beérkezett ajánlatok tartalmi ismerete.

Kiválasztott ajánlatra gyártócég keresésének inputja, a feladatot elvégző, a tanácsadó és feladatért felelős, tájékoztatott személyek kijelölve, a hegesztőkészülék alkatrészének legyártásával foglalkozó cég keresésének megvalósításához és a vállalati nyilvántartásba való feltöltéséhez.

Ügyfelek kiválasztásának inputja, a hegesztőkészülék alkatrészeinek legyártásával foglalkozó cég, a vállalati nyilvántartásban szereplő adatai.

Ajánlatkérések elküldésének inputja, a hegesztőkészülék alkatrészeinek legyártásával foglalkozó minőségi szempontok alapján kiválasztott cégek.

Beérkezett ajánlatok elemzése, versenyeztetése, megfelelő kiválasztásának inputja, a beérkezett ajánlatok hegesztőkészülék alkatrészeinek gyártásával foglalkozó cégektől.

Megrendelés elküldésének inputja, a megrendeléshez kiválasztott árajánlat.

Hegesztőrobot cellához kapcsolódó oktatás folyamatának inputjai

Képzés szervezési folyamat megtervezésének a képzésről történő egyeztetésnek, megrendelésnek inputja, a feladatot elvégző, a tanácsadó és feladatért felelős, tájékoztatott személyek, a képzéssel kapcsolatos egyeztetéshez, megrendeléshez. Oktatás szervezésének inputja, a szerződéses megállapodás a képzésről. Oktatás elvégzésének inputja, a hegesztőrobothoz tartozó oktatást elvégző személy.

Program készítése offline CAD-CAM programozásával

*Program bemeneti 3D file-ok létrehozásának „.zgl” formátumban történő mentésének inputja, a hegesztőrobot **gépkezelési ismeretek, CAD-CAM programozási ismeretek**, az adott **termék méretei, tűrései, előírásai**.*

*A CAD modulban tervezésnek 3D CAD file-ok betöltése, elhelyezése valóságnak megfelelően, tanítási pontok létrehozása, ellenőrzésének inputja, **az alkatrészek 3D modelljei**. zgl formátumban, a **valóságnak megfeleltethető elrendezés** pontos ismerete.*

*A CAM modulban, gyártási szimuláció elvégzésének program megírása, tesztfuttatása, szükséges korrekciók elvégzésének inputja, a **robotcella és a program CAD rendszer** összehasonlított **elrendezése**.*

*A robottal történő mintagyártás inputja, a gyártásra **használható hegesztőprogram**.*

- Az előfeltételek meghatározása

*A **konstrukciós vizsgálatot**, a termék tagoltságának és a hegesztési varratok hozzáférhetőségének. az alkatrészek illeszkedési részének a vizsgálatát a hegesztési felelős, hegesztőmérnök és a technológiai osztály közösen végzi. A megfelelő minőség biztosításához az alkatrészek lemezterítékének tervezése 2D CAD (.dxf/.dwg) file-okból kezdődik és a lemezterítékek méretének pontos meghatározására, hegesztési összeállítások készítésére és ütközésvizsgálatok elvégzésére alkalmas 3D tervező programmal történik. A megtervezett alkatrészek kivágása CNC vezérlésű fiber lézergépen történik, ami a vágási technológia pontos megtervezéséhez rendelkezik CAD/CAM modullal. Az élhajlítás műveletet is tartalmazó termékeknel az eltérő lemezminőségek miatt, megtörténik gépkezelő önellenőrzése első darabnál, valamint a hajlítás utáni méret és hajlítási szög ellenőrzése.*

*A hegesztési **ciklusidő**n belül a hegesztési főidő és az alkatrészek pozicionálására, mozgatására fordítandó mellékidők viszonyának csökkentésére, megszüntetésére, készülékek, sablonok tervezésére és gyártására tervezőmérnöki személyzet és gyártóeszköz biztosított.*

*A gazdaságos gyártás szempontjából a **sorozatnagyságot**, a **várható gyártási időt**, **minőségi és mennyiségi** szempontokat, a termékek ajánlatkérési fázisában a gazdasági, műszaki, minőségbiztosítási menedzsment részleg közösen tervezi meg, amivel kis sorozatnál is lehet gazdaságos a gyártás.*

A robotcella megrendelését és az azt beszállító cég kiválasztását, a hegesztőrobot készülékezésének megrendelését és az azt beszállító cég kiválasztását. A személyi feltételekre vonatkozóan operátori, programozói, feladatkörök megteremtésére vonatkozó ismeretek

megszerzését, robotcella specifikus gépkezelési és programozási ismereteket tartalmazó oktatást, illetve a robotprogramozást.

- Tevékenységek KOCKÁZATI TÉNYEZŐINEK meghatározása

A hegesztőrobot cella beszerzési folyamatának megtervezése

Ajánlatok bekérése hegesztőrobotokról

✖= Kockázat megnevezése

✓=Kockázat bekövetkezés megelőzését támogató intézkedés

✖ Megfelelő cégeket nem találunk.

✓ A hegesztőrobot cellát gyártó, forgalmazó cégekről céges adatbázis készítése saját magunk számára, használata.

✖ Ügyfeleket nem tudjuk szempontok alapján kiválasztani

✓ Elvárások, követelmények kialakítása a gyártó, forgalmazó cégekkel kapcsolatban

✖ Az ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni.

✓ Kiválasztott cégek adatainak, elérhetőségeinek pontos beazonosítása az előzetesen létrehozott céges adatbázisba.

Ajánlatok szempontok szerinti elemzése, versenyeztetése, megrendelés

✖ A kapott ajánlatokat nem tudjuk elemezni.

✓ Az elemzési szempontokat úgy kell létrehozni, hogy azokra vonatkozó adat, információ minden ajánlatban szerepeljen.

A beszerzendő hegesztőrobot cellával kapcsolatos technikai és technológiai elvárások, követelmények előzetes kialakítása, pontosan milyen robotot kell beszerezni, ezekről az ajánlatkérésben megfelelő mennyiségű információ kérése. Technikai és technológiai sajátosságok információival kapcsolatos mélyebb szakmai ismeretek szerzése.

✖ Megrendelést nem tudjuk elküldeni

✓ Az ajánlatok hiányosságainak előzetes összegyűjtése a tartalmi elemzés fázisban, információkérés.

Hegesztőkészülék beszerzésének megtervezése

Ajánlatok bekérése készülékekről

✖ Megfelelő cégeket nem találunk

✓ A hegesztőkészülékeket tervező, gyártó, forgalmazó cégekről céges adatbázis készítése saját magunk számára, használata.

- ✘ Ügyfeleket nem tudjuk szempontok alapján kiválasztani
- ✓ Elvárások, követelmények kialakítása a tervezőcégekkel kapcsolatban
- ✘ Az ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni
- ✓ Kiválasztott cégek adatainak, elérhetőségeinek pontos beazonosítása az előzetesen létrehozott céges adatbázisba.

Ajánlatok szempontok szerinti elemzése, versenyeztetése, megrendelés

- ✘ A kapott ajánlatokat nem tudjuk elemezni.
- ✓ Az elemzési szempontokat úgy kell létrehozni, hogy azokra vonatkozó adat, információ minden ajánlatban szerepeljen.

A beszerzendő hegesztőkészülékkel kapcsolatos technikai és technológiai elvárások, követelmények előzetes kialakítása, pontosan milyen készüléket kell beszerezni, ezekről az ajánlatkérésben megfelelő mennyiségű információ kérése. Technikai és technológiai sajátosságok információival kapcsolatos mélyebb szakmai ismeretek szerzése.

- ✘ Megfelelő cégeket nem találunk.
- ✓ A hegesztőkészülék alkatrészeit gyártani képes cégekről céges adatbázis készítése saját magunk számára, használata.

- ✘ Ügyfeleket nem tudjuk szempontok alapján kiválasztani
- ✓ Elvárások, követelmények kialakítása a gyártó cégekkel kapcsolatban
- ✘ Az ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni.
- ✓ Kiválasztott cégek adatainak, elérhetőségeinek pontos beazonosítása az előzetesen létrehozott céges adatbázisba.

- ✘ A kapott ajánlatokat nem tudjuk elemezni.
- ✓ Az elemzési szempontokat úgy kell létrehozni, hogy azokra vonatkozó adat, információ minden ajánlatban szerepeljen.

A gyártó cégekkel kapcsolatos technikai és technológiai elvárások, követelmények előzetes kialakítása, ezekről az ajánlatkérésben megfelelő mennyiségű információ kérése. Technikai és technológiai sajátosságok információival kapcsolatos mélyebb szakmai ismeretek szerzése.

- ✘ Megrendelést nem tudjuk elküldeni
- ✓ Az ajánlatok hiányosságainak előzetes összegyűjtése a tartalmi elemzés fázisban, információkérés.

Hegesztőrobot cellához kapcsolódó oktatás folyamatának tervezése

- ✘ A képzésről nem tudunk egyeztetni, képzést nem tudjuk megrendelni
- ✓ Az oktatást tematikáját előre egyeztetni szükséges. Az ajánlatkérésben fontos pontként rögzíteni kell
- ✘ Oktatás nem tudjuk megszervezni
- ✓ Érdekelteket megfelelően előzetesen kell tájékoztatni
- ✘ Oktatást nem tudják elvégezni
- ✓ Kiválasztott személyek képességének előzetes pontos felmérése

Program készítése offline CAD-CAM programozásával fázis

Program bemeneti 3D file-ok létrehozása

- ✘ 3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, nem tudjuk menteni a file-t. zgl formátumban
- ✓ Alkatrészek pontos méretének, tűrésének meghatározása, használt CAD rendszer ki-meneti file formátumainak előzetes ellenőrzése

Tervezés CAD-CAM modulban

- ✘ Létrehozott 3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, pontosan elhelyezni, tanítási pontokat nem tudjuk létrehozni, robottal ellenőrizni
 - ✓ A robot CAD rendszere által támogatott file típusainak ellenőrzése, a valós telepített robotcella paramétereinek mérése, a CAD rendszer korrigálása a telepített robotcellához
- Gyártási szimuláció elvégzése.

- ✘ A programot nem tudjuk megírni, megírt programot nem tudjuk tesztben lefuttatni, szükséges korrekciókat nem tudjuk elvégezni
- ✓ A képzés során programozási ismeretek alapos megszerzése, CAD rendszer output és a robotcella input kommunikációjának beállítása, a nem megfelelő paraméterek egzakt meghatározása
- ✘ Mintagyártás nem kerül elfogadásra
- ✓ Minőségi követelmények beazonosítása

A meghatározott tevékenységek egyes fázisainak lépéseit megghiúsító kockázati elemekre a bekövetkezés megelőzését támogató intézkedéseket meghoztam.

A tevékenységek kockázatnak való kitettségét a források mennyiségének meghatározásával és a projektre gyakorolt hatását a következő folyamat elvégezhetősége alapján **(14.táblázat)** állapítottam meg. A kritikussági szintekre a **(21. táblázat)** alapján, a kitettségi szorzat értékeiből következtettem.

14. Táblázat

Kockázatértékelés szempontjainak kiinduló adatai

A folyamat kockázat kitettsége		
Alacsony (1)	Közepes (3)	Magas (5)
Kockázati források szerint		
0-33% fő	33-66%	66-100%
Projektre gyakorolt hatása		
A következő folyamat elvégezhetősége alapján		
Alacsony (1)	Közepes (3)	Magas (5)
Igen	Részben	Nem

(Forrás: Saját szerkesztés)

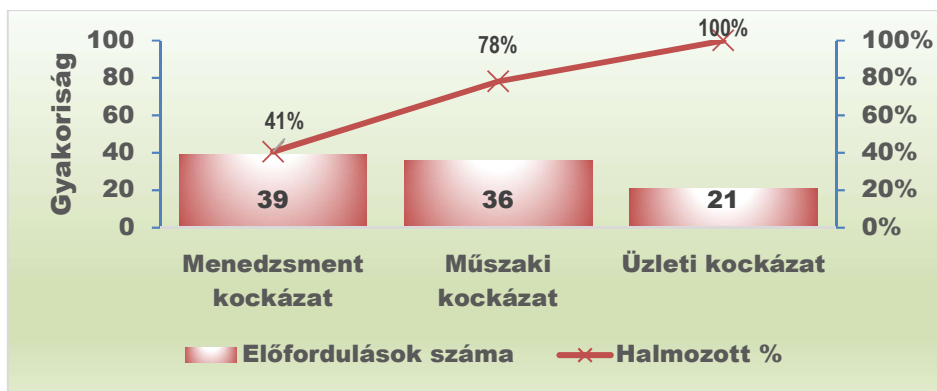
A projekt kockázati forrásainak elemzését a készítettem el mátrix formátumban **(20. táblázat)** szerint. A tevékenységekhez hozzárendeltem az általam meghatározott három fő kockázati forrás elemeit (*PMBOK® GUIDE 6th, 2019, 11-4 ábra*) alapján, a tevékenységek az egyes tevékenységek kockázati kitettségének megállapításához.

Műszaki kockázati forrás: Terjedelem meghatározás, Követelmény meghatározás, Becslések, feltételezések és korlátok, Műszaki folyamatok, Technológia, Műszaki interface-ek, kapcsolódások

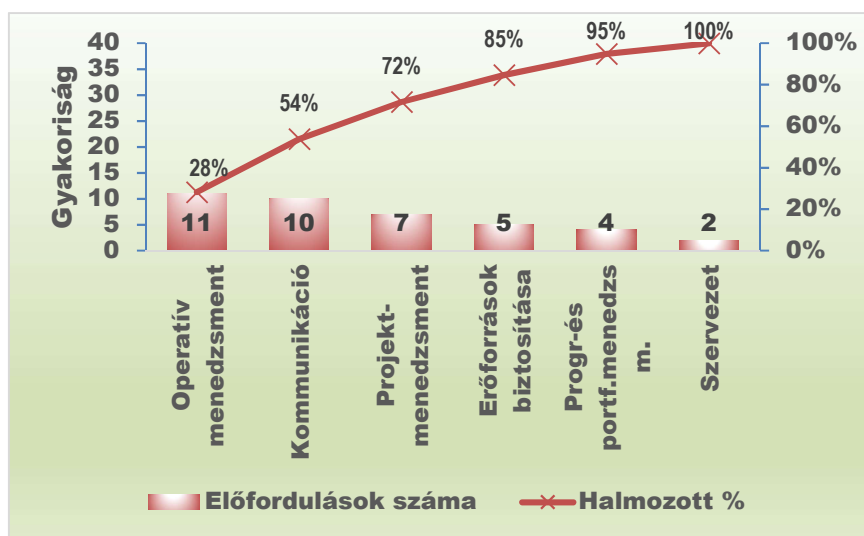
Menedzsment kockázati forrás: Projektmenedzsment, Program- és portfóliómenedzsment, Operatív menedzsment, Szervezet, Erőforrások biztosítása, Kommunikáció

Üzleti kockázati forrás: Szerződéses feltételek, Belső beszerzés, Beszállítók, Alvállalkozói szerződések, Vevők, Együttműködés más vállalkozásokkal

Az egyes források elemzésének kapott eredményét **(15.ábra)** a legkockázatosabbnak határozott forrás elemeit a **(16.ábra)** tartalmazza.



15. ábra: Kockázati források megoszlása
(Forrás: Saját szerkesztés)



16. ábra: Menedzsment jellegű kockázatok megoszlása
(Forrás: Saját szerkesztés)

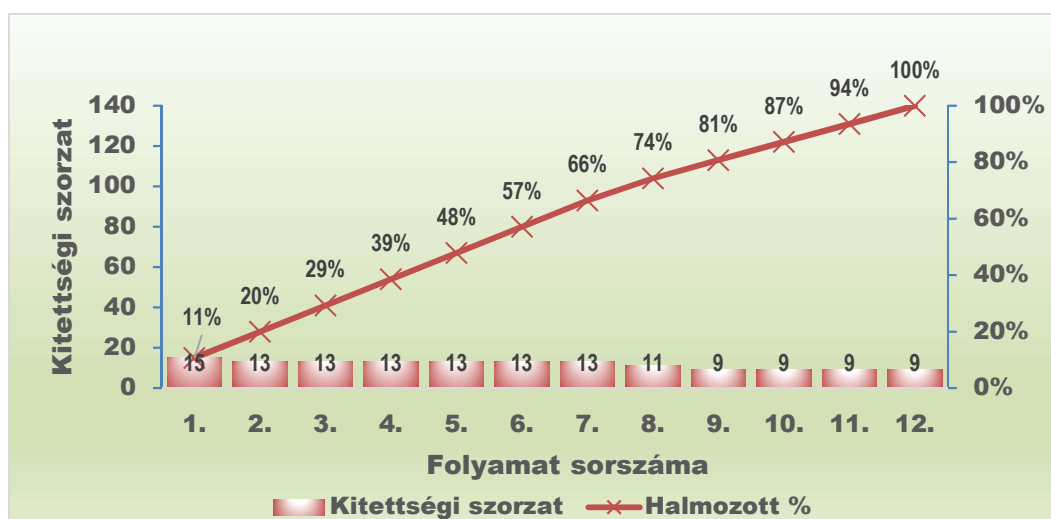
A meghatározott tevékenységek negatív eseményeinek bekövetkezési valószínűségét a **22.táblázat** alapján, a hatásukat a **23.táblázat** alapján adtam meg. A kockázati források, azok hatásainak, megjelenési valószínűség alapján legnagyobb odafigyelést igénylő tevékenységek meghatározott fontossági sorrendjét a **15.táblázat** szerint összefoglaltam és a szemléltettem a **17.ábra** szerint.

15. Táblázat

A projekt kockázatkezelési listája

		<i>A tevékenységek kockázati szempontú megnevezése</i>		
Folyamat sorszáma fontossági sorrendben	1.	Képzésről nem tudunk egyeztetni, megrendelni	15	Kitettség
	2.	Megfelelő cégeket nem találunk	13	
	3.	Ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni	13	
	4.	Megrendelést nem tudjuk elküldeni	13	
	5.	Oktatást nem tudjuk megszervezni	13	
	6.	Programot nem tudjuk létrehozni, tesztelni, korrekciókat elvégezni	13	
	7.	Mintagyártás nem kerül elfogadásra	13	
	8.	Oktatást nem tudják elvégezni	11	
	9.	Ügyfeleket nem tudjuk kiválasztani	9	
	10.	Ajánlatokat nem tudjuk elemezni, értékelési szempontokat létrehozni, megfelelőt kiválasztani	9	
	11.	3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, menteni „.zpl” formátumban	9	
	12.	3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, elhelyezni, „Teach Point” -okat létrehozni robot rendszerében	9	

(Forrás:[17.] alapján: saját szerkesztés)

17. ábra: Kockázati lista elemeinek megoszlása
(Forrás: Saját szerkesztés)

- Tevékenységek INDIKÁTORAI

A hegesztőrobot cella beszerzési folyamatának megtervezése

A hegesztőrobotok beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének, cégek keresésének input indikátora, a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cégek keresésének megvalósításához és a **vállalati nyilvántartásba való feltöltéséhez kijelölt személyek**. Output indikátora, a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó **talált cégek száma**, amik szerepelnek a vállalati nyilvántartásban. Eredmény indikátora, a lehetséges gyártó, forgalmazó **cégek kiválaszthatók**. Hatás indikátora, a gyártó, forgalmazó cégek kiválasztása után **az ajánlatkérések elküldhetők**. Indikátorok forrása a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Ügyfelek kiválasztásának input indikátora, a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó ügyfelek **kiválasztására kijelölt személyek**, amik szerepelnek a vállalati nyilvántartásban. Output indikátora, a **kiválasztott cégek száma**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Eredmény indikátora, az **ajánlatkérések elküldhetők** a kiválasztott partnerek felé. Hatás indikátora, a **beérkezett ajánlatok** után, azok **elemezhetők**. Indikátorok forrása a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Ajánlatkérések elküldésének Input indikátora, a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó kiválasztott cégeknek ajánlatkérések **elküldéséhez kijelölt személyek**. Output indikátora, a **kiküldött ajánlat adatai** hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cégekhez. Eredmény indikátora, a **visszaérkezett árajánlatok elemezhetők**. Hatás indikátora, a kapott árajánlatok értékelése a **megrendeléshez tartozó döntéshez elkészíthető**. Indikátorok forrása a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

A beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztásának input indikátora, az elemzéshez, értékelési szempontok létrehozásához, **megfelelő kiválasztására kijelölt személyek**. Output indikátora, a beérkezett ajánlatok tartalmi ismerete, létrehozott értékelési szempontok, kiértékelt ajánlatok szempontok alapján **megrendeléshez kiválasztott árajánlat száma**. Eredmény a megfelelő árajánlat kiválasztása alapján a **megrendelés elküldhető**. Hatás indikátora, a hegesztő **robotcella beszerzése megvalósítható**. Megrendelés elküldésének Input indikátora, a megrendeléshez **elküldésének kiválasztott személyek**. Output indikátora, a **megrendelés száma**. Eredmény indikátora, a **megrendelt hegesztőrobot cella**. Hatás indikátora, a hegesztőrobot **beszerzési folyamata megvalósult**. Indikátorok forrása a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Hegesztőkészülék beszerzésének megtervezése

*A hegesztőkészülék beszerzéséhez kapcsolódó ajánlatok bekérésének a tervezőcégek keresésének input indikátora, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cégek adatai keresésének megvalósításához és a **vállalati nyilvántartásba való feltöltésének kijelölt személyek**. Output indikátora, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó **talált cégek száma**, amik szerepelnek a vállalati nyilvántartásban. Eredmény indikátora, a lehetséges tervező **cégek kiválaszthatók**. Hatás indikátora, tervező cégek kiválasztása után **az ajánlatkérések elküldhetők**. Indikátorok forrása a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.*

*Ügyfelek kiválasztásának input indikátora, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó ügyfelek **kiválasztására kijelölt személyek**, amik szerepelnek a vállalati nyilvántartásban. Output indikátora, a **kiválasztott cégek száma**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Eredmény indikátora, az **ajánlatkérések elküldhetők** a kiválasztott partnerek felé. Hatás indikátora, a **beérkezett ajánlatok** után, azok **elemezhetők**. Indikátorok forrásai a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.*

*Ajánlatkérések elküldésének Input indikátora, a hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cégekhez ajánlatkérések **elküldéséhez kijelölt személyek**. Output indikátora, a **kiküldött ajánlat adatai** hegesztőkészülékek tervezésével foglalkozó cégekhez. Eredmény indikátora, a **viSSzaérkezett árajánlatok elemezhetők**. Hatás indikátora, a kapott árajánlatok értékelése a **megrendeléshez tartozó döntéshez elkészíthető**. Indikátorok forrásai a **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.*

*A beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztásának input indikátora, az elemzéshez, értékelési szempontok létrehozásához, **megfelelő kiválasztására kijelölt személyek**. Output indikátora, a beérkezett ajánlatok tartalmi ismerete, létrehozott értékelési szempontok, kiértékelt ajánlatok szempontok alapján **megrendeléshez kiválasztott árajánlat száma** Eredmény indikátora, a megfelelő árajánlat kiválasztása alapján a **megrendelés elküldhető** a hegesztő **robotcella beszerzése megvalósítható**. Hatás indikátora, a megfelelő árajánlat kiválasztása után az alkatrészeket gyártó cég keresése megkezdhető, az alkatrészek beszerzése megvalósítható. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.*

*Kiválasztott ajánlatra gyártócég keresésének input indikátora a hegesztőkészülék alkatrészének gyártásával foglalkozó cég keresésének megvalósításához és a **vállalati nyilvántartásba való feltöltéséhez kijelölt személyek**. Output indikátor: A hegesztőkészülék alkatrészének gyártásával foglalkozó **talált cégek száma**, amik szerepelnek a vállalati*

nyilvántartásban. Eredmény indikátora, a lehetséges gyártó, forgalmazó **cégek kiválaszthatók**. Hatás indikátora, a gyártó, forgalmazó cégek kiválasztása után **az ajánlatkérések elküldhetők**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Ügyfelek kiválasztásának input indikátora, a hegesztőkészülékek alkatrészeinek gyártásával foglalkozó ügyfelek **kiválasztására kijelölt személyek**, amik szerepelnek a vállalati nyilvántartásban. Output indikátora, a **kiválasztott cégek száma**, akikhez elküldhetők az ajánlatkérések. Eredmény indikátora, az **ajánlatkérések elküldhetők** a kiválasztott partnerek felé. Hatás indikátora, a **beérkezett ajánlatok** után, azok **elemezhetők**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Ajánlatkérések elküldése hegesztőkészülék alkatrészeit gyártó cégekhez. Input indikátora, a hegesztőrobotok gyártásával, forgalmazásával foglalkozó kiválasztott cégeknek ajánlatkérések **elküldéséhez kijelölt személyek**. Output indikátora, a **kiküldött ajánlat adatai** hegesztőkészülék alkatrészeinek gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cégekhez. Eredmény indikátora, a **visszaérkezett árajánlatok elemezhetők**. Hatás indikátora, a kapott árajánlatok értékelése a **megrendeléshez tartozó döntéshez elkészíthető**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

A beérkezett ajánlatok tartalmi elemzése, értékelési szempontok létrehozása, megfelelő kiválasztásának input indikátora, az elemzéshez, értékelési szempontok létrehozásához, **megfelelő kiválasztására kijelölt személyek**. Output indikátora, a beérkezett ajánlatok tartalmi ismerete, létrehozott értékelési szempontok, kiértékelt ajánlatok szempontok alapján **megrendeléshez kiválasztott árajánlat száma** Eredmény indikátora, a megfelelő árajánlat kiválasztása alapján a **megrendelés elküldhető**. Hatás indikátor: A megrendelés elküldése után a hegesztőkészülék **alkatrészeinek gyártása megvalósítható**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Megrendelés elküldésének Input indikátora, a megrendeléshez **elküldésének kiválasztott személyek**. Output indikátora, a **megrendelés száma**. Eredmény indikátora, a **megrendelt készülék**. Hatás indikátora, a hegesztőrobot készülék **beszerzési folyamata megvalósult**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Hegesztőrobot cellához kapcsolódó oktatás folyamatának tervezése

A képzés megtervezett szervezési folyamatának input indikátora A hegesztőrobothoz tartozó képzés pontos feltételei, tartalmi elemeinek ismeretének **egyeztetéséhez kijelölt személyek**. Output indikátora, az egyeztetett, **megrendelt képzés száma**. Eredmény indikátora, az oktatással kapcsolatos **teendők megszervezhetők**. Hatás indikátora, az oktatáson való **részvétel**

megvalósítható, lehetőség nyílik az oktatás elvégzésére. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Oktatás szervezésének input indikátora a képzésről szerződéses megállapodás kötéshez **kijelölt személyek**. Output indikátora, a hegesztőrobothoz tartozó **megszervezett képzés száma** pontos feltételei, tartalmi elemei üzemi szinten. Eredmény indikátor A hegesztőrobothoz tartozó **képzés elvégezhető**. Hatás indikátor megszerzett **ismeretek gyártáshoz felhasználhatóak lesznek**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Oktatás elvégzésének input indikátora, a hegesztőrobothoz tartozó **képzés elvégzéséhez kijelölt személy**. Output indikátora, a hegesztőrobot **képzést elvégzett személyek száma**. Eredmény indikátora **oklevél** a képzés elvégzéséről. Hatás indikátora az **alkatrészgyártás lehetővé válik**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati adatbázis**.

Program készítése offline CAD-CAM programozásával fázis

Program bemeneti 3D CAD file-ok létrehozása, mentése. zgl formátumban input indikátora, az adott termék méretei, tűrései, előírásainak megfelelő **CAD modellek létrehozására kijelölt személyek**. Output indikátora, az adott termék **3D CAD modelljeinek száma** zgl formátumban. Eredmény indikátora, a 3D CAD file-ok **betölthetők** a hegesztőrobot **CAD rendszerébe**. Hatás indikátora, a hegesztőbot **CAM programozási rendszerébe betölthetők** a file-ok. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, vállalati CAD adatbázis**.

CAD modulban tervezésnek, 3D CAD file-ok betöltésének, elhelyezése valóságnak megfelelően, pontok létrehozása, robotnál történő ellenőrzésének input indikátora, a **CAD tervezés elvégzésére kijelölt személyek**. Output indikátora, a valóságnak megfeleltethető elrendezés **3D CAD file-ok száma** a hegesztőrobot CAD rendszerében. Eredmény indikátora a mozgási, **tanítási pontok megtervezhetők** a robotcella és a program CAD rendszer összehasonlított elrendezésében. Hatás indikátor **a hegesztőprogram létrehozható**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, hegesztőrobot CAD adatbázis**.

CAM modulban tervezésnek, program megírása, tesztfuttatása, szükséges korrekciók elvégzésének input indikátora, a **CAM tervezésre kijelölt személyek**. Output indikátora, a CAM rendszerben készített tesztelhető, gyártásra **használható hegesztőprogram száma**. Eredmény indikátora, **a mintagyártás elvégezhető**. Hatás indikátora, a mintagyártás elvégezhető, **sorozatgyártás indítható**. Indikátorok forrásai **RACI mátrix, hegesztőrobot CAM program adatbázisa**.

A robottal történő mintagyártás input indikátora, a **minta gyártásra kijelölt személyek**. Output indikátora, a legyártott minőségbiztosítási szempontból **elfogadott első minta**

száma. Eredmény indikátora, az **adott termék hegesztőrobottal gyártható.** Hatás indikátora, a Minőségbiztosítási, minőségirányítás szempontból **kontrollálhatóbb gyártási folyamat.** Indikátorok forrásai **RACI mátrix, hegesztőrobot program adatbázisa, termelésirányítási rendszer.**

A tervezési folyamat minden elemének meghatározása után, elkészítettem a logikai keretmátrixot a **16.táblázat** szerint

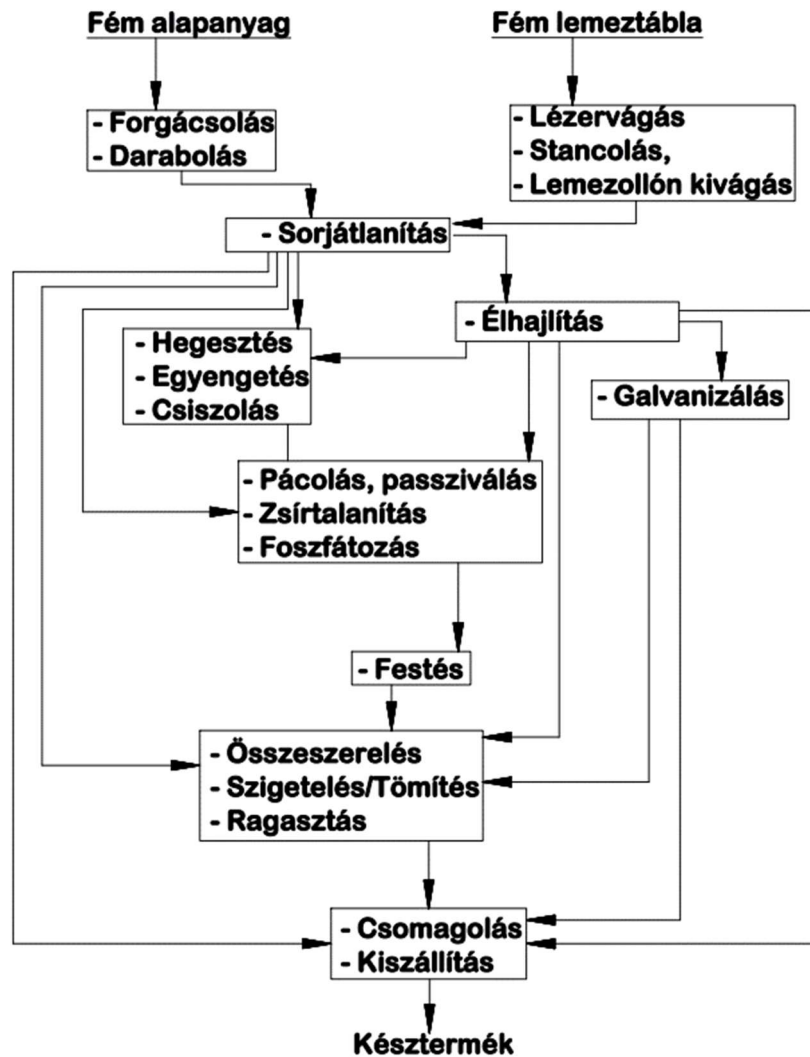
16. Táblázat

A fejlesztési projektterv logikai keretmátrixa

Projektleírás	Indikátorok	Kockázati tényezők
Stratégiai cél - Termékminőség javulás - Gyártórendszer fejlesztés	- Termelési adatok - Vevői visszajelzések	
(Átmeneti cél) - Online programozás - Offline CAD-CAM tervezés - Forgatókészülék használata	-Tervezési, gyártási folyamat technikai elemei	- Programozási, konfigurálási nehézségek - Telepítési pontatlanságok
Projekt cél - Robot, készülék beszerzése, - Oktatás szervezése	- Megrendelések visszaigazolásai	- Céges adatbázis hiánya
Outputok - Hegesztőrobot, - CAD-CAM rendszer, - Forgatókészülék, - Oktatás	- Technikai elemek telepítésének teljesülése	- Előzetesen meghatározott követelmények nem teljesülése - Minőségi elvárások megváltozása
Tevékenységek - Gyártásfejlesztés elemei beszerzésének megtervezése		- Technikai, technológiai követelmények meghatározásának hiánya
Inputok - Magas szakmai ismeretekkel rendelkező projekt team		- Szakmailag hozzáértő személyzet hiánya
<i>(Forrás: [9], [11] alapján saját szerkesztés)</i>		Előfeltételek - A cég megfelelősége, a robotizált gyártási rendszer bevezetéséhez

4.2. Értékfolyam térképezés

Az értékfolyam térképezést megvalósító vállalat főbb gyártási folyamatait a **18.ábra** alapján mutatom be.



18. ábra: A vállalat fő folyamatai
(Forrás: Saját szerkesztés)

Első lépésként egy termékcsaládot kell kiválasztani, ez jelen esetben a hegesztett termék beépülő alkatrészei.

Az első **előkészítési fázis**ban kell elvégezni, ami a kívánt termék kiválasztása és annak vizsgálata, hogy az alkalmas-e a robotizálásra. Ennek első feladata a *konstrukciós vizsgálat*, ami a termék tagoltságának és a hegesztési varratok hozzáférhetőségének, az alkatrészek illeszkedési résének a vizsgálata. Ennek eredményeként arra jutottam, hogy a műszaki rajzon előforduló hegesztési varratok típusai megvalósíthatók, de a hegesztést három fázisban kell elvégezni, mivel a hegesztett keret két végén lévő merevítőbordák a robot forgató mechanizmusához olyan közel esnek, hogy nem hozzáférhető. Az első fázisban a bordákat pontozással

a lemezhez kell rögzíteni, majd a forgató mechanizmusban készre kell ezt a két végelemet hegeszteni, majd az egészet a harmadik fázisban a vázzal együtt készülékben meghegeszteni.

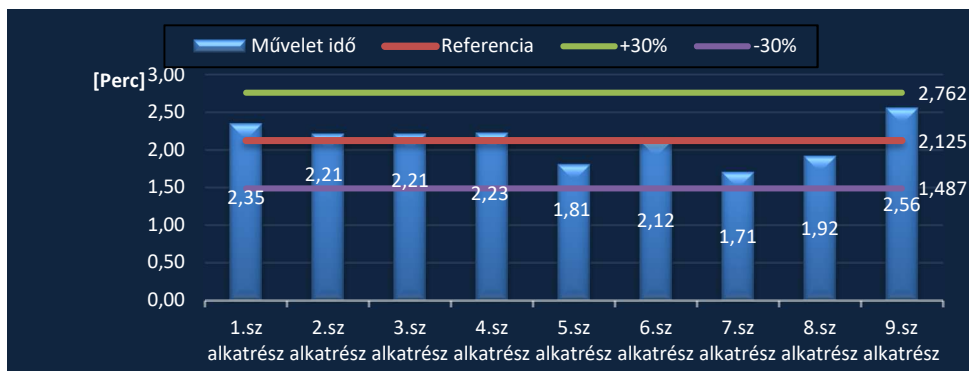
A műveletekre vonatkozóan az egyes alkatrészekre vonatkozó időráfordítást és a referenciaértéktől megengedhető 30%-os eltérést ábrázoltam. A lézervágás műveletre a 3. diagramban, a sorjáltlanítás műveletre a 4. diagramban, élhajlítás az 5. diagramban, a minőség-ellenőrzés műveletre 6. diagramban.

Az élhajlítási műveletnél a **3. diagram** alapján 2,125 perces időhöz képest az eltérések határértékeinek az alsó határa 1,487 perc, a felső határ pedig 2,762 perc.

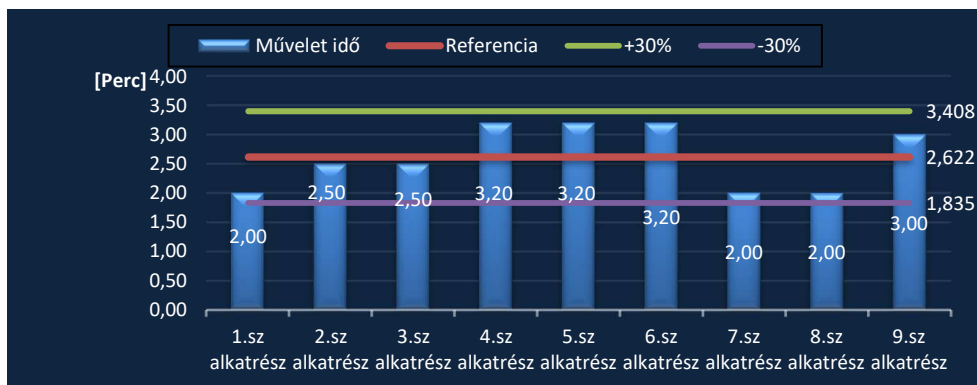
A sorjáltlanítási műveletnél a **4. diagram** adataiból kiolvasható 2,622 perces időhöz képest az alsó 1,835 perces és a felső 3,408 perces határ.

Az élhajlítási műveletet tartalmazó **5. diagram** 8,029 perces referenciához az eltérések a 10,437 perces felső és az 5,62 perces alsó érték.

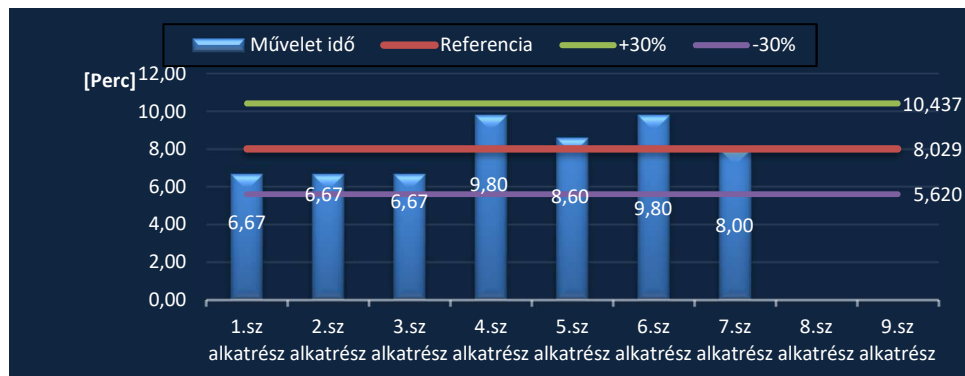
A MEO, mint művelet a 6. diagram szerint az 1,022-es referenciához viszonyítva az alkatrészek a 0,716 perces alsó és a 1,329 perces értékek között helyezkednek el.



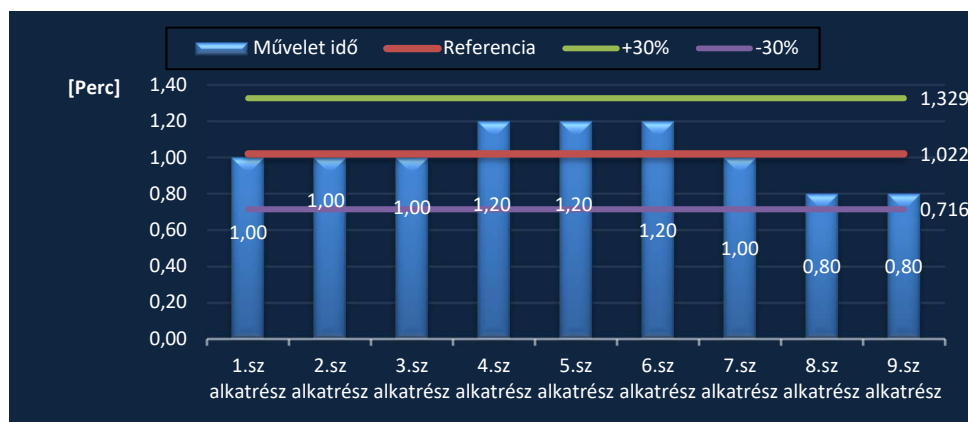
1. diagram: Beépülő alkatrészek időráfordítás eloszlása *Lézervágás* munkahelyen
(Forrás: Saját szerkesztés)



2. diagram: Beépülő alkatrészek időráfordítás eloszlása *Sorjáltlanítás* munkahelyen
(Forrás: Saját szerkesztés)



3. diagram: Beépülő alkatrészek időráfordítás eloszlása *Élhajlítás* munkahelyen
(Forrás: Saját szerkesztés)



4. diagram: Beépülő alkatrészek időráfordítás eloszlása *MEO* munkahelyen
(Forrás: Saját szerkesztés)

A termékekhez tartozó műveletek azonosságát a 9 db beépülő alkarészre vonatkozóan meghatároztam (**17.táblázat**). A termékekhez tartozó műveletek 9 db beépülő alkarészből 7db-nál ugyanaz, ami ~78%-os egyezést jelent, de található 2 féle beépülő termék, ami nem tartalmaz élhajlítási műveletet.

A 9 db termékből 2 db-nál az összes, 4 műveletből 3 művelet egyezik meg, ami 75 %-os egyezést jelent.

A vizsgált termék műveleti mátrixa

	Lézervágás	Sorjátlanítás	Élhajlítás	MEO
1. sz alkatrész	X	X	X	X
2. sz alkatrész	X	X	X	X
3. sz alkatrész	X	X	X	X
4. sz alkatrész	X	X	X	X
5. sz alkatrész	X	X	X	X
6. sz alkatrész	X	X	X	X
7. sz alkatrész	X	X	X	X
8. sz alkatrész	X	X	-	X
9. sz alkatrész	X	X	-	X

(Forrás: Saját szerkesztés)

A termékcsalád meghatározása és a megfelelő információk megszerzése után, a teljes gyártási folyamatot ábrázolandó folyamat térkép megrajzolása a következő lépés. A beszállítók és vevők ábrázolása szimbolikus, mivel ezek a szereplők is ellátási lánc részei, majd, a folyamatok és a fontos adatok ábrázolása a következő. A jelenállapot térképen jelölni kell az ideálistól eltérő, az agyag és információáramlást akadályozó folyamat elemeket.

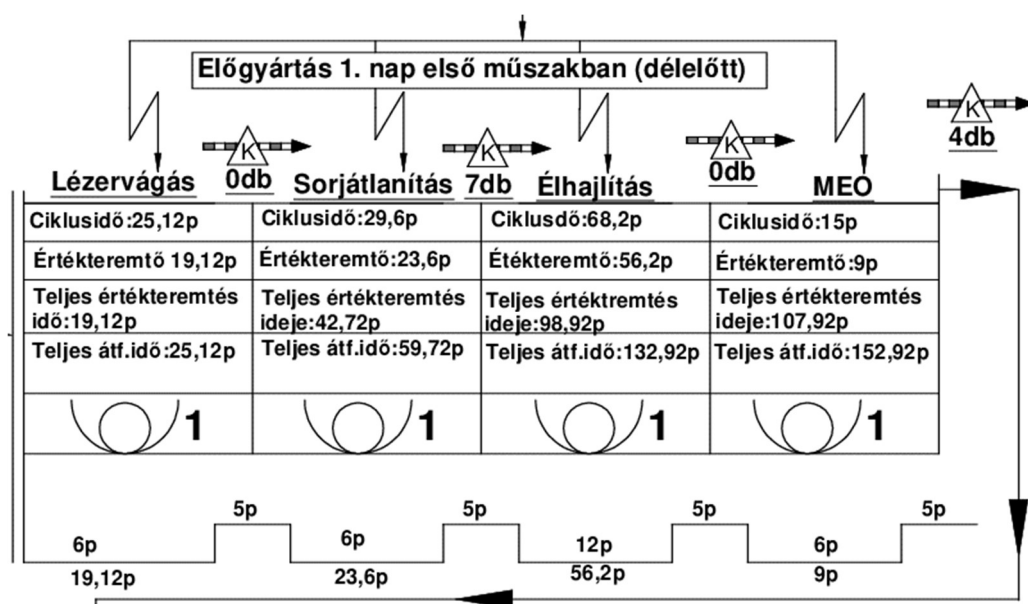
A vizsgálathoz elkészítettem a jelen állapotról vonatkozó teljes értékű térképet (**30.ábra.**)

A vizsgálandó termék **jelen állapotban 19.ábra** alapján történő gyártása az alkatrész előgyártási fázisban kezdődik lézervágási művelettel, ami 1 db operátor géppel gyártott mennyiség 14db.

A lézervágás és következő munkahellyel, a sorjátlanítás, csiszolás között gyártásközi készlet nem keletkezik mert a csiszoló munkahelynek 1db operátor műszakonként legyártott mennyiség itt is a 14db.

A sorjátlanított lemezterítékeken ezután élhajlítási műveletet végeznek, a munkahely kapacitása 1 gép és operátorral számolva 7 db, az előző művelet alapján itt keletkezik 7 db gyártásközi készlet.

Az előgyártás utolsó fázisa, a MEO munkahely, ahol 1 ember 44 db-ot tud ellenőrizni műszakonként. A megelőző munkahely a szűk keresztmetszet a 7db-os kapacitással, így ennek a munkahelynek is 7 db az átbocsátó képessége a hegesztési műveletre, a művelet előtt készlet nem keletkezik.



19. ábra: Jelenlegi előgyártás folyamata
(Forrás:Saját szerkesztés)

A készre gyártás fázis **20.ábra** szerint első művelete a hegesztés, ami a 7db-ból 3db-ot tud lehegeszteni, a maradék 4db gyártásközi készletként jelenik meg a két fázis között.

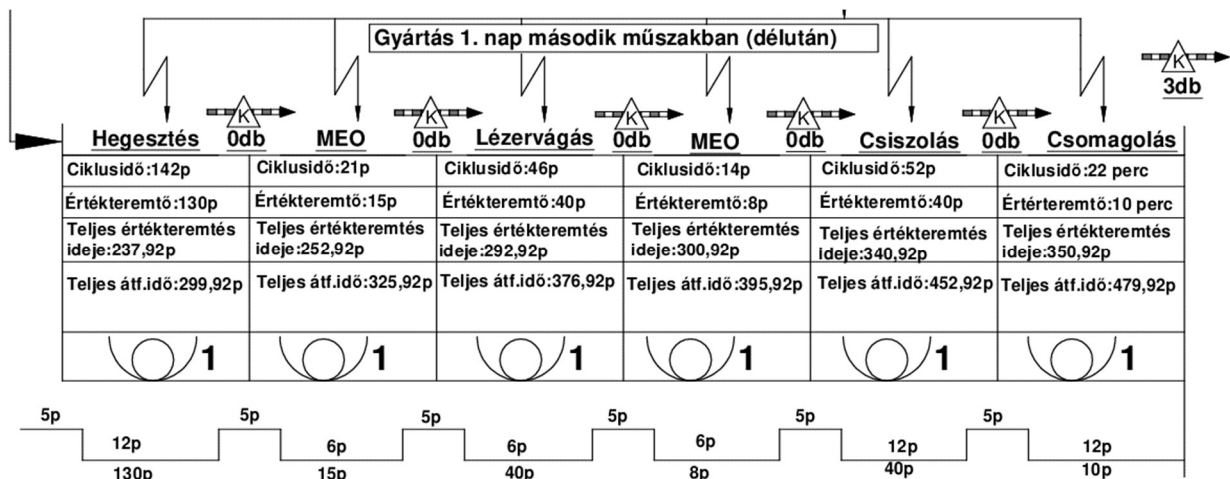
Ezt követi ismét a MEO munkahely 29db-os kapacitással, ami a gyakorlatban 3db-ot jelent, tehát készlet itt nem keletkezik.

A terméken lévő kivágások szigorú mérettűrése miatt, ezeket csak hegesztés és egyengetés után hozhatók létre. Ennek a műveleti ideje alapján 11db-ot képes legyártani 1 gép és 1 operátor terheléssel számolva, de 3db a tényleges darabszám.

A következő művelet a MEO a 30db-ot képes leellenőrizni, azonban a gyártási fázis szűk keresztmetszete a 3 db-os átbocsátó képességű hegesztési művelet miatt.

A minőség-ellenőrzés után következhet a csiszolási művelet, a lakatos műhely 11db-ot lenne képes legyártani, az előző műveletről 3 db kerül át oda gyártásközi készlet keletkezése nélkül.

Az utolsó művelet a csomagolás, rövid ciklusidejéből adódóan a valós 3db-helyett 42 db-ot lenne képes becsomagolni ebből a termékből.



20. ábra: Jelenlegi gyártás folyamata
(Forrás: Saját szerkesztés)

4.3. CAD-CAM rendszerben végzett gyártási szimuláció eredményei

A hegesztési folyamat robottal 3fázisban történő végzésének eredményeit a 21-23.ábra alapján elemezhetjük.

Cycle Time

Note !! These values are estimates only.
Actual cycle time of robot may vary

Step	1 - 175
Total Time(sec)	53.154
Arc ON time(sec)	35.212
Arc ON rate(%)	66.2
Welding lenght(m)	0.064
Number of Welding Line	16
Wire Length(m)	3.526

21. ábra: A végelemek hegesztést előkészítő tűzővarratok létrehozásának adatai
(Forrás: Hegesztőrobot CAM rendszere)

Létrehozott mozgási pontok száma: 175db, összes, gépi idő: 53,154másodperc, hegesztésben eltöltött idő: 35.212másodperc, hegesztési idő - gépi idő aránya: 66,2%, hegesztési hossz: 0,064méter, létrehozott hegesztési vonalak:16db, felhasznált hozaganyag hossz: 3,526méter.



Cycle Time

Note !! These values are estimates only. Actual cycle time of robot may vary	
Step	1 - 610
Total Time(sec)	514.451
Arc ON time(sec)	441.460
Arc ON rate(%)	85.8
Welding lenght(m)	3.445
Number of Welding Line	56
Wire Length(m)	54.119

22. ábra: A végelemek készre hegesztési adatai
(Forrás: Hegesztőrobot CAM rendszere)

Létrehozott mozgási pontok száma: 610db, összes, gépi idő: 514,451másodperc, hegesztésben eltöltött idő: 441,460másodperc, hegesztési idő - gépi idő aránya: 85,8%, hegesztési hossz: 3,445méter, létrehozott hegesztési vonalak:56db, felhasznált hozaganyag hossz: 54,119méter.



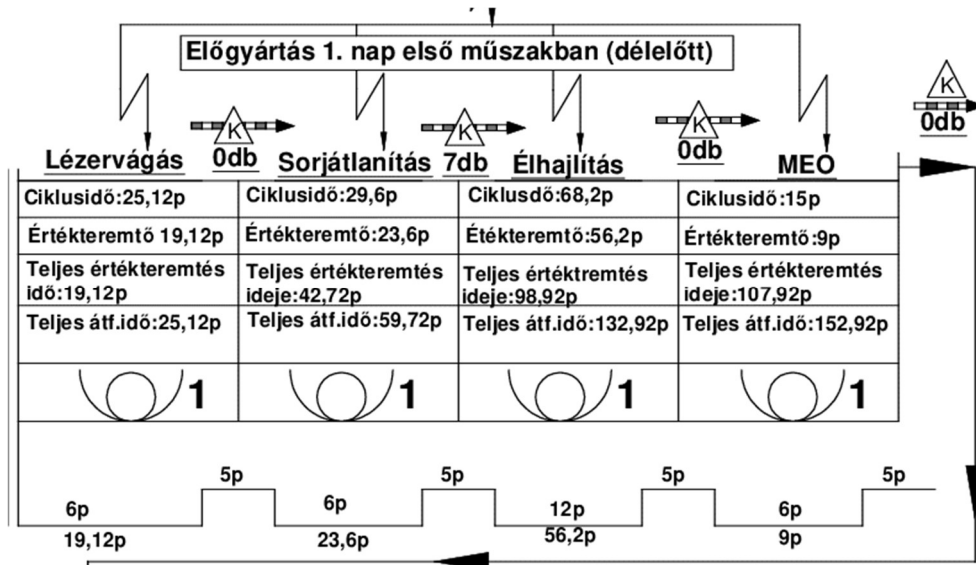
Cycle Time

Note !! These values are estimates only. Actual cycle time of robot may vary	
Step	1 - 654
Total Time(sec)	748.099
Arc ON time(sec)	633.015
Arc ON rate(%)	84.6
Welding lenght(m)	4.744
Number of Welding Line	50
Wire Length(m)	73.625

23. ábra: Fő hegesztési összeállítás adatai
(Forrás: Hegesztőrobot CAM rendszere)

Létrehozott mozgási pontok száma: 654db, összes, gépi idő: 748,099 másodperc, hegesztésben eltöltött idő: 633,015másodperc, hegesztési idő - gépi idő aránya: 84,6%, hegesztési hossz: 4,744méter, létrehozott hegesztési vonalak:50db, felhasznált hozaganyag hossz: 73,625méter.

A vizsgálathoz elkészítettem a jövő állapotra vonatkozó teljes értékáram térképet (**31.ábra.**) A vizsgálandó termék **jövő állapotban** történő gyártása **24.ábra** alapján a jelenlegi állapothoz képest az előgyártási fázis, a MEO munkahely után változik.



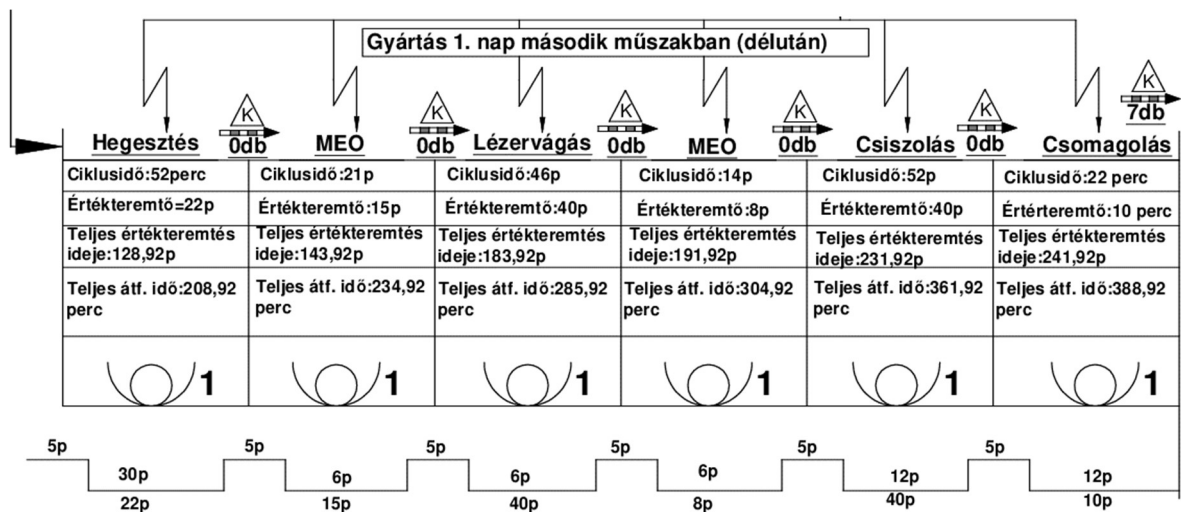
24. ábra: Jövőbeli előgyártás folyamata
(Saját szerkesztés)

A készre gyártás fázis (**25.ábra**) első művelete a hegesztés, ami a 7db-ból 7db-ot tud lehegeszteni, a kézi hegesztési folyamatban keletkező 4db-os gyártásközi készlet megszűnt. Ezt követi ismét a MEO munkahely 29db-os kapacitással, ami a gyakorlatban 7db-ot jelent, tehát készlet itt nem keletkezik.

A terméken lévő kivágások szigorú mérettűrése miatt, ezeket csak hegesztés és egyengetés után hozhatók létre. Ennek a műveleti ideje alapján 11db-ot képes legyártani 1 gép és 1 operátor terheléssel számolva, de 7db a tényleges darabszám.

A következő művelet a MEO a 30db-ot képes leellenőrizni, azonban a gyártási fázis szűk keresztmetszete a 7 db-os átbocsátó képességű hegesztési művelet miatt.

A minőség-ellenőrzés után következhet a csiszolási művelet, a lakatos műhely 11db-ot lenne képes legyártani, az előző műveletről 7 db kerül át oda gyártásközi készlet keletkezése nélkül. Az utolsó művelet a csomagolás, rövid ciklusidejéből adódóan a valós 7db helyett 42 db-ot lenne képes becsomagolni ebből a termékből.



25. ábra: Jövőbeli gyártás folyamata
(Saját szerkesztés)

4.4. Gazdasági számítások

Robot: cella 70 000 000 Ft, daru: 2 500 000 Ft, sablon: 5 000 000 Ft = 77 500 000 Ft

Kézi: gép 2 500 000 Ft, daru: 2 500 000 Ft, hegesztőasztal: 4 000 000 Ft = 9 000 000 Ft

Üzemi terület 72m²,

Energiaköltség egységára mindkét esetben 500Ft/ m²/ hó.

$$\text{Energiaköltség(havi)} = \frac{500\text{Ft}}{\text{m}^2} \cdot 72\text{m}^2 = 36\,000 \text{ Ft}$$

Munkaóra mindkét esetben: 160óra/hó

Terület költség (bérleti díj) mindkét esetben: 1600Ft/m²/hó

$$\text{Területi költség(havi)} = \frac{1600\text{Ft}}{\text{m}^2} \cdot 72\text{m}^2 = 115\,200 \text{ Ft}$$

Üzemi költség

$$\text{Üzemi költség} = \frac{36000 \text{ Ft} + 115200 \text{ Ft}}{160 \frac{\text{óra}}{\text{hónap}}} = 945 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} = 1\,814\,400 \frac{\text{Ft}}{\text{év}}$$

Amortizáció:

$$\text{Amortizáció hegesztőrobot 10 évre} = \frac{77\,500\,000 \text{ Ft}}{8\text{óra} \cdot 250\text{nap} \cdot 10\text{év}} = 3875 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}}$$

$$\text{Amortizáció kézi hegesztő 10 évre} = \frac{9\,000\,000 \text{ Ft}}{8\text{óra} \cdot 250\text{nap} \cdot 10\text{év}} = 450 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}}$$

Munkabér kézi hegesztő esetében 4500Ft/óra, hegesztőrobot esetében 3500Ft/óra:

Teljes költség:

$$\Sigma \text{Költséghegesztőrobot} = 945 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} + 3500 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} + 3875 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} = 8320 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}}$$

$$\Sigma \text{Költségkézi hegesztő} = 945 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} + 4500 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} + 450 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} = 5895 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}}$$

Termékre eső költség hegesztőrobot ha 1db készül 1 óra alatt

$$\Sigma \text{Költséghegesztőrobot} = 8320 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} \cdot 1 \text{ óra} = 8320 \text{ Ft}$$

$$\Sigma \text{költségkézi hegesztő} = 5895 \frac{\text{Ft}}{\text{óra}} \cdot 2,5 \text{ óra} = 14\,738 \text{ Ft}$$

Anyag költség mindkét esetben: 74150 Ft

Egyéb (műveleti) költség mindkét esetben hegesztés kivételével : 280331 Ft

A termék teljes önköltsége robothegeztésnél:

$$74150 \text{ Ft} + 280331 \text{ Ft} + 8320 \text{ Ft} = 362801 \text{ Ft}$$

A termék teljes önköltsége kézi hegesztés esetén:

$$74150 \text{ Ft} + 280331 \text{ Ft} + 14738 \text{ Ft} = 369219 \text{ Ft}$$

Kézi hegesztés

Legyártható mennyiség napi 3db, ami 250 munkanap esetén 1 év alatt 750db.

Árbevétel meghatározása (Árb.):

$$\text{Árb.} = e \cdot \dot{a}H \cdot Q = 450\,000 \text{ Ft} \cdot 750 \text{ db} = 337\,500\,000 \text{ Ft}$$

Állandó költség meghatározása (Ká.):

$$K\dot{a}. = \text{Területi ktg.} + \text{Amortizáció} = 1\,814\,400 \text{ Ft} + 900\,000 \text{ Ft} = 2\,714\,400 \text{ Ft}$$

Változó költség meghatározása ($Kv. = Kv_{\text{termék}} + \text{Log. ktg.} + M_{\text{bér}}$):

$$Kv_{\text{termék}} = e \cdot \dot{a}R \cdot Q = 369\,219 \text{ Ft} \cdot 750 \text{ db} = 276\,913\,875 \text{ Ft}$$

- Logisztikai költség (Log.ktg.):

$$\text{Log.ktg.} = 125\,000 \frac{\text{Ft}}{\text{hó}} \cdot 12 \text{ hó} = 12\,500\,000 \text{ Ft}$$

- Munkabér ($M_{\text{bér}}$):

$$M_{\text{bér}} = 4500 \text{ Ft} \cdot 160 \text{ óra} \cdot 12 \text{ hó} = 8\,640\,000 \text{ Ft}$$

$$Kv = 276\,913\,875 \text{ Ft} + 12\,500\,000 \text{ Ft} + 8\,640\,000 \text{ Ft} = 298\,053\,875 \text{ Ft}$$

Összes költség meghatározása (Össz.ktg.):

$$\text{Össz.ktg.} = Kv + K\dot{a}. = 298\,053\,875 \text{ Ft} + 2\,714\,400 \text{ Ft} = 300\,768\,275 \text{ Ft}$$

Kritikus gyártási mennyiség meghatározása ($Q_{\text{krit.}}$):

$$Q_{\text{krit.}} = \frac{K\dot{a}.}{e \cdot \dot{a}H - e \cdot \dot{a}R} = \frac{2\,714\,400 \text{ Ft}}{450\,000 \text{ Ft} - 369\,219 \text{ Ft}} = 33,601 \text{ db}$$

Robotizált hegesztés

Legyártható mennyiség napi 7db, ami 250 munkanap esetén 1 év alatt 1750db.

Árbevétel meghatározása (Árb.):

$$\text{Árb.} = e_a H \cdot Q = 450\,000 \text{ Ft} \cdot 1750 \text{ db} = 787\,500\,000 \text{ Ft}$$

Állandó költség meghatározása (Ká.):

$$Ká = \text{Területi ktg.} + \text{Amortizáció} = 1\,814\,400 \text{ Ft} + 7\,750\,000 \text{ Ft} = 9\,564\,400 \text{ Ft}$$

Változó költség meghatározása ($K_v = K_{v\text{termék}} + \text{Log.ktg.} + M_{\text{bér.}}$):

$$K_{v\text{termék}} = e_a R \cdot Q = 362\,801 \text{ Ft} \cdot 1750 \text{ db} = 634\,901\,750 \text{ Ft}$$

- Logisztikai költség (Log.ktg.):

$$\text{Log.ktg.} = \frac{\text{Ft}}{\text{hó}} \cdot 12 \text{ hó} = 29\,166\,667 \text{ Ft}$$

- Munkabér ($M_{\text{bér.}}$):

$$M_{\text{bér.}} = 3500 \text{ Ft} \cdot 160 \text{ óra} \cdot 12 \text{ hó} = 7\,000\,000 \text{ Ft}$$

$$K_v = 634\,901\,750 \text{ Ft} + 29\,166\,667 \text{ Ft} + 7\,000\,000 \text{ Ft} = 671\,068\,417 \text{ Ft}$$

Összes költség meghatározása (Össz.ktg.):

$$\text{Össz.ktg.} = K_v + Ká = 671\,068\,417 \text{ Ft} + 9\,564\,400 \text{ Ft} = 680\,632\,817 \text{ Ft}$$

Kritikus gyártási mennyiség meghatározása ($Q_{\text{krit.}}$):

$$Q_{\text{krit.}} = \frac{Ká}{e_a H - e_a R} = \frac{9\,564\,400 \text{ Ft}}{450\,000 \text{ Ft} - 362\,801 \text{ Ft}} = 109,685 \text{ db}$$

A gyártási folyamatra vonatkozó jelenállapotot és a jövőállapotot a **18.táblázat** alapján hasonlítom össze, a robot és a kézi hegesztésre vonatkozó gazdasági számításokat a **19.táblázat** szerint.

18. Táblázat

Elérhető eredmények összefoglalása gyártási szempontból

Átfutási idő változása 1 termékre		
	Gyártási idő	Változás mértéke
Jelenállapot	~8 óra	~-19%
Jövőállapot	~6,5 óra	
A hegesztési fázis változása 1 termékre		
	Gyártási idő	Változás mértéke
Jelenállapot	130 perc	~ -60%
Jövőállapot	52 perc	
A keletkező gyártásközi készlet változása		
	Gyártásközi készlet	Változás mértéke
Jelenállapot	4 db	~ -400%
Jövőállapot	0 db	
A hetente gyártott darabszám változása		
	Darab	Változás mértéke
Jelenállapot	15db	~ +230%
Jövőállapot	35db	
Kritikus gyártási mennyiség		
	Darab	Változás mértéke
Jelenállapot	34db	~ +323%
Jövőállapot	110db	

(Forrás: Saját szerkesztés)

19. Táblázat

Gazdasági számítások összefoglalása a hegesztett termékre vonatkozóan

Kézi hegesztés	Robothegeztés	Változás mértéke
Teljes költség		~+141%
5895 Ft/óra	8320 Ft/óra	
Termékre eső költség		~-43%
14 738 Ft/óra	8320Ft/óra	
Termék teljes önköltsége		~-2%
369 219 Ft	362 801 Ft	
Megtermelt árbevétel		~+233%
337 500 000 Ft/év	787 500 000 Ft/év	
Összes költség		~+226%
300 768 275 Ft/év	680 632 817 Ft/év	
Kritikus gyártási mennyiség		~+323%
34 db	110 db	
Kritikus gyártási mennyiséget elérő napok száma		~+133%
12 nap múlva	16 nap múlva	

(Forrás: Saját szerkesztés)

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A dolgozatomban kidolgozott kapcsolódó szakirodalmi források kellő elméleti és módszertani alapot nyújtanak a konkrét fejlesztési projektterv elkészítéséhez.

A vizsgált vállalat esetében a hegesztett szerkezetek gyártása kiemelt jelentőséggel bír, ezért az eljárás folyamatos technikai technológiai fejlesztése mindenképpen indokolt, ami a gyártási folyamat működésének hatékonyabbá tételét segíti elő.

A fejlesztés egyik előremutató lehetősége a robotizált hegesztés technológiai bevezetéséhez szükséges előfeltételek megteremtése. Ennek érdekében célszerű a teendőket rendszerbe foglalva, projektként kezelni. A projekt megtervezéséhez javasolható a logikai keretmátrix alkalmazása.

A projektterv összeállítása során célszerű követni gyakorlati alkalmazás során már bevált lépéseket. Kiemelt jelentősége van ezek között a tevékenységek lépései megtervezésének és a fázisokhoz kapcsolódó feladatok kimunkálásának.

A tevékenységek beszerzési folyamat lépései közül a legkörültekintőbb odafigyelést az ajánlatkérések tartalma, hegesztőrobot képességeire vonatkozó részének meghatározása igényel. A robotnak rendelkeznie kell olyan funkciókkal, hogy a hegesztésre kerülő élhajlított alkatrészek méret-és-alakhibáinak kompenzálására vonatkozó, megoldásokat jelentő technológiai lépések elvégezhetők legyenek, ezen kiegészítő funkciók a robotcella költségét növelhetik.

A gondos mérlegelés után kiválasztott robothoz alkalmas készülék tervezésénél lényeges, a hegesztésre kerülő élhajlított alkatrészek méret-és-alakhibáinak kompenzálására vonatkozó különböző állítási lehetőségek, ezért a beérkezett ajánlatokban lévő készülékek konstrukciós szempontból történő elemzését tartom, de elvárásinknak való megfelelésség mellett, az egyszerű gyárthatóság is fontos. Ilyen jellegű állítási lehetőségek bonyolultabbá tehetik a készüléknek konstrukcióját és alkatrészeinek legyártása tekintetében is növelhetik a önköltségét.

A tárgyi feltételek megteremtése után, az alkalmazottak szellemi és gyakorlati felkészítésén belül, a hegesztésre kerülő élhajlított alkatrészek méret-és-alakhibáinak kompenzálására vonatkozó megoldások használatának oktatási tematika tartalmának meghatározása igényel részletesebb meghatározást, hiszen a későbbi munkánk során nagyobb részben az itt megszerzett tudásra támaszkodhatunk. Ezen funkciók használatának elsajátítása, már haladó szintnek tekinthető és a robot gyártásba történő bevezetésénél az alapok elsajátítása a cél és ezen túlmutató tudásanyag megszerzése további oktatást igényel plusz költségek felmerülése mellett.

A projekt tárgyát képező hegesztési fázis további vizsgálata szükséges annak működési hatékonyságának növelése céljából. A hegesztési folyamat működéséhez szükséges külső

tényezők, elemekre bontva, az adott folyamatba bemenő termékek, mint input elemekkel kezdve. A további fejlesztési javaslatok meghatározásához, ezt elemeire bontva MKGSI rendszerben vizsgálom, mivel a rendszert alkotó elemeknek közvetlen hatása van a gyártás hegesztési folyamatára.

A rendszer elemei, **Munkadarab**, **Készülék**, **Gép**, **Szerszám**, **Irányítási / Információ**.

Gép: A fejlesztés eszköztét képező hegesztő robotcella. **Szerszám:** Tekinthejtük a szerszámot a hegesztő elektródát, ami része a robotnak. **Készülék:** A fejlesztés eszköztét képező, robotcellához csatlakoztatható forgatókészülék **Irányítás:** A fejlesztés tárgyat képező, hegesztőrobothoz tartozó CAD-CAM rendszer. **Munkadarab:** A fejlesztendő gyártórendszer input elemének tárgyalása nem került fejlesztésre a projekt folyamán, ezért a rendszernek ennek az elemére vonatkozó fejlesztési javaslatokat minőségbiztosítási szempontból a következőkben fogalmazok meg. A hegesztendő munkadarab fő problémái lehetnek, alapanyag, alkatrész hajlítási probléma (hajlítási iránya, hajlítási szög), lemezteríték mérete, annak létrehozásából adódóan.

Fejlesztési javaslataim a hegesztést megelőző tervezési, gyártási folyamatokra.

Alkatrész élhajlítási probléma (élhajlítás iránya): „Trumpf Part Indicator” használata

Az alkatrészjelző megmutatja képernyőn, hogy a hajlítandó alkatrészt, hogyan kell elhelyezni és a „Contour Check” funkció segítségével könnyen érhető színekkel jelzi az optimális pozíciót. A termék nagy előnye, hogy egyszerűen nem lehet fordított élhajlítási hibákat elkövetni. A két kamera egyszerre ellenőrzi az alkatrész helyzetét, így a kezelő képernyőn láthatja, hogy az alkatrész megfelelő pozícióban van-e vagy sem, és hol van a hiba.

Alkatrész élhajlítási probléma (élhajlítás szöge): ACB szög szenzor használata.

A szenzor „1” konzolból, „2” érzékelő lemeztartóból és „3” érzékelő lemezből áll a **32.ábra** alapján és a **33.ábra** szerint, az „1” érintkezési pontokat a hajlítás ív belső oldalán, „2” érzékelő lemezek középpont távolságát jelenti. Négy mérési pontot érzékelő, két különböző méretű tárcsával történik az érzékelés. A hajlítási folyamat során, az érzékelő tárcsák 4 érintkezési pontot vesznek fel a hajlítás belső oldalán „1”. A lemezközéppontok „2” változásával számítja ki a rendszer tényleges szöget, mivel a különböző szögek, különböző szögek, különböző távolságokat hoznak létre a lemezek középpontjai között.

A lemezterítékek létrehozásának folyamatfejlesztése **24.táblázat** alapján a lemezterítékek méretének kiszámítása az élhajlító gépek CAD-CAM rendszerében, a valóságban legyártandó szerszámok definiálása alapján történne és így csak megfelelő méretű terítékek kerülnének kivágásra és így elkerülhetők lesznek az ilyen jellegű hibák miatti selejtek és ezekből adódó újragyártások.

6. ÖSSZEGZÉS

Diplomamunkám alapvető céljaként elkészítettem egy gyártásfejlesztési projekttervet egy vállalat robotizált hegesztési folyamatához. Munkám során:

- Áttekintettem a hazai és nemzetközi szakirodalmakat, felhasználva az ipari robotokhoz kapcsolódó technikai és technológiai ismereteket, külön kitérve az ipari robotok felépítésére, vezérlési és programozási módjaira.
- Összefoglaltam a projekttervezéshez és a folyamatfejlesztéshez használható módszertani tudnivalókat: a logikai keretmátrixra, illetve az értékáram térképezésre vonatkozó ismereteket. Munkámhoz ezek az eljárások jelentették a módszertani alapot.
- Rendszerbe foglaltam a hegesztőrobotok gyártási folyamatba történő bevezetésének általános feltételeit.
- A kidolgozás során bemutattam egy fémszerkezet gyártó vállalat működésének folyamat-térképét. Erre építve elkészítettem a hegesztőrobotok gyártási folyamatba történő bevezetésének elemzését, különös tekintettel a gyártási folyamat fő elemeire.
- Kidolgoztam az előírt tartalmú logikai keretmátrixot, amely vezérfonalául szolgálhat a projekt végrehajtása során.
- Meghatároztam és elemeztem a szóba jöhető kockázati elemeket és kidolgoztam a folyamatokhoz kapcsolódó kockázatok súlyossági/kritikussági szintjeit. Ennek alapján megállapítottam a kockázati elemek fontossági sorrendjét.
- Egy választott hegesztett szerkezetre elkészítettem és elemeztem a jelenlegi kézi hegesztéssel, illetve a javasolt robotizált megoldással történő gyártáshoz tartó értékáram-térképet.
- Gazdasági kalkulációt készítettem gyártási és gazdasági szempontból, amelyben összehasonlítottam a jelenlegi kézi és a jövőbeli megoldásra a robot-hegesztéssel kapcsolatos általános és a választott hegesztett szerkezet gyártásával kapcsolatos eredményeket, költségeket. Ennek alapján megállapítottam a **18-19.táblázatban** összefoglalt adatok alapján, hogy a robotizált fejlesztésre vonatkozó javaslat megvalósítása gazdaságilag is indokolt.

Összességében megállapítható, hogy a dolgozatban megjelölt célkitűzéseket a munkám során sikerült megvalósítanom. A dolgozat elkészítése, illetve az azt megalapozó munka hozzájárult szakmai fejlődésemhez és ismereteim bővítéséhez

Summary

As main purpose of my thesis I prepared a production development project plan for a company's welding process. During my work:

I reviewed the Hungarian and international professional literature using the technical and technological knowledge related to industrial robots, paying attention to the construction control and programming methods of industrial robots.

I have summarized the methodological information that can be used for project planning and process development knowledge about the logicalframe matrix and value stream mapping. These procedures were the methodological basis for my work.

I have systematized the general conditions for the introduction of welding robots into the production process.

During the development I presented the process map of the operation of the metal structure manufacturing company. Based on this I prepared an analysis of the introduction of welding robots into the production process, with particular attention to the main elements of the production process.

I developed the logicalframe matrix with the prescribed content, which can serve as a „guiding thread” during the implementation of the project.

I defined and analyzed the possible risk elements and developed the severity/criticality levels of the risks related to the process. Based on this I determined the order of the importance of the risks elements.

I prepared and analyzed the value stream map for production with the current manual welding and the proposed robotic solution for the selected welded structure.

I prepared an economical calculation in which I compared the general costs related to robot welding and the production of the selected welded structure for the current manual and the future solution . Based on this, I determined based on the results summarized in tablet implementation of the proposal for robotic development is also economically justified.

Overall, it can be concluded that, I managed to achieve the objectives indicated in the thesis during my work. The preparation of the thesis contributed to my professional development and the expansion of my knowledge.

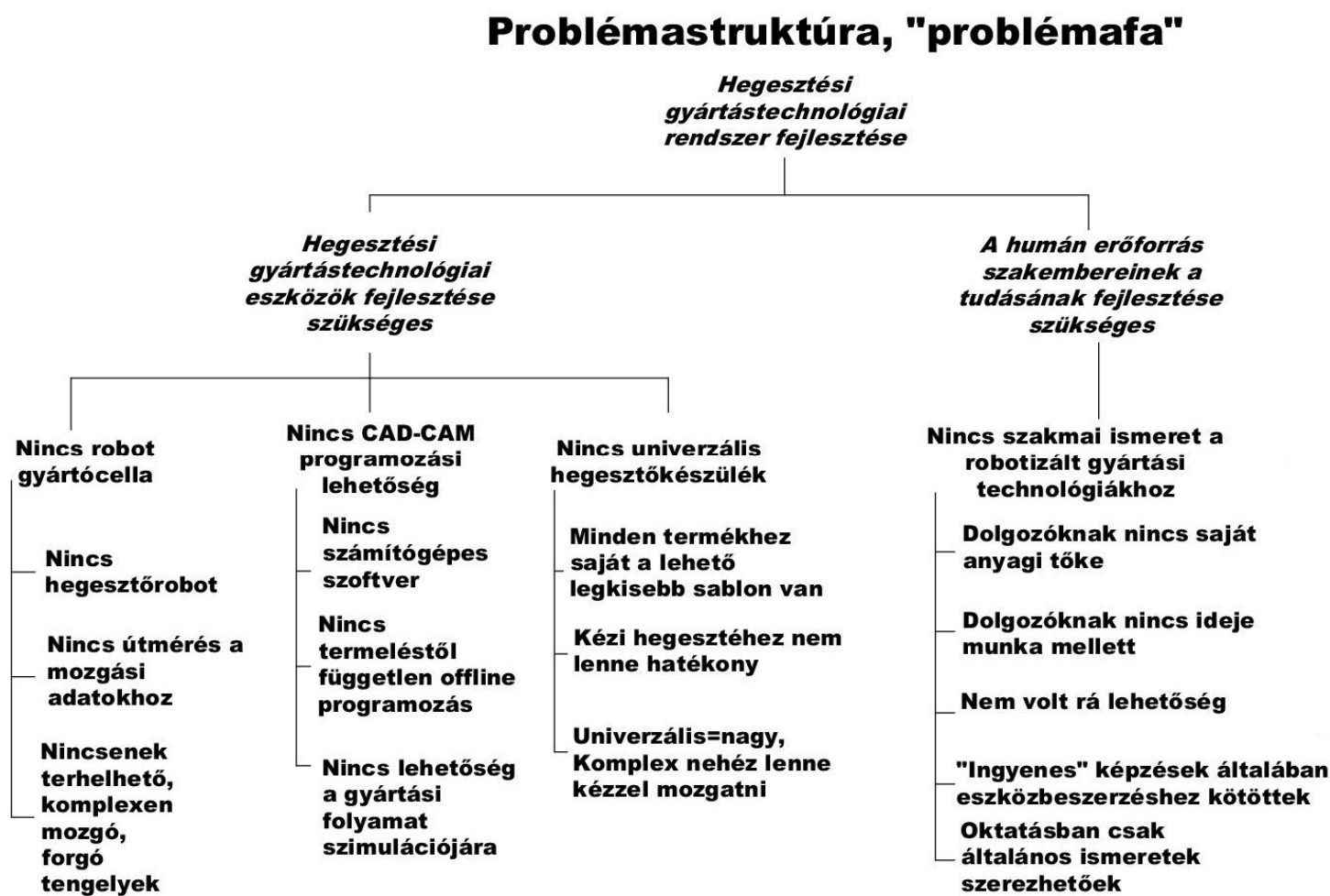
7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] Christian Blume - Wilfried Jakob: *Ipari robotok programozási nyelvei*
Kiadó: Műszaki Kiadó Budapest, 1987
- [2.] Daróczi Miklós: *Projektmenedzsment (Oktatási segédlet)*
Gödöllő, 2019
- [3.] Donner Csaba: A robottechnika alapjai
Kiadó: A Szerző, Zalaegerszeg
ISBN: 963 640 757 6
- [4.] Eric Verzuh: *The Fast Forward MBA in Project Management, Third Edition*
John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada, 2008
ISBN: 978 0470 24789 1 (pbk.)
- [5.] Gáti József: Hegesztéstechnika folyóirat XIX. évfolyam 2008. 4. szám - Dr. Farkas Attila- Barabás Péter - *Hegesztőrobotok bevezetésének tapasztalatai Magyarországon*
- [6.] Görög Mihály: *A projektvezetés mestersége*
Kiadó: Aula Kiadó Kft. Budapest, 2003
ISBN: 963 9478 57 1
- [7.] Harold Kerzner: *Project Management Metrics, KPIs, and Dashboards - A Guide to Measuring Project Performance, Second Edition*
International Institute for Learning Inc. New York, 2013
John Wiley&Sons, Inc., Hoboken New Jersey, Canada
ISBN: 978 1 118 52466 4 (cloth.), ISBN: 978 111 8 65895 6 (ebk.), ISBN: 978 111 8 65899 4 (ebk.)
- [8.] Helm László: *Ipari robotok*
Kiadó: Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1983
- [9.] Henci Lajos - Murvai László: *Projekttervezés és projektmenedzsment*
Kiadó: SALDO Pénzügyi Tanácsadó és Informatikai Zrt. Budapest 2012,
ISBN: 978 963638409 8
- [10.] Husti István: *Műszaki termelésmenedzsment (Oktatási segédlet)*
Gödöllő, 2020
- [11.] Husti István: *Projekttervezés (Oktatási segédlet)*
Gödöllő, 2020
- [12.] Karl Mathia: *Roboticsfor Electronics Manufacturing*
Cambridge University Press - The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK, 2010
ISBN-13: 978 0 511 71297 5 eBook (NetLibrary),
ISBN-13: 978 0 521 87652 0 Hardback
- [13.] Katrin Greßer – RenateFreishler: *Agilis és sikeres vezetés*
Kiadó: Z-Press Kiadó Kft. 2018,
ISBN:978 963 9493 91 9

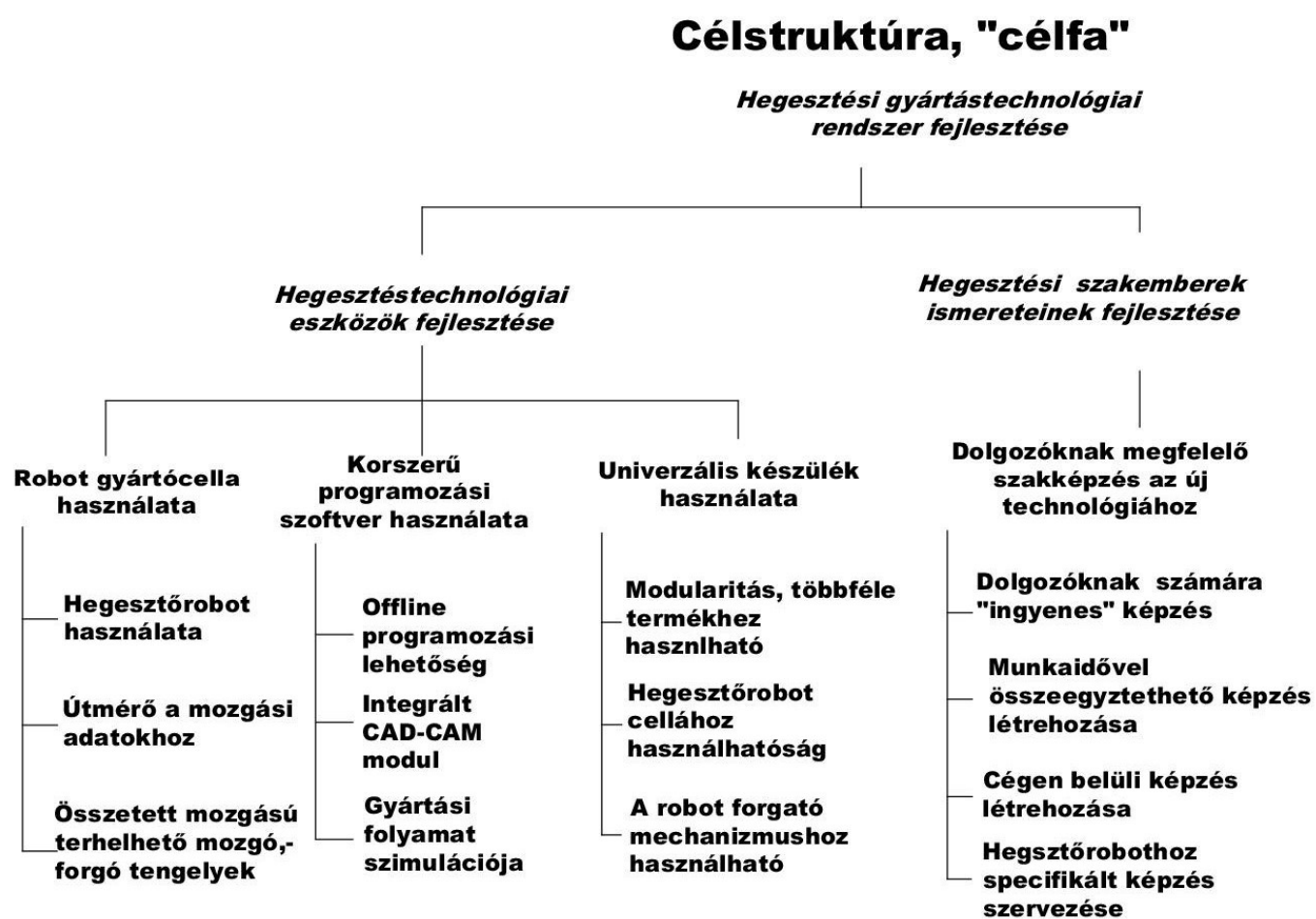
- [14.] Kiss Éva – Tiner Tibor: *Robotizáció a negyedik ipari forradalom elején a világban és a magyar iparban, területi megközelítésben*
KSH, 2021.október. 1.
https://www.ksh.hu/statszemle_archive/terstat/2021/2021_05/ts610502.pdf
Letöltve:2023.02.05-én
- [15.] Kory Kogon - Suzette Blakemore - James Wood: Projektmenedzsment mindenkinek
Kiadó: Bagolyvár Könyvkiadó 2019
ISBN: 978 615 5030 83 3
- [16.] Kosztolányi János – Schwahofer Gábor: Értékfolyamat térképezés
Kiadó: KAIZEN PRO Kft., Budapest 2012.
ISBN: 978 963 89620 4 1
- [17.] Lökkös Tibor: *A projekt (A projektfolyamatok követése, finanszírozási ismeretek)*
Kiadó: SI-KER'993 Betéti Társaság 2017
ISBN: 978 963 89875 9 4
- [18.] Medina Viktor: Minőségmenedzsment (Oktatási segédlet)
Szent István Egyetem, Gödöllő 2019
- [19.] Owen Bishop: Robot Builder's Cookbook
Elsevier Ltd., 2007
ISBN: 978 0 7506 6556 8
- [20.] Projektmenedzsment Intézet (PMI) – Agile Alliance®: Agilis gyakorlati útmutató
Kiadó: Akadémiai Kiadó Zrt. Budapest 2018,
ISBN: 978963 05 9942 9
- [21.] Projektmenedzsment útmutató - PMBOK® GUIDE 6. kiadás
Kiadó: Akadémiai Kiadó Budapest 2019,
ISBN: 978 963 454351 0
- [22.] Shimon Y. Nof: Handbook of Industrial Robotics
John Wiley&Sons Inc. Canada, 1985
ISBN: 0 471 89684 5
- [23.] Szabó Lajos: Fejlesztési projektek fenntarthatósága
Kiadó: Felsőbbfokú Tanulmányok Intézete, Savaria University Press 2017,
ISBN: 978 615 80529 2 4
- [24.] Tom Kendrick: 101 Project Management Problems and How to Solve Them
AMACOM - American Management Association, United States of America 2011
ISBN-13: 978 0 8144 1557 3 (pbk.), ISBN-10: 0 8144 1557 1 (pbk.)
- [25.] Trish Melton: *Project Management Toolkit- The Basicsfor Project Success, Second Edition*
Elsevier Ltd., 2007
ISBN: 978 0 7506 8440 8

- [26.] Vörös Mihály László: Versenyképes projektek és pályázatok
Kiadó: TRI-MESTER Bt., Tatabánya 2004,
ISBN: 963 9651 02 9
- [27.] Zsidai László: Integrált gyártórendszerek FMS/CIM/LEAN
Gödöllő, 2016
Kiadó: Fenyves Dent Kft. 2016
ISBN: 978 963 12 5403 7
- [28.] TRUMPF *Tool Catalog Edition 2021*
https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Services/01_brochures/TRUMPF-bending-tools-catalog-EN.pdf
Letöltve: 2023.04.18-án

8. MELLÉKLETEK

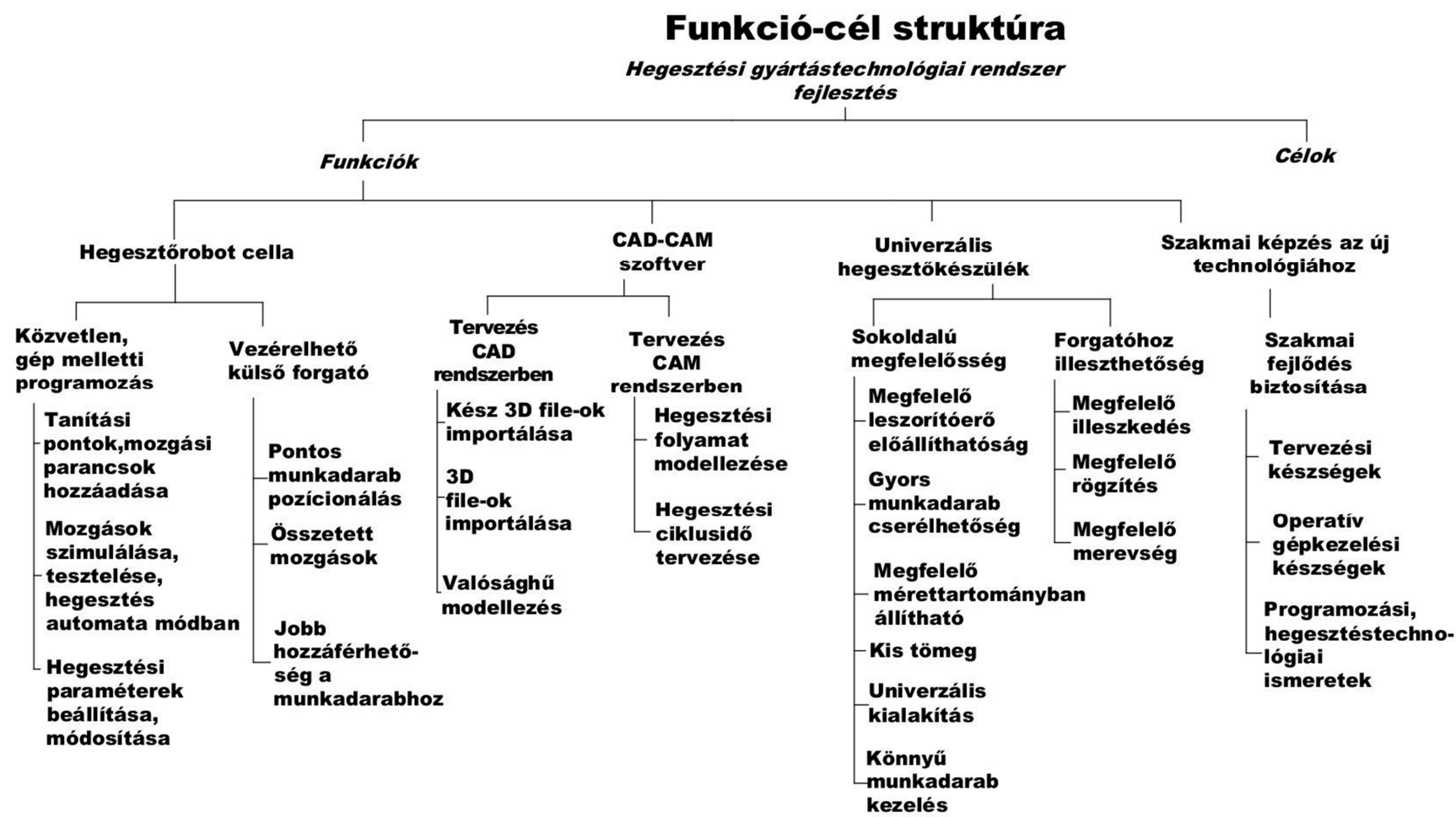


26. ábra:
(Forrás: Saját szerkesztés)



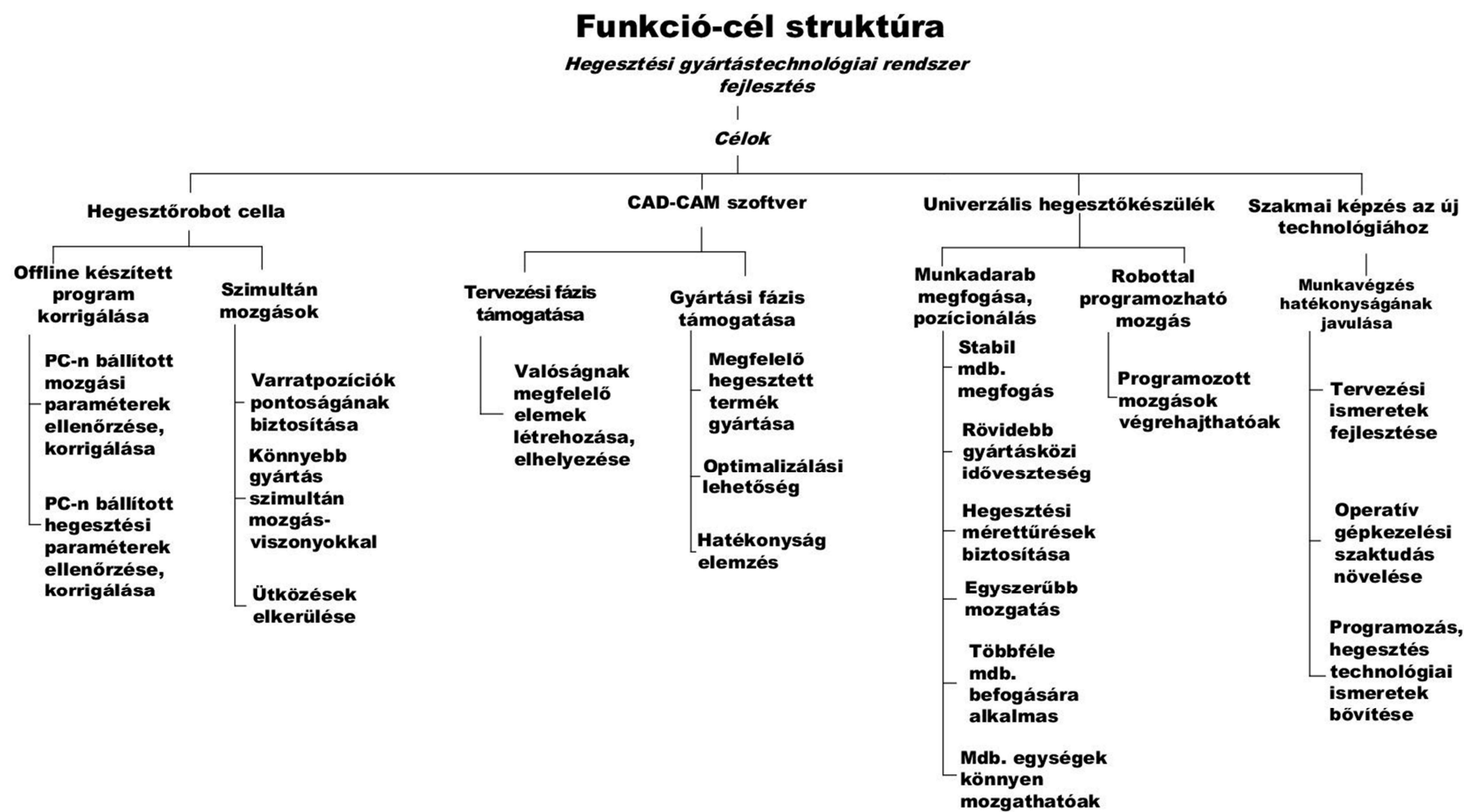
27. ábra:
(Forrás: Saját szerkesztés)

3. melléklet: Projekt funkció-cél struktúra (Funkciók)



28. ábra:
(Forrás: Saját szerkesztés)

4. melléklet: Projekt funkció-cél struktúra (Célok)



29. ábra:
(Forrás: Saját szerkesztés)

Tevékenységek és kockázati források mátrixa

	1.Műszaki kockázat						2. Menedzsment kockázat						3.Üzleti kockázat					
	1.1 Terjedelem meghatározás	1.2 Követelmény meghatározás	1.3 Becslések, feltételezések, korlátok	1.4 Műszaki folyamatok	1.5 Technológia	1.6 Műszaki interface-ek, kapcsolódások	2.1 Projektmenedzsment	2.2 Program- és portfóliómenedzsment	2.3 Operatív menedzsment	2.4 Szervezet	2.5 Erőforrások biztosítása	2.6 Kommunikáció	3.1 Szerződéses feltételek	3.2 Belső beszerzés	3.3 Beszállítók	3.4 Alvállalkozói szerződések	3.5 Vevők	3.6 Együttműködés más vállalkozásokkal
Megfelelő cégeket nem találunk	X	X	X				X	X	X			X		X	X			X
Ügyfeleket nem tudjuk kiválasztani	X	X	X				X	X	X			X			X			
Ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni							X	X	X			X	X	X	X			X
Ajánlatokat nem tudjuk elemezni, értékelési szempontokat létrehozni, megfelelőt kiválasztani	X	X	X			X	X	X	X			X						
Megrendelést nem tudjuk elküldeni		X					X		X			X	X	X	X	X		X
Képzésről nem tudunk egyeztetni, megrendelni	X	X	X				X		X		X	X	X	X	X	X		X
Oktatást nem tudjuk megszervezni							X		X	X	X	X						X
Oktatást nem tudják elvégezni	X	X								X	X	X						
3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, menteni „.zgl”formátumban		X	X	X	X	X			X		X							
3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, elhelyezni, „Teach point” -okat létrehozni robot rendszerében		X		X	X	X			X		X							
Programot nem tudjuk létrehozni, tesztelni, korrekciókat elvégezni	X	X	X	X	X	X			X			X						
Mintagyártás nem kerül elfogadásra	X	X	X	X	X				X			X	X				X	

(Forrás: Saját szerkesztés)

21. táblázat

Tevékenységek kockázatainak mátrixa

Tevékenység Kockázat	A folyamat kocká- zat kitettsége: [P] 1-5	Projektre gyako- rolt hatása: [I] 1-5	Kitettségi szorzat: [K] K=P+2*I	10<K<15: <u>Kritikus</u> 5<K<10: <u>Nem kritikus</u> K<5: <u>Elhanyagolható</u>
Megfelelő cégeket nem találunk	3	5	13	Kritikus
Ügyfeleket nem tudjuk kiválasztani	3	3	9	Nem kritikus
Ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni	3	5	13	Kritikus
Ajánlatokat nem tudjuk elemezni, értékelési szem- pontokat létrehozni, megfelelőt kiválasztani	3	3	9	Nem kritikus
Megrendelést nem tudjuk elküldeni	3	5	13	Kritikus
Képzésről nem tudunk egyeztetni, megrendelni	5	5	15	Kritikus
Oktatást nem tudjuk megszervezni	3	5	13	Kritikus
Oktatást nem tudják elvégezni	1	5	11	Kritikus
3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, menteni .zgl formátumban	3	3	9	Nem kritikus
3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, elhelyezni, „Teach point” -okat létrehozni robot rendszerében	3	3	9	Nem kritikus
Programot nem tudjuk létrehozni, tesztelni, korrek- ciókat elvégezni	3	5	13	Kritikus
Mintagyártás nem kerül elfogadásra	3	5	13	Kritikus

(Forrás: Saját szerkesztés)

22. Táblázat

Tevékenységek kockázati valószínűségeinek mátrixa

Tevékenység (Kockázat valószínűsége)	Kockázati forrás száma [db]	Kockázat aránya 18/db [%]	A folyamat kockázat kitettsége
Megfelelő cégeket nem találunk	10	55,6	Közepes
Ügyfeleket nem tudjuk kiválasztani	8	44,4	Közepes
Ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni	8	44,4	Közepes
Ajánlatokat nem tudjuk elemezni, értékelési szem- pontokat létrehozni, megfelelőt kiválasztani	8	44,4	Közepes
Megrendelést nem tudjuk elküldeni	9	50	Közepes
Képzésről nem tudunk egyeztetni, megrendelni	12	67	Magas
Oktatást nem tudjuk megszervezni	6	33,3	Közepes
Oktatást nem tudják elvégezni	5	27,8	Alacsony
3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, menteni .zgl formátumban	7	38,9	Közepes
3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, elhelyezni, „Teach point” -okat létrehozni robot rendszerében	6	33,3	Közepes
Programot nem tudjuk létrehozni, tesztelni, kor- rekciókat elvégezni	8	44,4	Közepes
Mintagyártás nem kerül elfogadásra	9	50	Közepes

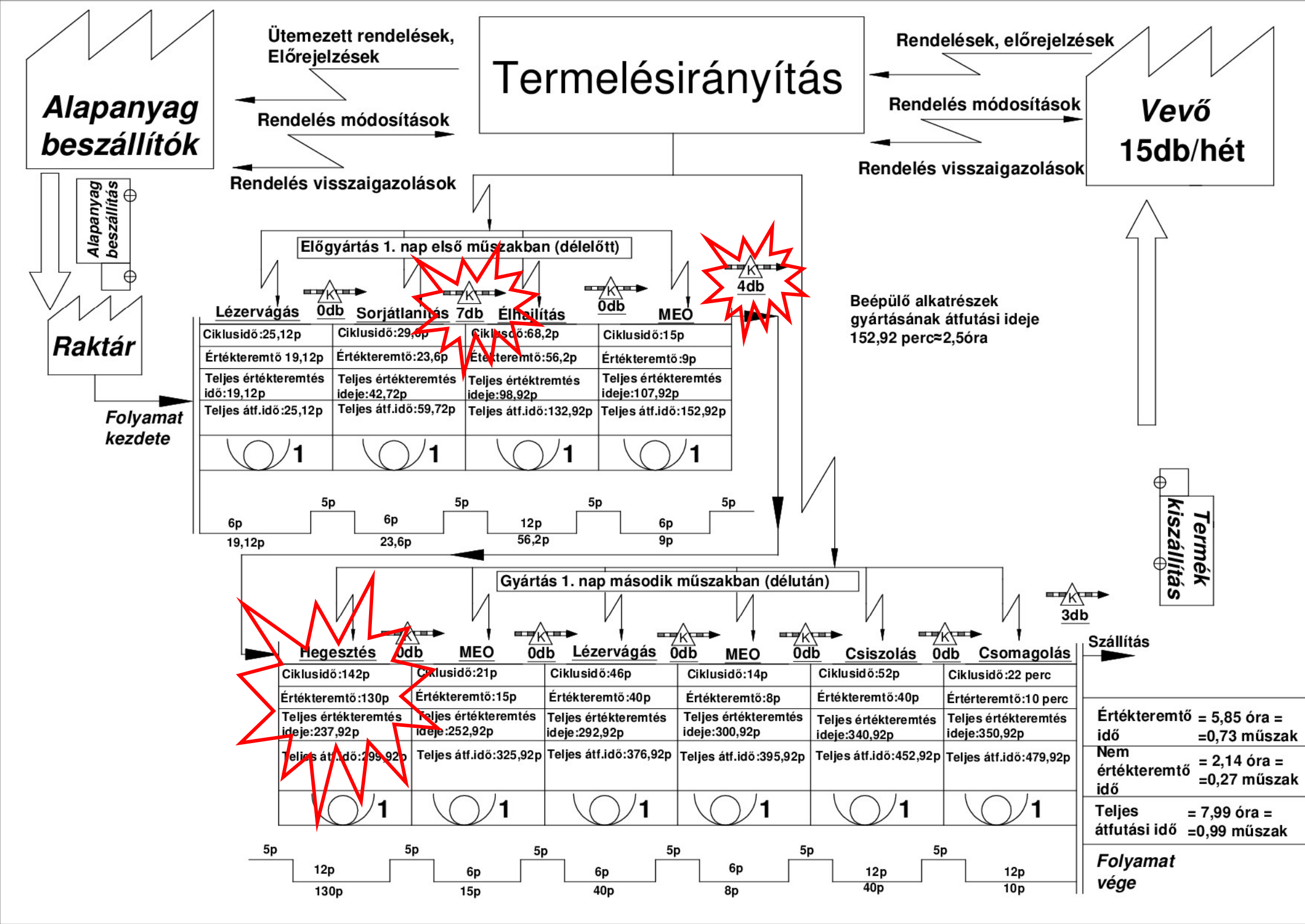
(Forrás: Saját szerkesztés)

Tevékenységek kockázati hatásainak mátrixa

Kockázat hatása Tevékenység	A következő fázis elvégezhetősége			A folyamat kockázat hatása
	Teljesen	Részben	Nem	
Megfelelő cégeket nem találunk			X	Magas
Ügyfeleket nem tudjuk kiválasztani		X		Közepes
Ajánlatkéréseket nem tudjuk kiküldeni			X	Magas
Ajánlatokat nem tudjuk elemezni, értékelési szempontokat létrehozni, megfelelőt kiválasztani		X		Közepes
Megrendelést nem tudjuk elküldeni			X	Magas
Képzésről nem tudunk egyeztetni, megrendelni			X	Magas
Oktatást nem tudjuk megszervezni			X	Magas
Oktatást nem tudják elvégezni			X	Magas
3D CAD file-t nem tudjuk létrehozni, menteni .zgl formátumban		X		Közepes
3D CAD file-t nem tudjuk betölteni, elhelyezni, „Teach point” -okat létrehozni robot rendszerében		X		Közepes
Programot nem tudjuk létrehozni, tesztelni, korrekciókat elvégezni			X	Magas
Mintagyártás nem kerül elfogadásra			X	Magas

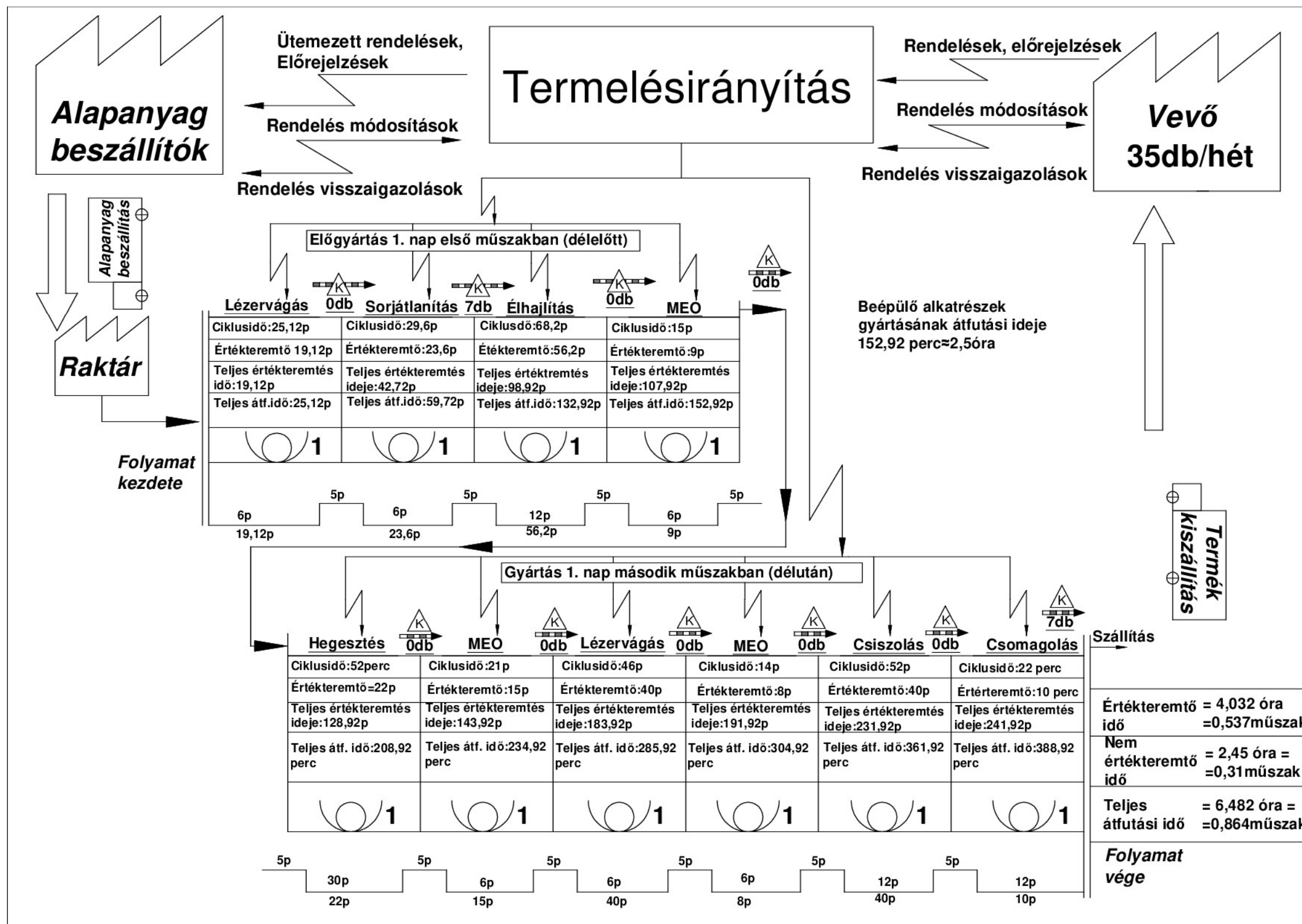
(Forrás: Saját szerkesztés)

6. melléklet: Jelen állapot értékfolyam ábrája



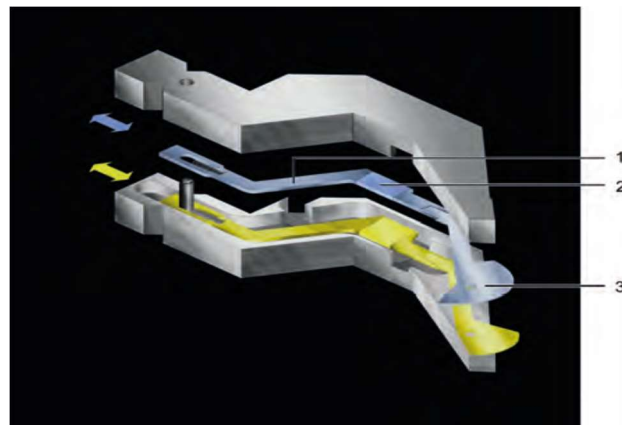
30. ábra:
(Forrás: Saját szerkesztés)

7. melléklet: Jövőállapot értékfolyam ábrája

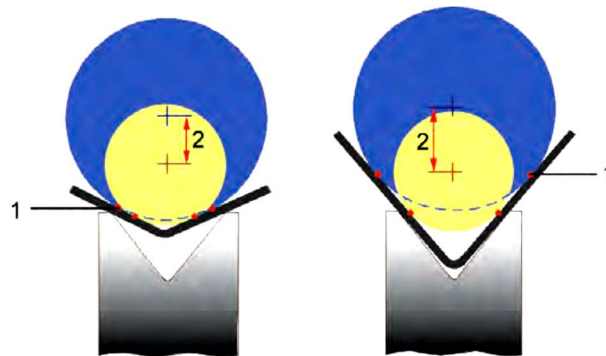


31. ábra
(Forrás: Saját szerkesztés)

8. melléklet: ACB szögszenzor



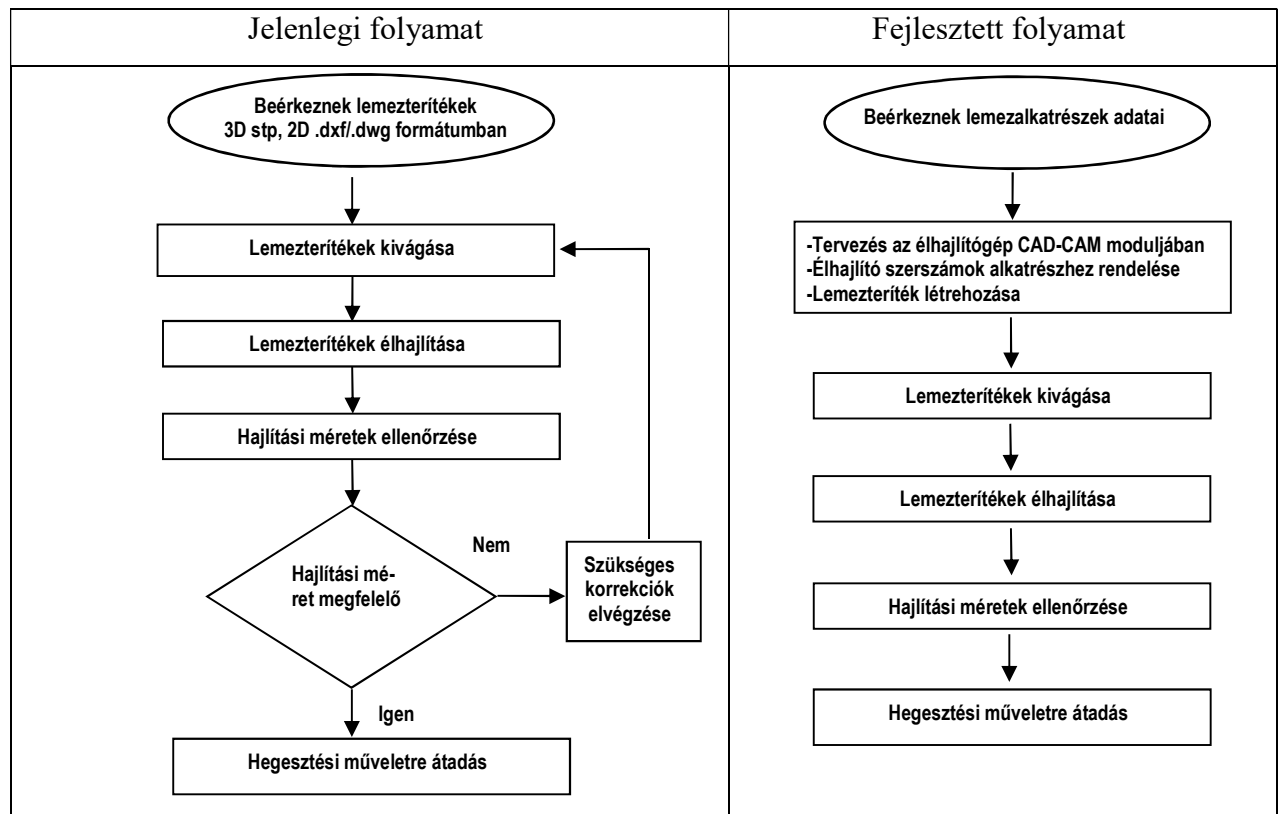
32. ábra: ACB szögszenzor felépítése [28]
(Forrás: Trumpf Tool Catalog, 2021)



33. ábra: ACB szögszenzor mérési pontjai [28]
(Forrás: Trumpf Tool Catalog, 2021)

9. melléklet: A lemezterítékek létrehozásának folyamatfejlesztése

24. Táblázat



(Forrás: Saját szerkesztés [18.] alapján)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Tóth-Nagy Krisztián
A Hallgató Neptun kódja: JSLXH4
A dolgozat címe: Robotizált gyártásfejlesztési projektterv készítése egy gyártó vállalat hegesztési folyamatához
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Műszaki Intézet, Műszaki Menedzsment Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

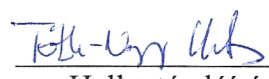
Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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 mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2023 év április hó 25. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

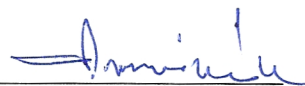
KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Tóth-Nagy Krisztián (név) (hallgató Neptun azonosítója: JSLXH4) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: Gödöllő, 2023. április 25.



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.