DIPLOMADOLGOZAT

Józsa Dániel

Gépipari automatizálási szakmérnök

Gödöllő
2023

Restricted

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Gödöllő Campus
Gépipari automatizálási szakmérnök Szak

SAJTOLÓÁLLOMÁS AUTOMATIZÁLÁSA

Belső konzulens: Mayerné Sárközi Eszter
egyetemi adjunktus
Külső konzulens: Nagy Dániel
karbantartás vezető
Készítette: **Józsa Dániel**
C33FBY
Levelező tagozat
Intézet/Tanszék: **Műszaki Intézet**

Gödöllő
2023

Restricted

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

MŰSZAKI INTÉZET
GÉPIPARI AUTOMATIZÁLÁSI SZAKMÉRNÖK

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Józsa Dániel *(*C33FBY*)*

részére

A diplomadolgozat címe:

Sajtolóállomás automatizálása

Feladatkiírás:

Bevezetés, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, követelmények megfogalmazása, koncepció tervezése, elemek kiválasztása és tervezése, vezérlés tervezése, Tovább lépési lehetőségek, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Nagy Dániel, karbantartási vezető, Schneider Electric Zrt.*

Belső konzulens: *Mayerné Dr. Sárközi Eszter, egyetemi adjunktus,* MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom		**Átvettem**
(tanszékvezető)	(szakfelelős)	(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. hó nap

(külső konzulens)

Restricted

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés, CÉLKITŰZÉS 6
1.1 Cégbemutatás 6
1.2 Célkitűzés 7
2. Szakirodalom áttekintés 8
2.1 Kobotok története 8
2.2 Munkaerőpiaci vonatkozás 9
2.3 Munkabiztonság 10
2.4 Megtérülés 14
2.5 Elfogadás 15
2.6 Digital twin 16
2.7 Jövőkép 16
2.8 Robotok programozása 17
3. Sajtolóállomás automatizálása 20
3.1 Munkadarab bemutatás, jelenlegi problémák felmérése 20
3.2 Munkafolyamat leírása 23
3.3 Követelmények megfogalmazása 24
3.3.1 Munkabiztonság 24
3.3.2 Gyártási minőség 24
3.3.3 Gyártási idő 24
3.4 Koncepció tervezése 26
3.5 Elemek kiválasztása és tervezése 29
3.5.1 Megfogó kiválasztása 29
3.5.2 Kobot kiválasztása 31
3.5.3 Megfogó ujjbegyek tervezése 32
3.5.4 HMI kiválasztása 33
3.5.5 Ellenőrző kamera kiválasztása 34
3.5.6 Szállítópálya kiválasztása 34

Restricted

3.5.7 Szállítópálya alkatrész jelenlét érékelő kiválasztása 36
3.5.8 Kötőelem tároló tálcák tervezése 37
3.6 Elemek beállítása, tesztelése 39
3.6.1 Keyence kamera 39
3.6.2 Programozás 42
3.7 Vezérlés tervezése – folyamatábra 45
3.8 Ipari biztonság 48
4. Továbblépési lehetőségek 49
5. Gazdasági számítás 50
5.1 Költségek 50
5.2 Megtakarítás 51
5.3 Megtérülés 51
6. Összefoglalás 52
7. Summary 53
8. Irodalomjegyzék 54
10. Mellékletek 57
..... 63

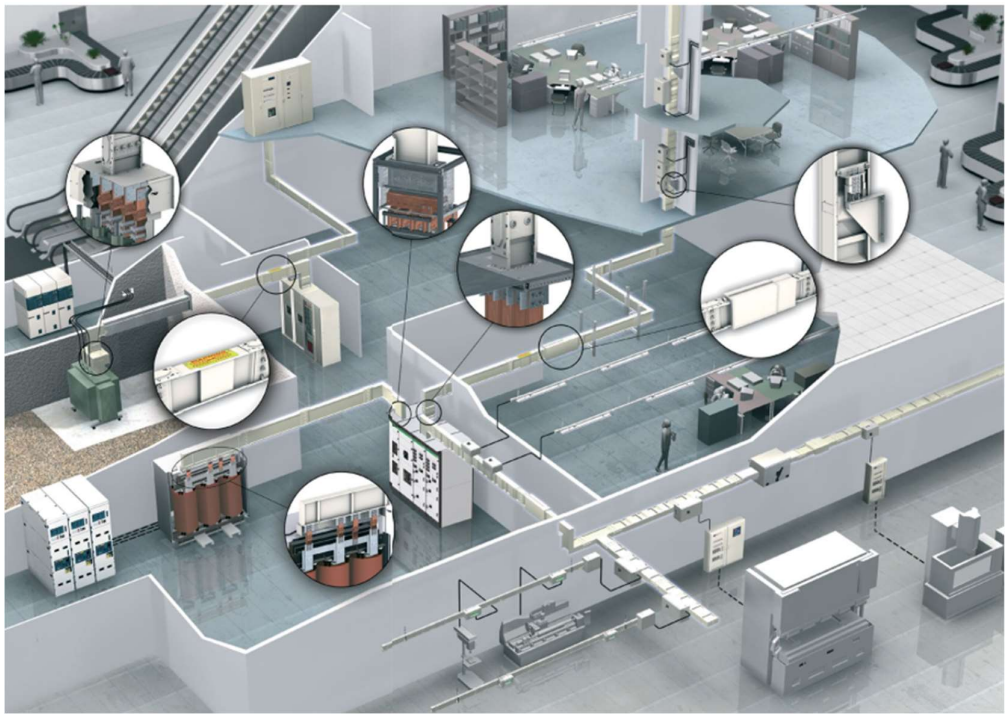
1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A fejezetben egy rövid cégbemutatást követően – amely segít megalapozni a továbbiakat-, megfogalmazom a célkitűzésemet.

1.1 Cégbemutatás

A digitális automatizálásra és energiamenedzsmentre specializálódott francia székhelyű Schneider Electric multinacionális nagyvállalat gyöngyösi gyárában dolgozom, ahol tokozott áramsínrendszerek gyártásával foglalkozunk 800 amper [A] és 6300 A közötti méretekben, a teljes európai piacra szánt mennyiség gyártása nálunk történik. Ezen áramsínrendszerek végzik az elektromos energia továbbítását, valamint elosztását nagyobb irodákban, internet adat központokban, hotelekben és éttermekben, kórházakban, bevásárlóközpontokban, különböző ipari létesítményekben, reptereken, óceánjáró hajókon, illetve metró vonalakon; összekötve a transzformátorokat a kapcsolószekrényekkel, majd a technológiai betáplálási pontokkal, ezek az 1.1 és 1.2 ábrákon megfigyelhetőek.

1.1 ábra: Tokozott áramsínrendszer [Canalis KTC 1000 to 6300 A catalogue, 2023]



Restricted

1.2 ábra: Tokozott áramsínrendszer: Transzformátor – kapcsolószekrény – technológiai leágazás kapcsolat [Canalis KTC 1000 to 6300 A Catalogue, 2023]

1.2 Célkitűzés

Szakdolgozatomban célul tűztem ki, hogy egy az üzemünkben 2022 végén telepített, jelenleg teljesen manuálisan operátor által üzemeltetett sajtoló munkaállomás automatizálására tegyek javaslatot. Az itt gyártott alkatrészeket korábban előszerelt formában szereztük be külső beszállítótól – kivágva, hajlítva, kötőelemekkel sajtolva és összeszerelve -, amit teljes mértékben belső gyártásra állítottunk át kihasználva a meglévő stancoló és élhajító gépeink szabad kapacitását, kiegészítve egy új kötőelem sajtoló gép beszerzésével, illetve a gyors és precíz összeszerelést biztosító sablon tervezésével és legyártásával.

Dolgozatomban a sajtoló munkaállomás automatizálására teszek megoldási javaslatot, ezzel csökkentve az alacsony komplexitású, nagy gyakorisággal ismétlődő, relatíve alacsony befektetés mellett csökkenthető humán munkaerőigényt. A fejlesztésnek köszönhetően a dolgozók az összetett, nagy rugalmasságot, gondolkodást igénylő feladatokra allokálhatóak, ráadásul javítjuk a területen az ergonómiát a nagy frekvenciával ismétlődő kis mozgásigényű feladatok automatizálásával, továbbá a dolgozónak nem lesz szükséges a sajtológép közvetlen közelében, azt működtetve munkát végeznie, ami a gép fejlett védelmi rendszereinek ellenére sem elhanyagolható veszélyforrás.

Restricted

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

2. SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉS

2.1 Kobotok története

Az együttműködő, azaz kollaboratív robotok – „kobotok” – az emberi munkaerővel való közvetlen interakcióra szolgálnak, a megosztott hasznos terhet kezelve. Jelentősen eltérnek az autonóm ipari robotoktól, amelyeket biztonsági okokból el kell szigetelni az emberektől. A kobotok úgy lépnek kapcsolatba az emberekkel, hogy egy szoftver által definiált „virtuális felületet” hoznak létre, ez által képesek korlátozni és irányítani a megosztott hasznos teher mozgását, de kevés vagy semmilyen energiát nem adnak hozzá. Az első kobotokhoz képest jelentősen változott a megjelenésük, ahogy az egyik prototípus képén, a 2.1.1 ábrán látható. Ergonómiai és termelékenységi előnyök származnak abból, ha a kobot erejét és számítógépes interfészét ötvözik az ember érzékelésével és ügyességével [M. Peshkin, J. E. Colgate 1999].

2.1.1 ábra: „Tricikli” kobot prototípus [M. Peshkin, J. E. Colgate, 1999]

Erő és nyomatékmérés fejlesztésének köszönhetően a csiszolórobot kisebb sorja esetén időt takarított meg, nagy sorja esetén pedig nagyobb pontosság biztosítása vált lehetségessé [G. Hirzinger 1983]. A 80-as évek elején a szenzoros visszacsatolás még jelentős kihívás volt a robotikában a korlátozott feldolgozási sebességek miatt. Később az eszközök és a módszerek fejlődésével ennek megoldása a kobot ütközésérzékelésének az alapja lett.

Az első kobotok még egy forgásponttal rendelkeztek, ma már ezek jellemzően hat esetleg hét szabadságfokúak, ennek köszönhetően jóval nagyobb rugalmassággal tudják

Restricted

végrehajtani a nekik szánt feladatot, komplexebb munkafolyamatok ellátására alkalmasak [M. Peshkin, J. E. Colgate 1999].

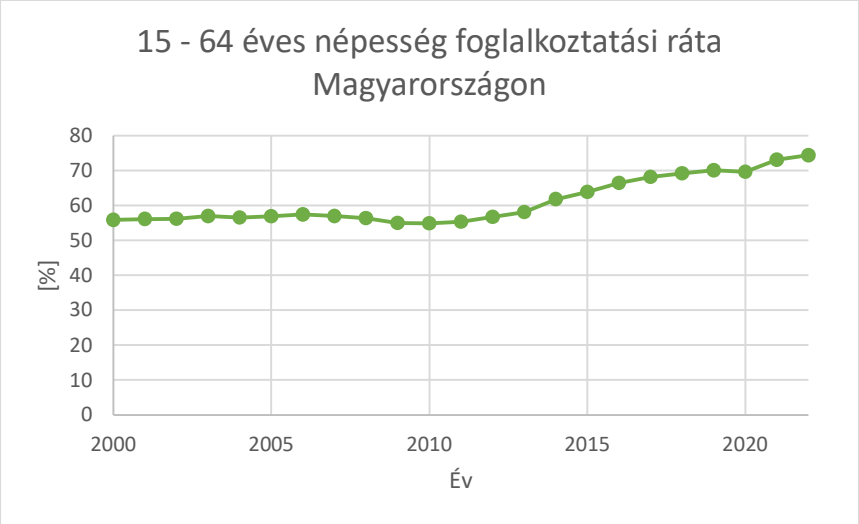
2.2 **Munkaerőpiaci vonatkozás**

A robotok átvehetik a nehéz fizikai terheléssel járó, illetve a nagy precizitást megkövetelő feladatokat, míg a flexibilitást igénylő munkát továbbra is emberi munkaerő segítségével végezhetőek. [Kohler P. 2004].

A mesterséges intelligencia és a robotizáció miatt egyes, jelenleg munkaerőhiánnyal terhelt területek munkaerő feleslegbe fordulnak át, ezzel párhuzamosan több más munkahely keletkezik az iparban és a mezőgazdaságban egyaránt. A robotizáció és a mesterséges intelligencia a szakértők szerint nagy mértékben növelheti a hozzáadott értéket. A kis- és középvállalkozások jellemzően nagy mértékben lemaradást mutatnak a nagyobb vállatoktól a robotok bevezetésének kapcsán [J.Poór et. Al.2023].

Az automatizálás, illetve a kobotok használata válasz lehet az adott földrajzi területen a magas munkavállalói bérigényekre, valamint a munkaerőhiányra. A magas foglalkoztatottsági ráta következményeként, Magyarországon jellemzően utóbbi a gyakoribb hajtóerő. A KSH foglalkoztatási adatok bemutató 2.2.1 ábrán is látható, hogy folyamatosan növekvő tendenciát mutat a foglalkoztatás aránya, mely a 2022-ben már elérte 74,4%-ot, melynek következtében a munkáltatóknak egyre nagyobb kihívást jelent megfelelő munkaerőt találni hazánkban.

2.2.1 ábra: Foglalkoztatási ráta Magyarországon *(Forrás: saját ábra KSH adatok alapján)*



Restricted

Az automatizáltság szintjének növelésével egyrészt kevesebb képzetlen munkaerő szükséges, másrészt viszont növekszik az igény a képzett munkaerőre, mint, karbantartó, illetve mérnök a bonyolultabb berendezések tervezése, fejlesztése, illetve üzemeltetése érdekében [Gurály R. 2023].

2.3 **Munkabiztonság**

A hagyományos ipari robotokkal szemben - amelyek kerítéssel védett cellákban, embertől elzárt területen működhetnek - a kobotok alkalmasak az ember közelében, sőt akár velük direkt fizikai kontaktot létesítve is munkát végezni. Mindenekelőtt a dolgozó biztonságának garantálása a legfontosabb, de mellette a hatékonyság is rendkívül kiemelkedő szempont [Kildal J. et al 2018].

A kollaboratív robotok technikai specifikációját tartalmazó ISO/TS 15066 előszabvány és a felülvizsgálatra szoruló ISO 10218-1 robotokról és ISO 10218-2 robotrendszerekről és azok integrációjáról szóló szabványok alapján Szabó (2017) az ember-robot kollaboráció következő négy szintjét definiálta:

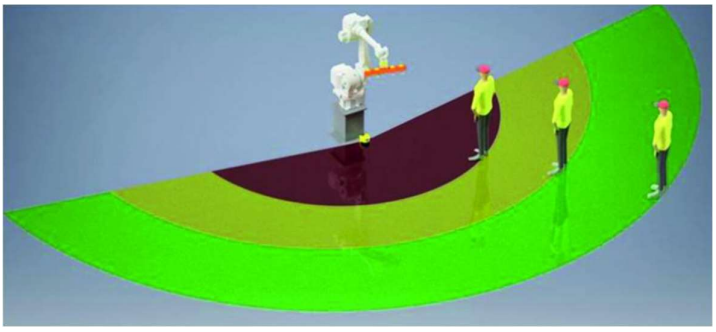
- 1. *Biztonsági besorolású, felügyelt leállás:* hagyományos ipari robotokkal is megvalósítható és a hozzájuk szükséges biztonsági fizikai kerítés továbbra is elengedhetetlen. A közös munkavégzés lényege, hogy a robot megállításra kerül, amikor operátor lép az együttműködő munkatérbe, majd miután elvégezte a feladatát a munkadarabon elhagyja a munkateret és folytatódhat a robot mozgása.
- 2. *Kézi vezetés:* a betanítás felgyorsítása céljából érzékelőkkel látják el a hagyományos ipari robotokat, melyek érzékelik, hogy milyen irányban fejtenek ki rájuk erőt és rá is segítenek a mozgatásra, így könnyedén betaníthatóak a mozgási útvonalak, végpontok. A módszer a 2.3.1 ábrán látható. Ez a funkció kizárólag a programozás alatt használható, a gyártás során a dolgozó fizikai védőkerítéssel van elszeparálva a robottól.

Restricted

2.3.1 ábra: kézi vezetéses programozás [Szabó, 2017]

- 3. *Koegzisztens rendszer:* Itt már nem kell elhatárolni fizikai kerítéssel az embert és a robotot, elegendő egy biztonsági lézerszkenner segítségével monitorozni az operátor pozícióját és a távolság függvényében az előre meghatározottak szerint lassul a robot mozgása. Az ember közvetlen közelébe érve pedig meg is áll, majd újra távolodva elindul, illetve gyorsul a mozgása ahogy az operátor elhagyja az adott biztonsági zóna területét. Ehhez rendkívül fontos a kockázatértékelés elvégzése és a helyes biztonsági zónák meghatározása. A zónákra példa a 2.3.2 ábrán figyelhető meg.

2.3.2 ábra: három eltérő biztonsági zóna a robot körül a távolság függvényében [Szabó, 2017]



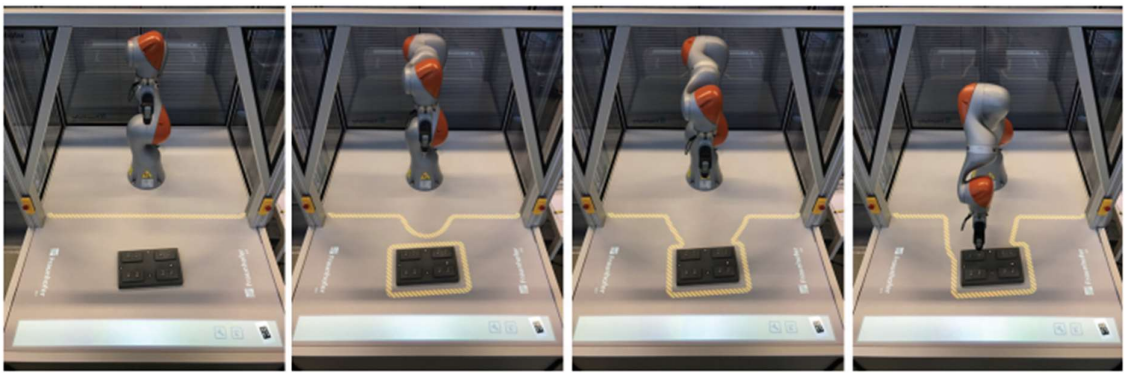
- 4. *Teljesítmény és erő korlátozás:* Ezen a szinten már ténylegesen megvalósul az együttműködés robot és ember között azonos térben és időben, ennek feltétele, hogy speciális kialakítású robotokkal, azaz kobotokkal használható kizárólag. Ennek érdekében a sarkokat, éleket lekerekítik, esetleg párnázással látják el a kritikus részeket, minimalizálják a mozgó tömeget, limitálják az erőket, nyomatékokat és sebességeket, érzékelőkkel előzik meg, vagy detektálják az érintkezést.

Restricted

A munkavállók biztonságának garantálása érdekében alapvetően az alábbi három stratégiát lehet alkalmazni:

1. A kifejtett erő és teljesítmény korlátozásával csak ellenőrzött körülmények közötti ütközés lehetséges, így a fellépő erők jól meghatározott értékek alatt maradnak. Ebben az esetben kritikus lehet a megfogó, illetve a megfogott munkadarab alakja, formája, tömege, mivel szúrós, éles élek esetén jelentős szúrási, vágási kockázatot jelenthetnek az esetleges ütközés során. A kobottal alkalmazott megfogónak is éles élektől mentesnek, nagy lekerekítésekkel kell rendelkeznie, valamint jól behatárolt szorítóerővel [Vogela C. et al 2017].
2. Aktív biztonsági rendszer esetén a közelgő ütközések időben felismerjük, a művelet pedig ellenőrzött körülmények között leállítjuk, vagy a kobot megfelelő mértékben lelassítjuk. Erre használhatóak közelségérzékelő, nyomás érzékeny, ultrahangos vagy kapacitív szenzorok, kamera rendszerek, erőmérők vagy érintkezés érzékelő szenzorok. Ezek mellett azonban további biztonsági rendszerek szükségesek a munkadarabok, szerszámok felügyeletére, és kis vagy legfeljebb közepes méretű robotoknál alkalmazhatóak [Vogela C. et al 2017]. Példa egy fúrási művelet során a szerszámok felügyeletére a 2.3.3 ábrán, ahol dinamikusan az aktuális kobot pozíció és művelet függvényében változik a biztonsági zóna alakja és kiterjedése.

2.3.3 ábra: Biztonsági zóna változása a kobot aktuális pozíciójának függvényében [Vogela C. et al 2017]



3. Adaptív biztonsági rendszer: ez e leginkább kifinomult rendszer, nem állítja meg a műveletet, hanem beavatkozik, hogy elkerülje az ütközést a dolgozóval [Michalos G. 2015].

Restricted

Rendkívül fontos az ergonómia, élettani, lélektani, jogi, illetve munkavédelmi szempontok figyelembevétele abban az esetben, ha robot és ember közösen végez munkát egyazon munkaállomáson, különben megnövekedhet elsősorban a mozgásszervi betegségek gyakorisága a munkavállalók körében, ezért érdemes már a tervezés szakaszában ezekre komoly hangsúlyt fektetni, bevonni az érintett dolgozókat, illetve az adott területek szakembereinek tudását igénybe venni [P. Kohler 2004].

Amennyiben a gépkezelők nem vélik biztonságosnak a közös munkát a kobottal, az nagy mértékben rontja az elfogadási arányt, szélsőséges esetben akár a kobotok nem rendeltetésszerű használatból eredő gyakori meghibásodásával is járhat nem teljesen alaptalanul megkérdőjelezve a szándékosság lehetőségét. Emiatt a kobotok gyártóinak és az integrátoroknak kiemelt figyelmet kell fordítaniuk arra, hogy az operátorok komfortosan érezzék magukat és élvezzék a munkát a kobotokkal.

Az együttműködő robotokat igen gyakran eredendően biztonságosnak titulálják, elsősorban az együttműködő robot rendszerek alapvetően biztonságos tervezése miatt, ahol szándékosan, avagy előre nem tervezetten érintkezésbe kerülhet az ember és a kobot. Ebben az esetben a vezérlőrendszer úgy kerül megtervezésre, hogy a biztonságos együttműködés érdekében a robot teljesítménye és forgáspontok nyomatéka bizonyos határértéket nem léphet túl, illetve minimalizálják az ütközéseket. Azonban nem létezik tökéletesen biztonságos kialakítás, mivel a teljes alkalmazásra tekintve kell vizsgálni a biztonság kérdését. Ebbe beletartozik a megfogó, a mozgatott teher, illetve a munkaállomás közvetlen környezete is, mivel hiába korlátozott a robot teljesítménye, ha éles, szúrásra alkalmas alkatrészt mozgatunk vele, vagy a dolgozót nekilökheti, nyomhatja például éles sarkokkal rendelkező sori tárolónak, akkor a sérülés kockázata fennáll. Egy voltaképpen biztonságosra tervezett kobot nem garantálja, hogy a gépkezelőket fenyegető testi és mentális egészségre ártalmas kockázatok nullára csökkentettük. Ráadásul a tévesen eredendően biztonságosnak nevezett rendszer képe az téves biztonságérzetet kelthet, ezzel növelve a balesetek lehetőségének kockázatát, például a mindennapi életben a kijelölt gyalogosátkelőhelyeken történő gyalogosgázolásokhoz hasonlóan [Berx N. et al 2022].

Restricted

Egy másik nézőpont szerint viszont a kobotokra vonatkozó biztonsági szabályozások túlontúl óvatosak, rendkívül konzervatív módon behatárolják a kobot által kifejthető erőket [Berx N. et al 2022].

A szigorú biztonsági korlátok miatt azonban a kobotok sebessége, terhelhetősége negatívan hathat a termelékenységükre, a bizonyos esetekben túlzottan óvatos biztonsági szabályozásoknak köszönhetően [Brescia A. et al 2021].

Egy robot közvetlen jelenléte, illetve közvetlen interakciója a gépkezelővel új aggodalmakra ad okot a biztonság területén [Faccio M. et al. 2019].

A kobotok egy komplex rendszer részei, ennélfogva igen sokrétű ipari célra alkalmazhatóak. A kobot-rendszer részei a több darabból álló hardver rendszer, amely tartalmazza a kiegészítőket, mint például a megfogók, látó szenzorok különböző szoftver alkalmazásokhoz csatlakoztatva, melyek adatokat táplálnak be különböző adatforrásokból. Kötelező a kockázatértékelés elvégzése a kobotos alkalmazásokhoz. Az ISO15066 és ISO10218 szabványok javaslatokat tartalmaznak a lehetséges kockázati források feltárására, de ezen standardizált veszély-ellenőrző listák nem teljesek, gyakran nem vesznek figyelembe további kockázati tényezőket [Chemweno P. et al. 2020].

2.4 **Megtérülés**

A termék volumene és a termék variációk mennyisége általában a leggyakrabban vizsgált tényezők annak meghatározására, hogy érdemes lehet-e vagy sem automatizálni az adott gyártást. További fontos szempont lehet a fejlesztés megtérülés ideje (Return of Investment - ROI), illetve gyártás felfutásának ideje.

Jellemző stratégia az iparban, hogy a nagy volumenű, alacsony termékvariációjú gyártásokat automatizálják, de a versenyképesség megtartása érdekében fontos lehet a közepes- és kis mennyiségű termékek automatizált előállítása is.

A 1990-es évek végén jellemzőek voltak a nagy statikus robotcellák, manapság a költség és rugalmasság terén támasztott elvárások miatt inkább a kis és rugalmas kobotos megoldásokat preferálják sok esetben [Å. Fast-Berglunda et al 2016].

Restricted

Kobotok használatával magasabb gyártási hatékonyság érhető el, figyelembe véve és kombinálva a gépek és az emberek erősségeit, mellette kompenzálva azok gyengeségeit [Müller M. et al. 2023].

Olyan LEAN gyártási környezetben, mint például az U-cella, prioritás a rugalmasság. Robotok alkalmazásával nehezebbé válhat a continous improvement -folyamatos fejlesztés - fenntartása, hosszabb lehet az átállási idő, nagyobb a helyigény, illetve munkabiztonsági kockázatot jelenthet az U-cellában dolgozókra. Ezzel szemben a kobotok az imént felsorolt hátrányokat maguk mögött hagyhatják a pozitívumok jelentős részének megtartása mellett [F. Gil-Vildaa et al 2017].

Az automatizált munkaállomások jellemzően jelentősen nagyobb beruházást igényelnek, mint a hagyományos manuális állomások a költséges eszközök és a beállítás, illetve a magasan kvalifikált karbantartó igény miatt. Ezért cserébe közel állandó a teljesítményük és a gyártott minőség. Ezzel szemben a teljesen manuális munkaállomások teljesítménye függ a dolgozó betanultságától, az emberi hibáktól és a fáradtság, illetve koncentráció mértékétől, motivációs szintjétől [Cohen Y. et al 2019].

Rendezetlen alkatrészeket hagyományosan rezgő adagoló segítségével juttatnak megfelelő helyre és pozícióba a további munkafolyamatokhoz. A tálas adagolók alkatrész specifikusak, azaz egyszerre egy adott típusú alkatrészt tudnak kezelni, emiatt annyi rezgőadagolóra van szükségünk ahány féle alkatrészünk van a szerelési folyamatban. Azaz nem alkalmasak arra, hogy rugalmasan kezeljük a különböző típusú gyártásokat, nagy a helyszükségletük, továbbá zajosak is.

Látás alapú adagolórendszerek esetén egy vagy több 2D, vagy 3D kamera segítségével kerül meghatározásra az alkatrész orientáció, melynek használatával a rezgőtáras adagolókhoz viszonyítva kis mértében nagyobb lehet a ciklusidő, ellenben a beruházási költség különbsége, illetve a rendszer rugalmassága a későbbi alapanyag adagolás változtatással járó fejlesztések során a legtöbb esetben kompenzálhatja a lassúságából eredő hátrányát. [Malik A. A. et al 2019]

2.5 **Elfogadás**

Mivel kobot-ember partnerségben a személy van a központban, így lényeges, hogy a munkás elfogadja a helyzetet elégedett legyen vele. A kobot lehetőséget ad az ergonómiai

Restricted

szempontból kritikus, fizikailag megterhelő, avagy nagy gyakorisággal ismétlődő feladatok átadására a kobotnak, megfelelően integrálva a kobotot elősegíti, hogy a dolgozó elismerje a kobot pozitív hatását [Kildal J. et al 2018].

A tapasztalat azt mutatja, hogy a kobotokat jobban elfogadják a dolgozók, ha már bevonásra kerülnek a projekt kivitelezésének kezdeti szakaszában, mivel így nagyobb a bizalom irányukba, mivel kevésbé érzik felülről érkező nyomásnak a változást, könnyebben alkalmazkodnak a modernizációhoz [Bauer W et al 2016].

2.6 **Digital twin**

Digital twin, azaz digitális iker eredeti koncepciója a NASA-tól származik, ugyanis az Apollo program során két darab, teljesen azonos űrjárművet építették meg. Az egyik lent maradt a Földön, míg a másik fellövésre került az űrbe. Ennek köszönhetően a földi szakértők pontosan tudták szimulálni repülési körülményeket és segítséget nyújtani az asztronautáknak [Malik A. A., Bilberg A. 2018]. Ugyanezzel a módszerrel lehetséges szimulálni a kobot környezetét, mozgáspályáját. A teljes program lefuttatható a digitális térben anélkül, jelentős anyagi és időbeni ráfordítással minden kiépülne, ezzel felgyorsítva és költséghatékonnyá téve a folyamatot.

2.7 **Jövőkép**

Napjaink Ipar 4.0 környezetében a digitalizáció fejlesztése mindenhol hangsúlyos, a digitális technológiák a gyártás legfontosabb előre mozdítójaként jelennek meg. A kobot ezen digitális technológiák egyike, és fontos serkentője az ipari innovációnak és növekedésnek. A különböző kutatások arra a megállapításra jutottak, hogy kobotok adoptálása során a következő adoptálási tényezőket lehet megkülönböztetni:

- munkavédelmi kérdések,
- kompetencia hiánya,
- jogszabályok,
- oktatás,
- emberi képességeknek való megfelelés hiánya,
- ergonómia,

Restricted

- humán erőforrás menedzsment,
- költségek,
- szabályozások, tanúsítványok,
- standardizáció, illetve mérnöki eszközök hiánya,

azaz ezen tényezők fókuszba helyezésével biztosítható a töretlen ipari fejlődés [N. Berx et al 2022].

Az ipari forradalmak fő célja az emberi munka elválasztása a gépek, avagy robotok által végzett munkától. Célszerű azon munkákat a gépekre, robotokra terhelni, melyeket az emberek nehéznek, unalmasnak, vagy veszélyesnek tartanak. Jelenleg vitatott, hogy az ötödik ipari forradalom mi köré fog épülni, de abban a legtöbben egyetértenek, hogy az ember-robot együttműködése része lesz az elmúlt évek robotika és mesterséges intelligencia kutatási eredményei alapján [Ikumapayi O. M. et al 2023].

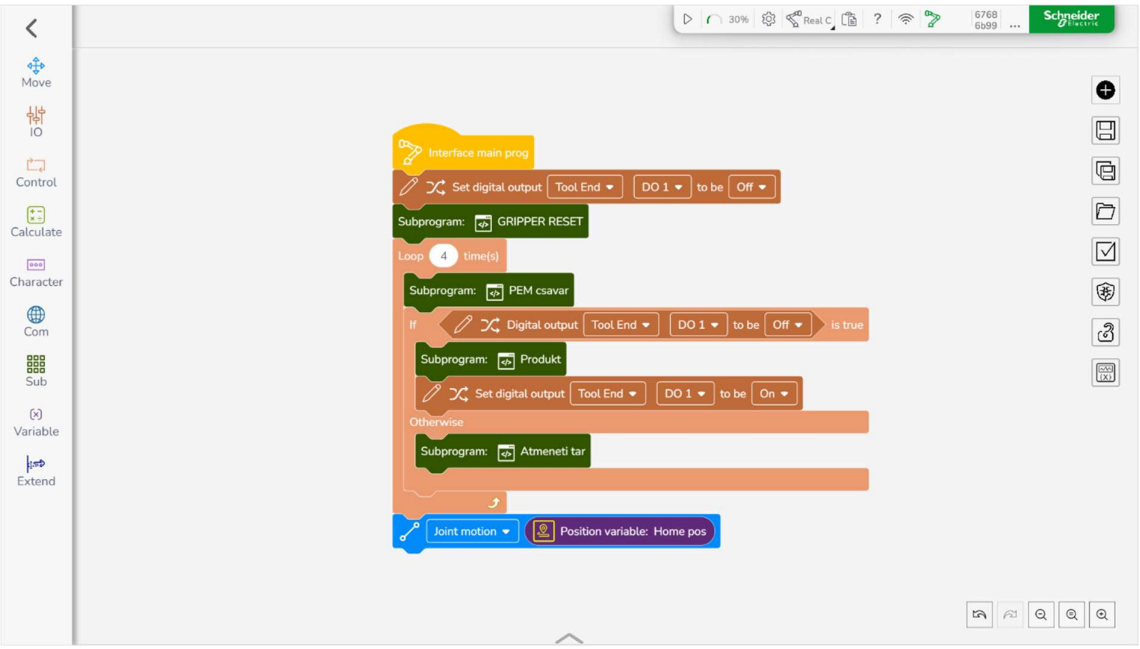
2.8 **Robotok programozása**

Az ipari környezetben egyik leggyakrabban használt módszer a betanító programozás (Teach-In), melynek során a robotra felszerelt megfogót a robot csuklópontjainak mozgatásával végig vezetjük a tervezett pályán. A csuklópont-koordináták mellett az idő és sebességadatok is tárolhatóak, illetve korrigálhatóak, ezzel például egy hegesztés során biztosítandó megfelelő sebességű pálya-betanítást a szükséges tapasztalattal és szaktudással néhány perc alatt el lehet végezni a rendkívül hosszadalmas programozás helyett. A betanító programozás során a programozó pontosan látja a szükséges mozgásokat, ezzel megelőzhetőek például az esetleges ütközések, szingularitási pontok használata. További előny a metódusnak, hogy rendkívül könnyen tanulható az alkalmazása [Kulcsár B., 2012].

Továbbá gyakran használt metódus még kobotok programozására a vizuális Blockly nyelv, ahol egy eszköztárból lehet behúzni a szükséges előre definiált blokk típusokat a programozási munkatérbe, itt könnyedén lehet módosítani a sorrendjüket, beállításaikat. Továbbá van lehetőség teljesen új blokkokat is létrehozni, ha a meglévő eszköztárban nem áll rendelkezésre a számunkra megfelelő. A 2.8.1 ábrán látható egy Blockly program felépítése egy példa programmal.

Restricted

2.8.1 ábra: példa Blockly programra (saját program)



Amennyiben szükséges az alprogramokon belül script-ek létrehozása is lehetséges összetettebb feladatok megoldására, ami a 2.8.2 ábrán is megfigyelhető.

2.8.2 ábra: Script példa Blockly programhoz (Schneider Electric Lexium Cobot Script Manual, 2023)

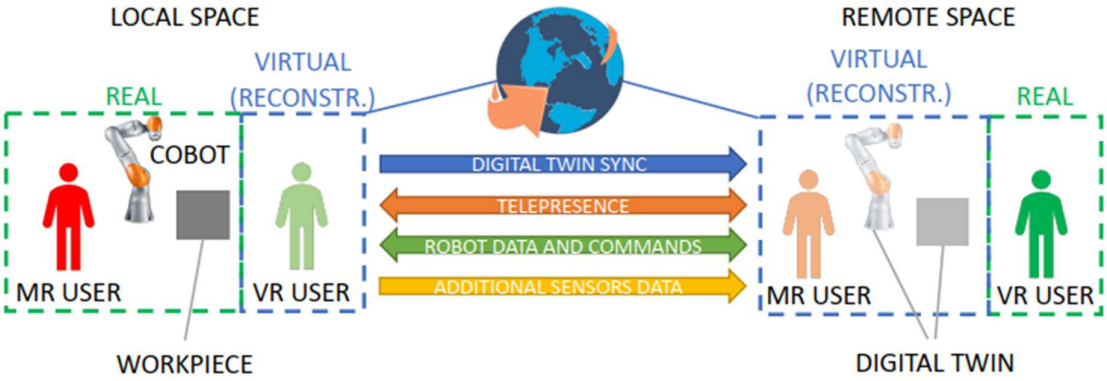
```
i = 0
while(i <= 4):
   endPosJ1 =[0,90,90,90,-90,0]
   movj(endPosJ1,0,10,600,0)
   endPosJ2 =[90,90,90,90,-90,0]
   movj(endPosJ2,0,10,600,0)
   i = (i+1)
end
```

Elérhetőek már hang alapú programozási megoldások is a piacon, ezek már alkalmasak rá, hogy 5-10 hang alapú utasítás használatával hozzuk létre a teljes program struktúrát, méghozzá a hagyományos manuális módszerhez viszonyítva akár 46%-kal gyorsabban [Ionescu T.B, Schlund S. 2021].

Restricted

A 6G technológia elterjedésével pedig a Digital Twin és az eXtendedReality kombinációjával olyan virtuális valóság alapú fejlesztői környezet hozható létre, amelyben két vagy több távoli felhasználó együttműködve alkothatják meg a programot, anélkül, hogy a személyes jelenlét hiánya bármilyen szinten korlátozná őket a feladat megértésében.A gyors, pontos és biztonságos végrehajtásában, ezáltal a távolság többé már nem jelent akadályt [Calandra et al 2022]. A rendszer egy lehetséges felépítése a 2.8.3 ábrán jelenik meg.

2.8.3 ábra: A valóság és a virtuális valóság kapcsolata távoli felhasználók esetén [Calandra et al 2022]



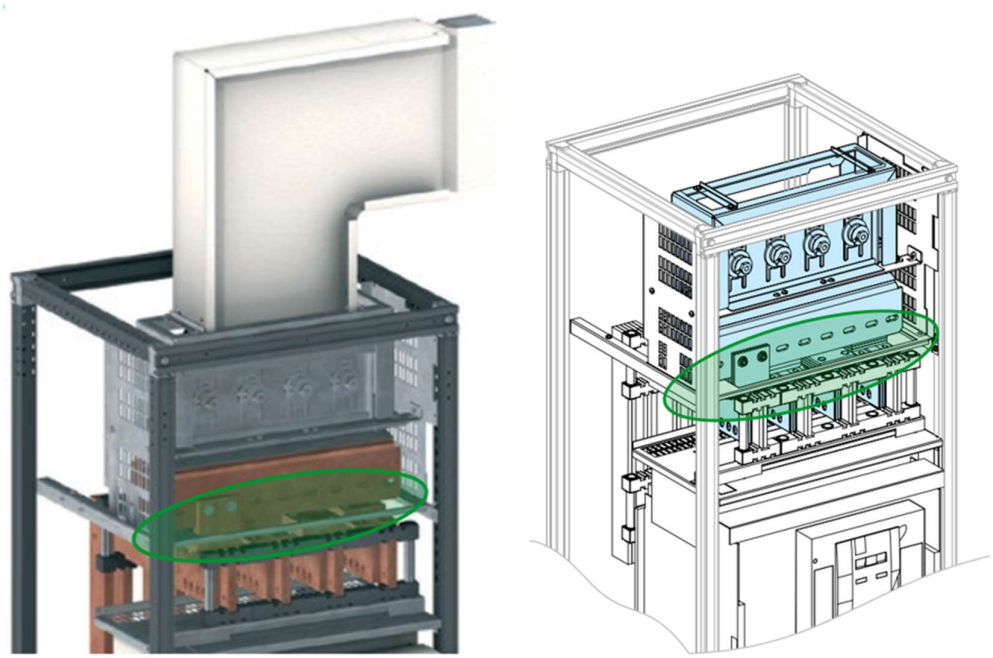
Restricted

3. SAJTOLÓÁLLOMÁS AUTOMATIZÁLÁSA

3.1 Munkadarab bemutatás, jelenlegi problémák felmérése

Az állomáson gyártott előgyártmányok az úgynevezett Canalis csatlakozó blokk elemek részegységei, melyek az általunk gyártott tokozott áramsínrendszerek Prisma, illetve Okken típusú elosztószekrénybe történő bekötését hivatottak biztosítani a kisfeszültségű, kompakt kivitelű 630 A és 1600 A közötti áramerősségekre tervezett Masterpact MTZ1 és NT, illetve a nagy teljesítményű 800 A-tól 6300 A-ig terjedő Masterpact MTZ2 és NW típusú fémházas légmegszakító szakaszolókapcsolókra, képük a 3.1.1 ábrán látható.

3.1.1 ábra: MTZ2/NW 40 légmegszakító felső direkt bekötés [Canalis KTC 1000 to 6300 A catalogue, 2023]



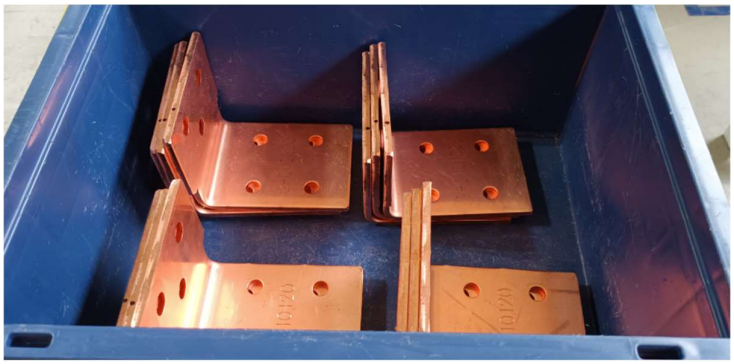
A speciálisan elektromos csatlakozóelemekhez használt, nagy tisztaságú 6 mm vastag vörösréz táblából kivágott és referencia megjelölő gravírozással ellátott alkatrészek először manuális sorjázáson esnek át, majd élhajlítógépen 90°-os hajlítással látják el őket, az így készülő „L” alakú alkatrészek az úgynevezett konnektor elemek. Maga a kötőelemek besajtolása egy másik gyártósoron történik jelenleg teljesen manuálisan egy Haeger 618MSP-5e típusú sajtológéppel, 3.1.2 ábra.

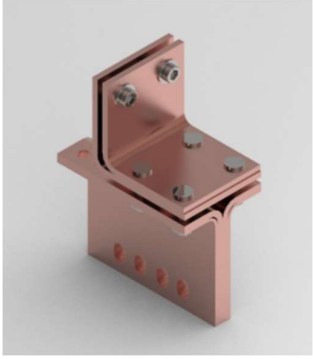
Restricted

3.1.2 ábra: Haeger 618MSP-5e sajtológép

A több különböző konnektor elem összecsavarozásával - felhasználva a beléjük sajtolt anya és csap kötőelemeket -, megfelelő nyomatékra húzásával készül el a conversion kit, azaz átalakító készlet, melyek segítségével az igényeknek megfelelően flexibilisen kiépíthető a szükséges fázissorrendű és teljesítményű összeköttetés a megszakító csatlakozóival, lásd 3.1.3 ábra.

3.1.3 ábra: konnektor elemek (bal oldalt) és átalakító készlet (jobb oldalt)

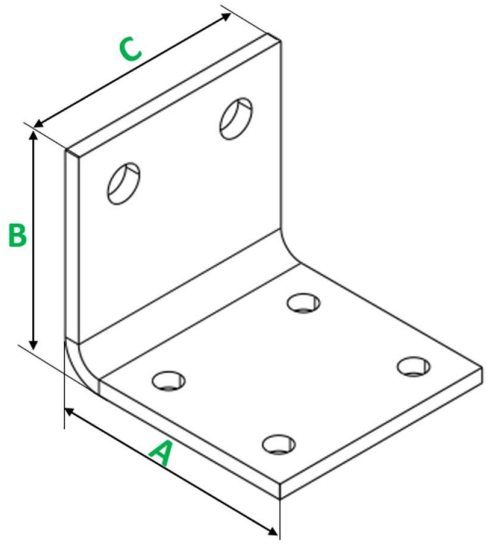




A sajtolás automatizálásával csökkenthetjük az operátor által végzett alacsony komplexitású, nagy ismétlésszámú munkafolyamatokra töltött időt, ezáltal a nagyobb komplexitású feladatokra lehet fókuszálni. A konnektor elemek kialakítását, fő méreteit a 3.1.4 ábra és a hozzá tartozó 3.1.1 táblázat szemlélteti.

Restricted

3.1.4 ábra: konnektor elemek fő méretei



3.1.1 tábálázat: Konnektor elemek fő méretei a 3.1.4 ábrának megfelelően

Referencia	A [mm]	B [mm]	C [mm]	Anyagvas-tagság [mm]	Tömeg [g]
1	95.5	87	90	6	776
2	108.5	93	90	6	870
3	114.5	99	90	6	928
4	95.5	87	80	6	928
5	108.5	93	80	6	771
6	110.5	97	110	6	961
7	123.5	103	110	6	1012
8	129.5	109	110	6	1052

A sajtológép fejlett becsípődés szembeni védelme ellenére is, amely egyrészt detektálja a sajtolandó anyag vezetőképességét, ezáltal puszta kézre nem történhet sajtolás (gyűrű, óra, egyéb ékszer - melyek viselése természetesen tilos a gép kezelőjének-, kijátszhatja ezt a védelmet); másrészt pedig a kis nyomású érintő vétel célú szerszámfelek összejáratása során ellenőrzi a sajtolandó alkatrész méretét is, a sérülés kockázata alacsony, de csak a dolgozó elszeparálásával csökkenthető nullára.

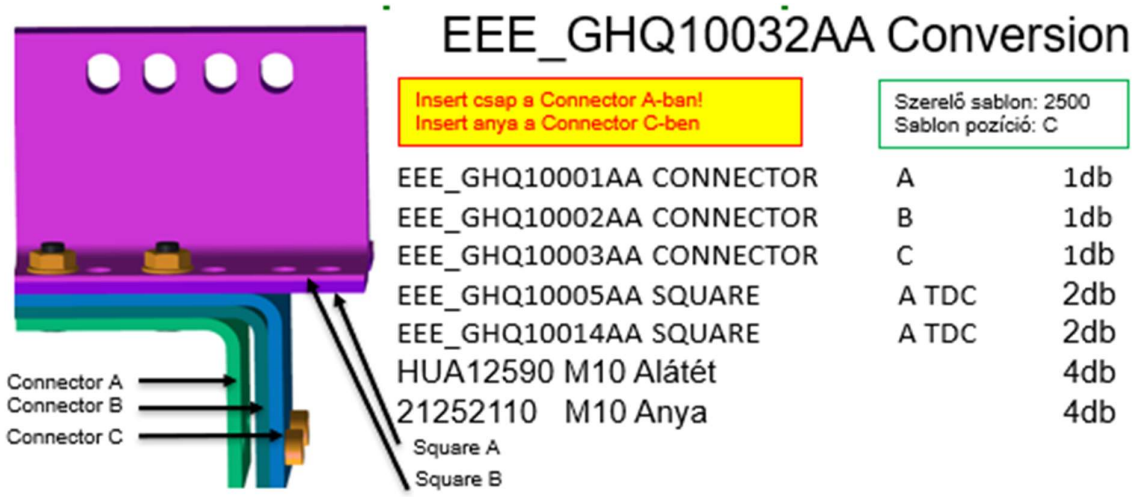
Restricted

Jelenleg a sajtolás során 100 db sajtolásból 4 db nem megfelelő, aminek az oka, hogy a dolgozó nem tökéletesen merőlegesen tartja a konnektor alkatrészt a sajtolás vonalára. Ezek a hibák teljes mértékben megelőzhetőek megfelelően kialakított automatizált rendszer használatával.

3.2 Munkafolyamat leírása

A jelenlegi folyamat szerint az operátor megkapja a papír alapú gyártási utasítást, mely részletesen tartalmazza, hogy pontosan melyik átalakító készletet kell legyártania, és ehhez melyik konnektor elemből mennyire lesz szüksége és milyen típusú, összesen hány darab kötőelemet kell besajtoljon. A sajtolandó kötőelemek pozíciójáról, illetve az összeszerelés sorrendjéről, pontos folyamatáról pedig a munkaállomáson kihelyezett *Munka lebontás* dokumentáció ad iránymutatást, melynek részlete a 3.2.1 ábrán jelenik meg. Ez alapján a dolgozó pontosan látja, hogy az adott konnektor elembe kell-e, illetve, ha kell melyik oldalról, hány darab anyát és/vagy csapot kell besajtolni, továbbá a sajtolt alkatrészeket melyik szerelősablonban és milyen sorrendben kell szerelni.

3.2.1 ábra: Munka lebontás (Schneider Electric Interface – Job breakdown sheet részlet)



Restricted

3.3 Követelmények megfogalmazása

A cél az, hogy optimalizáljuk a beruházást mértékét, azaz lehetőség szerint a legkisebb invesztálás mellett érjük a maximális megtérülést, melyet az alábbi három fő tényező vizsgálatával közelítek meg:

- Munkabiztonság
- Gyártási minőség
- Gyártási idő

3.3.1 Munkabiztonság

Első, és legfontosabb szempont, hogy a fejlesztett munkaállomás feleljen meg a vonatkozó szabványokban megadott szabályozásoknak. Továbbá a cég által megkövetelt, jellemzően szigorúbb előírásoknak, illetve csökkentse az általános kockázati szintet a munkaállomáson, feleljen meg a jelenleg hatályban lévő ISO 10218-2:2011 robotrendszerek integrációjának követelményeit munkavédelmi szempontból meghatározó szabványnak. A munkaállomás teljes körű, részletes munkabiztonsági tervezése és kialakítása nem képezi részét ezen dolgozatnak, továbblépési lehetőségként van definiálva.

3.3.2 Gyártási minőség

A jelenlegi manuális sajtolás során fellépő gyártásközi selejtek keletkezésének oka a nem megfelelő pozícióba helyezésből ered, vagyis egy jól megtervezett és kivitelezett automatizált rendszer ezt jelentős mértékben csökkenthető, ideális esetben teljesen megszüntetheti. A cél, hogy a pozícionálási eredetű selejtek száma a jelenlegi 40 000 ppm-ről zérusra csökkenjen, úgy, hogy mellette nem jelenik meg új, a fejlesztésből adódó selejt keletkezési ok.

3.3.3 Gyártási idő

Jelenleg a tárgyalt összeszerelő gyártósoron évente 2400 db Canalis csatlakozó blokk elemet gyártunk, melynek ciklusidejei a 3.3.3.1 táblázatban láthatóak.

Restricted

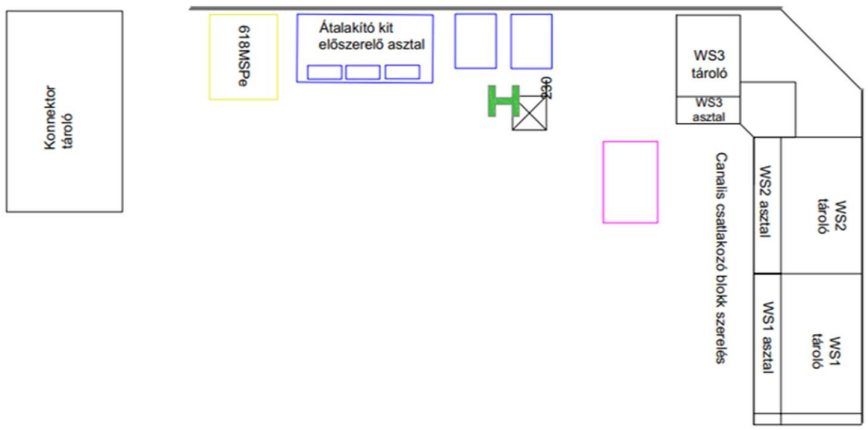
3.3.3.1 tábálázat: Canalis csatlakozó blokk szerelés ciklusidők
(Forrás: saját munka)

Munkafolyamat	Átlagos idő [perc]	Maximális idő [perc]
Sajtolás	11	11.3
Átalakító kit előszerelés	9.2	10.9
Canalis csatlakozó blokk szerelés	27.6	28.8
Összesen	**47.8**	**51**

Ez alapján a 7,5 órás műszakokkal számolva éves szinten összesen 272 műszak gyártási igényünk van, azaz jellemzően napi egy, illetve alkalmanként napi két műszak termeléssel lefedhető a vevői igény, ami alapján nem élvez prioritást a szűk keresztmetszetnek számító csatlakozó blokk szerelés idejének csökkentése, esetleges kapacitás növelés a munkaállomás duplikálásával. Az időelemzés alapján elegendő, ha az automatizált sajtolás ideje nem haladja meg az Átalakító készlet előszerelés és a Canalis csatlakozó blokk szerelés idők összegét, ami átlagosan 36,8 perc, de mivel a manuális sajtolás átlagosan 11 percet vesz igénybe, így az automatizált sajtolás maximális idejére is ezt az időt célozzuk meg. Ezzel azt is biztosítjuk, hogy az operátor az automata sajtolás során a sajtoláshoz közel fog tartózkodni. Mivel az átalakító készlet előszerelése közvetlenül a sajtológép mellett található asztalon történik, így, ha alapanyag tárolót kell utántöltenie, a megtelt sajtolt alkatrész tárolót kell ürítenie, vagy bármilyen felmerülő hibát kell elhárítani, azt minimális elmozgással képes lesz megtenni. Anélkül, hogy az jelenlegi elrendezésben nagyobb mértékű változtatást kellene eszközölnünk, ami a gyártósor mellett közvetlen elhelyezkedő tárolók, illetve a területen lévő, a 3.3.3.1 ábrán zölddel, jelölt az épület szerkezeti oszlopa miatt csak erősen behatárolt keretek között lenne megoldható.

Restricted

3.3.3.1 ábra: Gyártósor elrendezés



A sajtolandó alkatrészek előkészítése legyen megoldott egy komplett gyártási mennyiségre, ehhez a dolgozónak legyen elég helye dedikált tárolókba helyezni a szükséges konnektorokat, illetve kötőelemeket, amelyekből az automata rendszer el tudja venni az egyes komponenseket, majd elvégzi az anyák, és csapok besajtolását, a sajtolt előszerelvényeket pedig egy kijelölt tárolóra tudja helyezni a rendszer. A dolgozó erről a kimeneti tárolóról biztonságosan el tudja venni az alkatrészeket. Az alapanyag előkészítés manuális részének ideje ne haladja meg a 2 percet gyártásonként.

3.4 Koncepció tervezése

A követelmények teljesítésére több különböző, alkalmasnak tekinthető technológiai megoldási lehetőség adódik. Mivel robot alkalmazásával rendkívül nagy rugalmasságot tudunk elérni, azaz az esetleges vevői igények megváltozásával gyorsan és költséghatékonyan változtatható a gyártott termék. Továbbá miután a Schneider Electric 2020 óta stratégia partneri kapcsolatot ápol a Jaka kobot-gyártó céggel melynek része a közös stratégiai fejlesztés, kereskedelmi feltételek, illetve a kutatás-fejlesztési tevékenység; melynek köszönhetően az idei évben piacra került Lexium RL kobot-termékcsalád 3 / 5 / 7 / 12, illetve 18 kg terhetőséggel, 626 – 1327 mm munkaterület rádiusszal. Így merült fel, hogy megvizsgáljam egy kobot használatának lehetőségét a feladatra, még akkor is, ha nem feltételen cél a kollaboratív munkatér kialakítása, és esetlegesen hagyományos robot alkalmazásként lesz implementálva.

Restricted

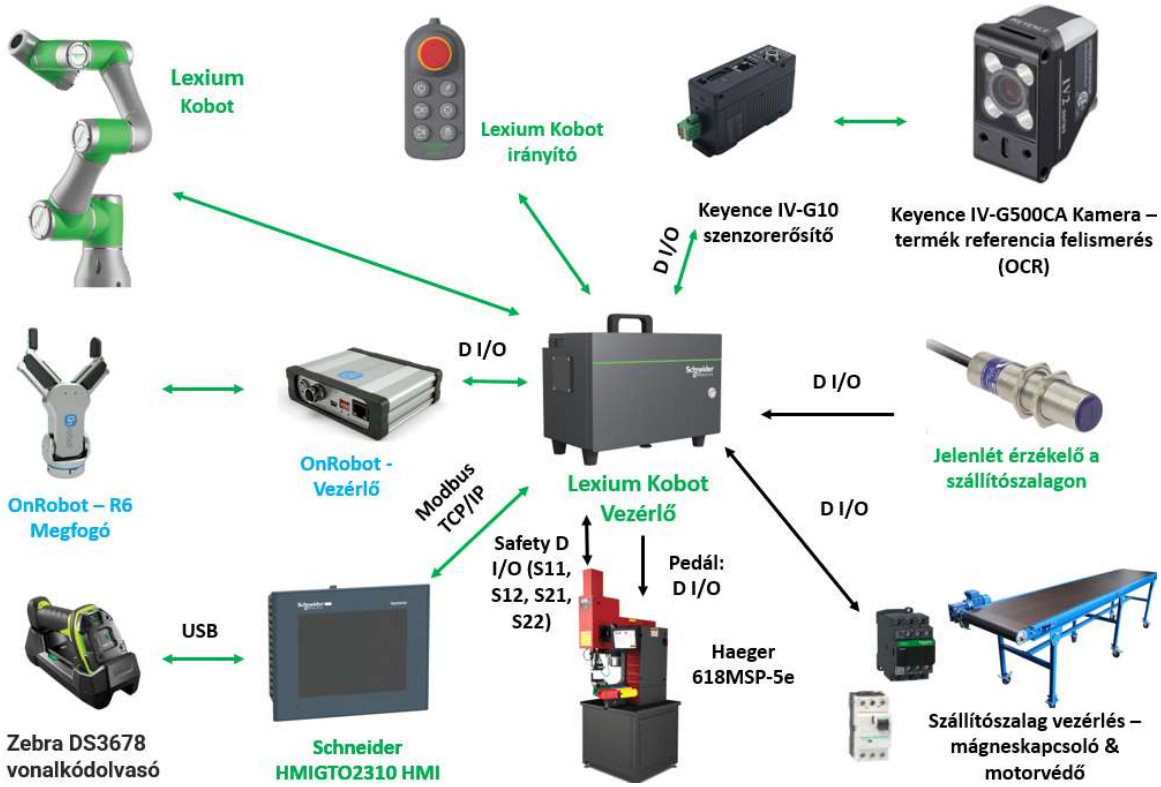
3.4.1 ábra: Lexium kollaboratív robotok [Lexium cobot catalogue, 2023]

A fent taglalt gyártástípus esetében a legnehezebb alkatrész és a bele sajtolandó kötőelemek tömege 1085 g. Így találni kell egy olyan megfogót a Lexium kobothoz, amely a feladatra geometriai szempontból és erőkifejtés tekintetében is egyaránt alkalmas, azaz a legkisebb és a legnagyobb konnektor alkatrészt is szélesség méretében át tudja fogni rugalmasan. Továbbá a megfogó ujjak kialakítása alkalmassá teszi a feladatra és elegendő összeszorító erőt tud kifejteni, annak érdekében, hogy az alkatrészeket stabilan és megfelelő pontossággal tudja megfogni, és mozgatni egyaránt. Ezután már csak a megfogó és annak a rögzítését biztosító rész tömege, illetve a megfogó és a megfogott alkatrész tömegközéppontjának távolságára kell kiemelt figyelmet szentelni a kobot teherbírás szerinti kiválasztásánál.

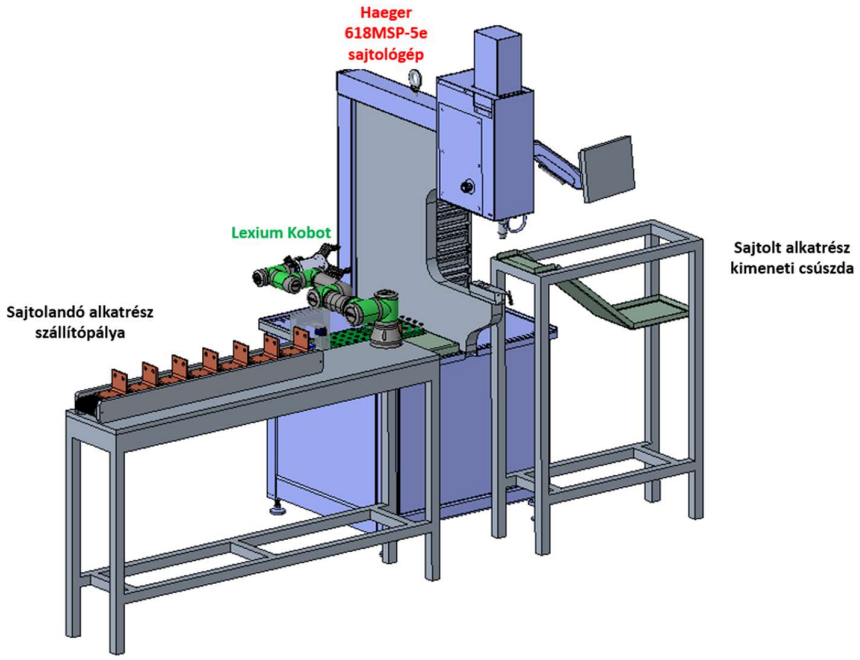
Miután meghatározásra került, hogy e kobot alkalmazásával fogom tervezni a rendszert, elkezdtem kidolgozni a részleteit. Például hogy hogyan, milyen megfogóval fogjuk manipulálni az alktrészeket, hogyan történjen a alkatrészek beadagolása és elvétele, mivel tudjuk ellenőrizni és biztosítani a kívánt minőséget, hogyan defináljuk és válasszuk ki a különböző gyártási típusokat. Ezek részletei a 3.5 számú fejezet tartalmazza, melynek a jobb érthetősége érdekében az eredményül kapott architektúra és 3D modellvázlat már előzetesen a 3.4.2; 3.4.3 és 3.4.4 ábrákon kerül bemutatásra.

Restricted

3.4.2 ábra: Architektúra koncepció

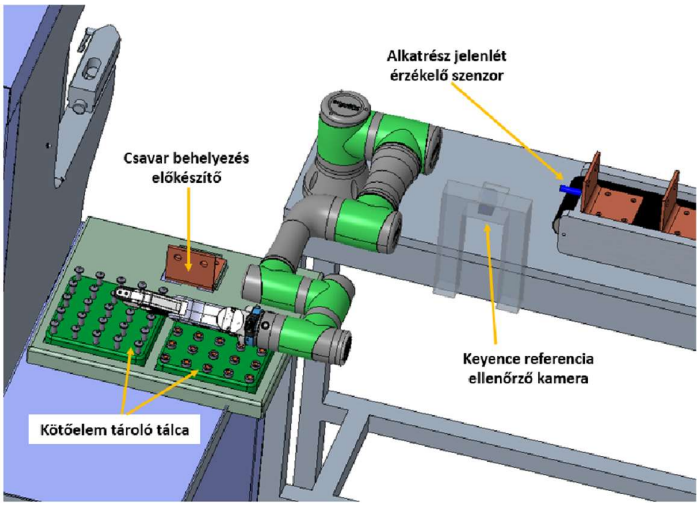


3.4.3 ábra: Sajtoló munkaállomás modellvázlat szemből nézet



Restricted

3.4.4 ábra: Sajtoló munkaállomás modellvázlat részlet



3.5 Elemek kiválasztása és tervezése

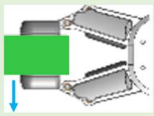
Első lépésként a megfogó kiválasztása mellett határoztam, hiszen ez alapvető bemeneti információt képez a kobot kiválasztás során a tömeg és geometria adottságok kapcsán. Később az alkatrészek tömegének, geometriájának, illetve a megfogó ismeretében határozható meg a szükséges kobot terhelhetőség, illetve az alapanyag betöltés és a sajtolt anyag kitárazás kialakításának megfelelően pedig a szükséges munkatér rádiusza a kobotnak.

3.5.1 Megfogó kiválasztása

Jelenleg a Schneider Electric három megfogó-gyártó céget ajánl a Lexium kobotokhoz nemzetközi szinten, közülük döntöttem az OnRobot mellett, a honlapjukon bemutatott impresszív esettanulmányok, a rendelkezésre álló helyi képviselet, illetve a raktárkészletről elérhető termékpalettájuk miatt. Kobot alkalmazáshoz tervezett megfogó termékcsaládjaik kis tömegűek, lekerekítettek, behatárolt erőkifejtéssel rendelkeznek annak érdekében, hogy kollaboratív üzem során minimalizálják a dolgozó sérülésének kockázatát esetleges ütközésekből adódóan. Kétujjas fogószerkezet mellet döntöttem, mert a vákuumos megfogó használatát elvetettem a lyukasztásokból adódóan kis egybefüggő megfogási felületek miatt a konnektorokon, továbbá a kötőelemek mozgatására sem lenne optimális a technológia. A 3.5.1.1 ábrán összegyűjtöttem a feladatra leginkább alkalmas RG termékcsalád két típusát.

Restricted

3.5.1.1 ábra: OnRobot RG2 és RG6 megfogó összehasonlítása termék adatlapok alapján
(Forrás: saját Onrobot, 2023 datasheet alapján)

Típus	RG2	RG6
Terhelhetőség [kg]	2	6
Terhelhetőség [kg] 	5	10
Nyitás [mm]	0 - 110	0 - 160
Ismétlési pontosság [mm]	0.2	0.2
Megfogási erő [N]	3 - 40	25 - 120
Megfogási sebesség [mm/s]	38 - 127	51 - 160
Megfogási idő [s]	0.06 - 0.21	0.05 - 0.15
Tömeg [g]	780	1250
Ár [€]	4000	6000 (Demo 4600)

A 3.1.4 ábra és az ahhoz tartozó 3.1.1 táblázat alapján láthatjuk, hogy az ábra szerinti C termékszélléssége maximális 110 mm-es méretének megfogásához a kisebbik, RG2-es megfogó is éppen elegendőnek bizonyul, illetve megfelelő fogáspont esetén a 2 kg-os teherbírás is kielégíthetné az igényeket. Annak érdekében viszont , hogy a jövőbeni kisebb változtatásokat megfogócsere nélkül le tudjuk kezelni – például 110 mm helyett 120 mm-re szélesedik a legszélesebb alatrész- , illetve úgy is megfelelően stabilan lehessen megfogni az alkatrészt, hogy kényszerűségből adódóan az esetlegesen a súlypontjától való távolság miatt nem elhenyagoldható mértékű forgatónyomaték hat a megfogott alkatrészre, célszerűnek tűnik a nagyobbik, RG6-os típust választani.

Az RG6 megfogó 1250 g melyhez a szükséges gyorscserélő adapter 140 g tömege adódik, ami együttesen 1390 g; Center of gravity, azaz gravitáció középpontja cZ = 90 mm, TCP értéke pedig 250 mm, melyeknek a kobot kiválasztásában lesz szerepe.

Restricted

3.5.2 Kobot kiválasztása

Az imént, a 3.5.1 fejezetben meghatározott megfogó és gyorscserélő egységek együttes tömege, a 3.1.1 táblázatban megadott legnagyobb konnektor elem tömege, 1052 és a mérések alapján a szükséges kötőelemek együttes tömege – 33 g – alapján, mivel egyéb szenzort, kiegészítőt nem kívánunk a kobotra rögzíteni, így összességében 2475 g lesz a megmozgatandó tömeg maximálisan. Jelenleg nem áll rendelkezésre gyártó által közzétett táblázat vagy diagram, melynek segítségével meghatározható, hogy a megfogó hosszából, illetve az alkatrész megfogási pontjából adódó, a kobot kar végéhez képesti nagyobb túlnyúlásból adódó extra terhelés miatt hogyan csökken a maximális hasznos teher értéke, emiatt ezt tesztelni szükséges.

A legkisebb, 3 kg-os kobot működési sugara, ahogy a 3.5.2.1 ábrán is látható, 626 mm, így elég kompakt, de megfelelő környezet kialakításával elegendő lehet, mivel maga a kis méretű konnektor alkatrészek sajtolása nem kíván nagy mozgásteret, egyedül a be-, illetve kimenő anyagok tárolása, elérése kíván kiemelt figyelmet a tervezés során. Az 5 kg-os verzió 52%-kal nagyobb működési sugárral is alig 10%-kal kerül többe, emiatt jó választásnak tűnik. Azonban mivel ennek elérhetősége 2023. utolsó negyedévétől biztosított, ellentétben a legkisebb modellel, ami már raktárkészletről kapható, így a 3 kg-os modell beszerzése mellett döntöttem annak érdekében, hogy hamarabb szerezzünk tapasztalatot a Lexium kobot termékcsaládról, ezzel megalapozva a jövőbeni automatizálási fejlesztéseket a cégnél közben vállalva az esetlegesen felmerülő kis működési sugarából adódó nehézségeket a kiszolgáló elemek tervezése során.

Restricted

3.5.2.1 ábra: Lexium kobot termékcsalád két legkisebb tagja [Schneider, 2023 Lexium cobot catalogue]

Max. payload	3 kg *(6.61 lb)*		5 kg *(11.02 lb)*	
Degree of freedom (Number of axes)	6		6	
Operating radius (working range)	626 mm *(24.645 in)*		954 mm *(37.55 in)*	
Positioning repeatability	± 0.02 mm *(0.0007 in)*		± 0.02 mm *(0.0007 in)*	
Robotic arm	Degree of motion	Max. speed	Degree of motion	Max. speed
Joint 1	± 360°	180°/s	± 360°	180°/s
Joint 2	-85°... +265°	180°/s	-85°...+265°	180°/s
Joint 3	± 175°	180°/s	± 175°	180°/s
Joint 4	-85°...+265°	220°/s	-85°...+265°	180°/s
Joint 5	± 360°	220°/s	± 360°	180°/s
Joint 6	± 360°	220°/s	± 360°	180°/s
Maximum speed of the tool end	1.5 m/s *(4.92 ft/s)*		3 m/s *(9.84 ft/s)*	
Base diameter	129 mm *(5.07 in)*		158 mm *(6.22 in)*	
Power consumption	150 W		350 W	

3.5.3 Megfogó ujjbegyek tervezése

Már az első tesztek során kiderült, hogy a megfogó gyári, sík megfogási felülettel rendelkező ujjbegyei nem tartják kellően stabilan a konnektor elemeket, a megfogási ponttól távoli súlypont miatt a 3.5.3.1 ábrán piros nyíllal jelölt forgatónyomaték miatt az alkatrész hajlamos volt a megfogási pont körüli elforgásra.

3.5.3.1 ábra: egyedi tervezésű megfogó ujjbegyek

Restricted

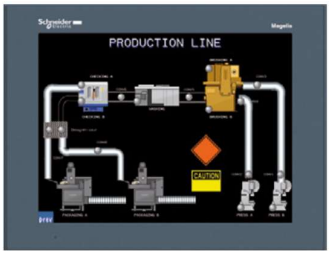
Ennek kiküszöbölésére terveztem és 3D nyomtatóval elkészítettem a módosított ujjbegyeket, amelyekben a letörésekkel ellátott hasítékok vannak, amik támogatják a megfogást minimális pozíció pontatlanságok esetén is, továbbá segítik stabilan megfogni az alkatrészt, megakadályozva annak elfordulást a manipuláció során. Az első teszteken jól vizsgázó megoldást a későbbiekben tartósabb anyagból legyártatott alkatrészekkel lehet pótolni.

3.5.4 HMI kiválasztása

A cégnél törekszünk a standardizálásra, azaz lehetőség szerint próbálunk már használatban lévő alkatrészeket választani új projektek esetén. Ezzel minimalizálható a készleten tartott cserealkatrészek mennyisége helyet és költséget megtakarítva, illetve kezelés, programozás tekintetében is egyszerűsíti a helyzetet, ha nincsenek kisebb-nagyobb eltérések a különböző a különböző használt típusok miatti változtatásokból fakadóan. Így, ha van jelenleg olyan meglévő HMI a termelésben, amelyik megfelel az aktuális igényeknek, akkor célszerű azt választani, még adott esetben akkor is, ha esetleg egy valamivel egyszerűbb, olcsóbb eszköz is el tudná látni az adott feladatot. Mivel esetünkben Schneider Electric gyártmányú alkatrészt választunk, így a transzferár miatt minimálisak az árkülönbségek a különböző típusú HMI-k között.

Az általunk használt, 3.5.4.1 ábrán is látható Magelis GTO családba tartozó HMIGTO2310 típusú általános HMI terminál 5,7” -os kijelző méretével jó láthatóságot és kezelhetőséget biztosít, továbbá képes Ethernet interfészen kommunikálni a kobot vezérlővel, USB csatlakozóján keresztül pedig képes a vonalkódolvasó kezelésére, így alkalmassá teszi a rendszerbe integrációra.

3.5.4.1 ábra: Schneider Electric HMIGTO2310 HMI terminál [Schneider Electric katalógus, 2020]



Restricted

3.5.5 Ellenőrző kamera kiválasztása

A Keyence termékeit használjuk hasonló feladatokra, így ebben az esetben is a honlapjukon kezdtem a keresést ellenőrző kamera kapcsán. Első körben a kamera feladata a különböző konnektor elem típusok megkülönböztetése a gravírozott termékreferenciák alapján. Erre a feladatra a CV-X termékcsalád javasolt, melyekkel többek között ellenőrizhetőek alumínium fóliára nyomtatott karakterek, lézer jelölt chipek, öntvény alkatrészek karakterjelölései, illetve tükröződő, változó felületi minőségi gravírozott fém alkatrészeken szereplő karakterek leolvasására is alkalmas, amivel kielégítené a jelenleg felmerülő igényeinket. Azonban mivel felmerült a lehetőség, hogy a későbbiekben mesterséges intelligencia támogatott kamerarendszerrel a sajtolási minőség ellenőrzését is el lehetne végezni. Ezért megvizsgáltam, hogy össze lehet-e vonni a karakterfelismerés és a sajtolt kötőelem pozíció, külalak ellenőrzést egyetlen hardver által támogatott rendszerbe.

A minőség-ellenőrzés kapcsán jó tapasztalatokkal rendelkezünk az IV3 termékcsaládról. Ezek IV-G10 szenzorerősítővel 32 programot tudnak tárolni és használni, ezzel a 8 különböző konnektor referenciánk gravírozott feliratának felismerésére alkalmassá teszi, továbbá a minőségellenőrzési feladatokra is betanítható. A IV3-G500CA típus kompakt kivitele miatt kis telepítési távolsággal, már 50 mm-től használható, képe a 3.5.5.1 ábrán látható.

3.5.5.1 ábra: Keyence IV3-G500CA kamera [Keyence, 2023 datasheet]

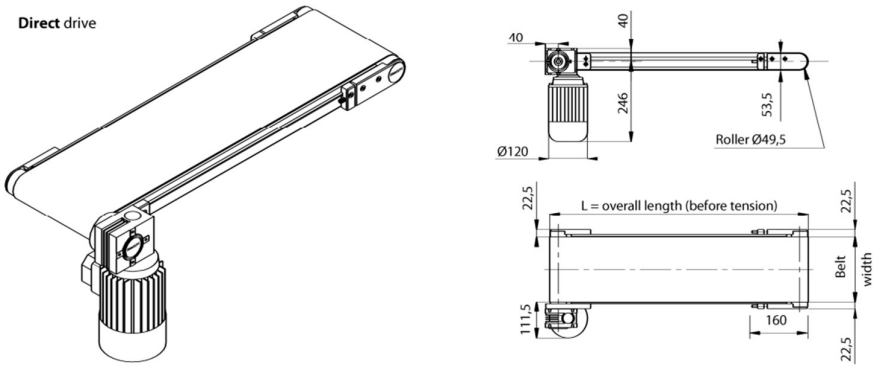
3.5.6 Szállítópálya kiválasztása

Szállítópályát a Transpet Hellomoov gumiszalagos TB 50 szériájából választottam a 3.5.6.1 ábrán látható direkt hajtású kialakítással, 180 W-os teljesítményű hajtómotorral, i=10

Restricted

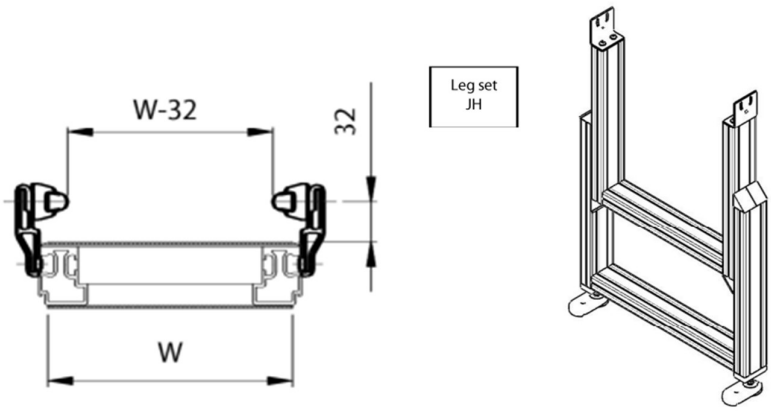
fordulatszámcsökkentő áttétellel, mellyel 24 m/perc sebességgel halad a szalag frekvenciaváltó alkalmazása nélkül, azaz a tervezett 1000 mm hosszú pályán 2,5 másodperc alatt jut el az egyik végétől a másikig az anyag.

3.5.6.1 ábra: direkt hajtású TB50 szállítópálya [Transept catalogue, 2019]



A szalag szélessége legyen 150 mm, ami elegendő a maximálisan 110 mm széles konnektor alkatrészeink mozgatásához fix oldalvezető felszerelése esetén is, ami 150 – 32 = 118 mm-es megvezetési szélességet biztosít. A megfelelő stabilitás érdekében pedig JH típusú láb vázkészletre esett a választás. Ezek kialakítása a 3.5.6.2 ábrán látható.

3.5.6.2 ábra: oldalvezető és JH típusú váz kialakítás [Transept catalogue, 2019]



Annak érdekében, hogy a kobot vezérlő egysége tudja működtetni a szállítópályát, mágneskapcsoló beépítésére lesz szükség, illetve a pályát hajtó elektromotor védelme érdekében motorvédő kapcsolóra. A kiválasztáshoz a Schneider Electric termékválasztó online

Restricted

felületét használtam, ahol mágneskapcsoló kulcsszóra keresve a 180 W-os motornak megfelelően a TeSys Deca kontaktorokat választottam, melyek 0,06 – 75 kW teljesítménytartományban kínálnak megoldást. Itt meg kell adni a felhasználás típusát, ami motorvezérlés, a szükséges kapcsolt teljesítményt, a vezérlőáramkör típusát, ami esetünkben a kobot vezérlőből adódóan 24V standard DC, illetve a csatlakozás típusát kell megadni, amiből csavaros csatlakozó sorkapocsblokkot választottam. Ezek alapján meg is kapjuk az ajánlást LC1D09BD típusú DC mágneskapcsolóra. A motorvédő kapcsolóra hasonló metódus alapján kaptam ajánlást GV2RT06 típusra. A választott kapcsolók a 3.5.6.3 ábrán láthatóak.

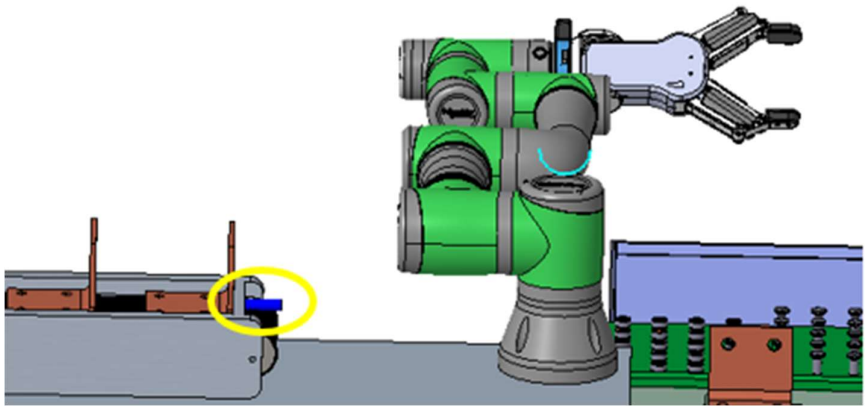
3.5.6.3 ábra: LC1D09BD mágneskapcsoló és GV2RT06 típusú motorvédő kapcsoló [Termékadatlapok]

3.5.7 Szállítópálya alkatrész jelenlét érékelő kiválasztása

A szállítópálya kobot felőli végén egy megakasztó perem hivatott biztosítani a pontos megfogási pozíciót a szállítópálya hossztengelyének irányában. Ebbe a perembe kerül integrálásra egy szenzor, amelynek feladata a konnektor elem jelenlétének érzékelése, ami alapján a szállítópálya hajtása leállítható, a kobot pedig felveheti a pozícióba került anyagot. Az elrendezés a 3.5.7.1 számú modellrészlet ábrán látható.

Restricted

3.5.7.1 ábra: szállítópálya alkatrész jelenlét érzékelő elhelyezése



Mivel ezen pozícióban a különböző típusú konnektor elemek egyaránt nagy pontossággal érintőlegesen meg fogják közelíteni az érzékelőt, így egy kisebb érzékelési távolságú eszköz is alkalmas lehet. Erre a feladatra lehetne használni többek között optikai, kapacitív, illetve induktív elven működő érzékelőt is, melyek közül az induktívra esett a választásom. Egy a gyárunkban nagy gyakorisággal használt M12-es méretű, XS512BLPAL2 típusjelű, 2 mm-es névleges érzékelési távolságú, alapesetben nyitott kapcsolású induktív szenzorra esett a választásom, melynek képét a 3.5.7.2 ábra mutatja be.

3.5.7.2 ábra: XS512BLPAL2 induktív szenzor [Telemecanique catalog, 2020]

3.5.8 Kötőelem tároló tálcák tervezése

A kötőelemek adagolásának biztosítására használhatunk rezgőtáras adagolókat, illetve a Haeger típusú présünkhöz a gyártó saját gyártású rezgőtárakat is kínál, melyeket a már meglévő gépre lehet felszerelni. De részben, mivel ezek specifikusan csak egy adott, vagy attól csak minimális mértékben eltérő komponensek adagolására alkalmasak, így rendkívül rugalmatlan megoldásnak bizonyulnak esetleges változtatások esetén. Továbbá beruházási költségük is jelentős, mindemellett zajosak is, illetve a prés gyártója a csapok adagolására nem

Restricted

is tud megfelelő adagolót biztosítani a kötőelemek nagy méretéből adódóan, csupán az anyák adagolására. Így alternatív, rugalmasabb, kisebb beruházási költségű megoldás kidolgozását célzom meg, számolva azzal, hogy valamivel lassabb lehet így az adagolás.

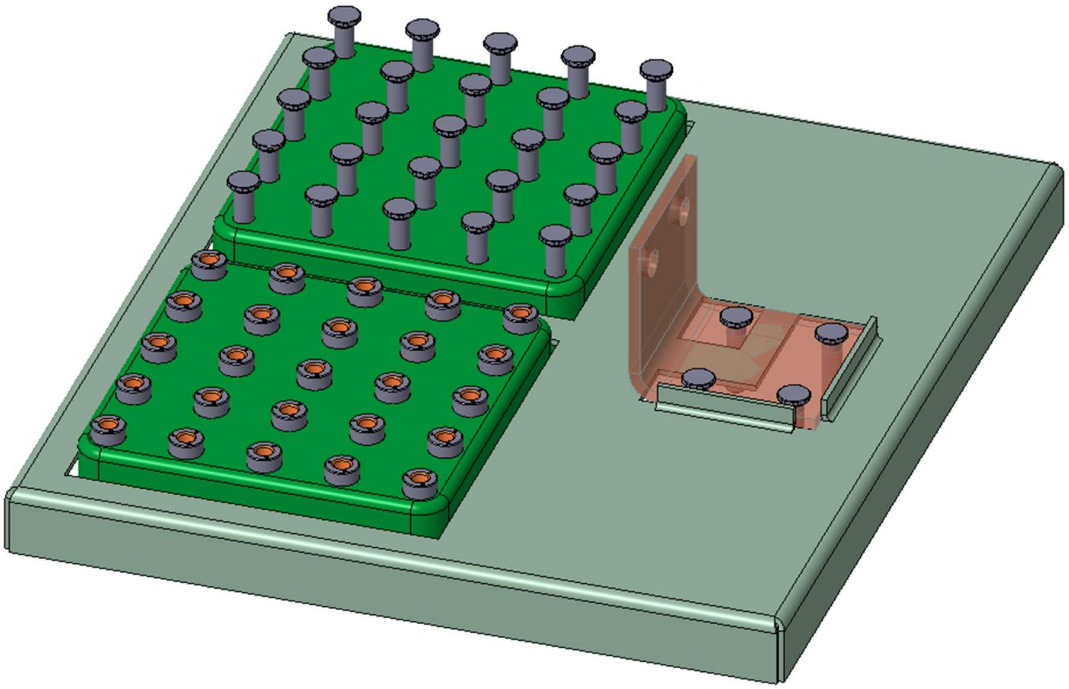
Az alapkoncepcióval a gépkezelő manuálisan helyezi be az erre a célra tervezett tároló tálcákba a sajtolandó csapokat, illetve anyákat, melyeket a raktári operátor juttat ki a gyártósori alapanyagtároló görgő kanban polcokra műanyag dobozokban, ömlesztett formában. Itt az alábbiakat vettem figyelembe:

- elegendő kötőelem tárolására legyenek alkalmasak, hogy legalább egy gyártási ciklus legyártását el tudja végezni a kobot utántöltés igénye nélkül;
- legyenek kellően kompaktak a tárolók, azaz az összes kötőelem elérhető legyen a kobot munkasugarának figyelembevételével;
- férjen hozzá a megfogó az egyes elemekhez és megfelelően stabil fogást tudjon végrehajtani;
- a kötőelemeket csak egyféleképpen lehet behelyezni az operátori hiba elkerülése érdekében;
- illetve a rendelkezésre álló 3D nyomtatónkkal is legyárthatóak legyenek a kötőelem tárolók.

Továbbá a két kötőelem tároló köré egy pozícionálást segítő, fixen lerögzíthető tálcát terveztem, ami előkészítésre is alkalmas, segíti a csavarok behelyezését a konnektor elemekbe a sajtolás előtt. Az ezek alapján született koncepció a 3.5.8.1 ábrán kerül bemutatásra.

Restricted

3.5.8.1 ábra: kötőelem tárolás és csavar előkészítés modellje



Fejlesztési lehetőség, kamerarendszer segítségével műanyag ládába ömlesztett kötőelem sokaságból a kobot maga lehet képes kivenni a besajtolandó elemeket a megfelelő orientációban és pozícióban. Ezzel jelentősen csökkentve a manuális előkészítés időigényét.

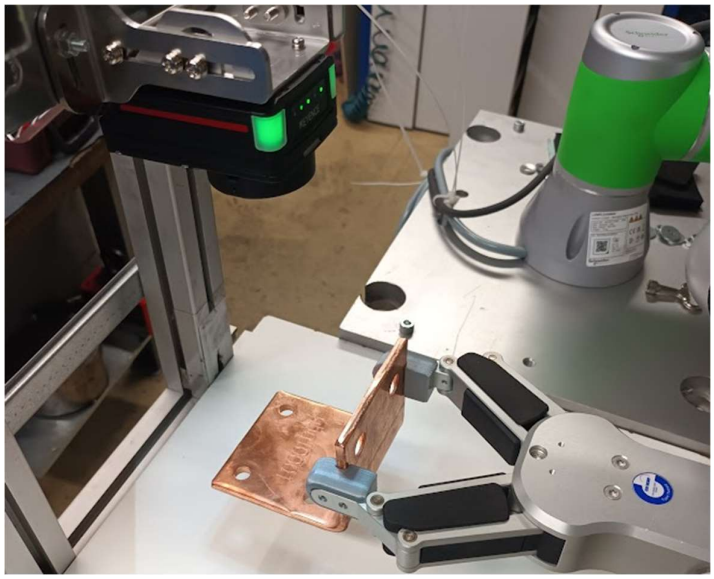
3.6 Elemek beállítása, tesztelése

3.6.1 Keyence kamera

Az előzetes tesztekhez egy a végleges tervhez hasonló konfiguráció kiépítésére volt szükség, hogy hasonló körülményeket lehessen előteremteni. A kamerát egy stabil, állítható állványra helyeztem, mely alá a konnektor elemeket már a kobot segítségével pozícionáltam be, az elrendezés a 3.6.1.1 ábrán figyelhető meg.

Restricted

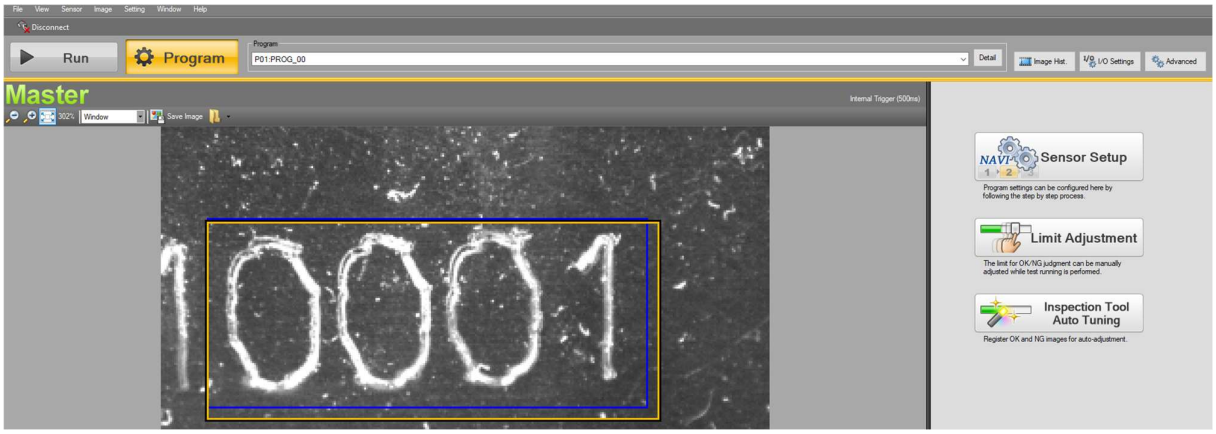
3.6.1.1 ábra: Kamera teszt elrendezés



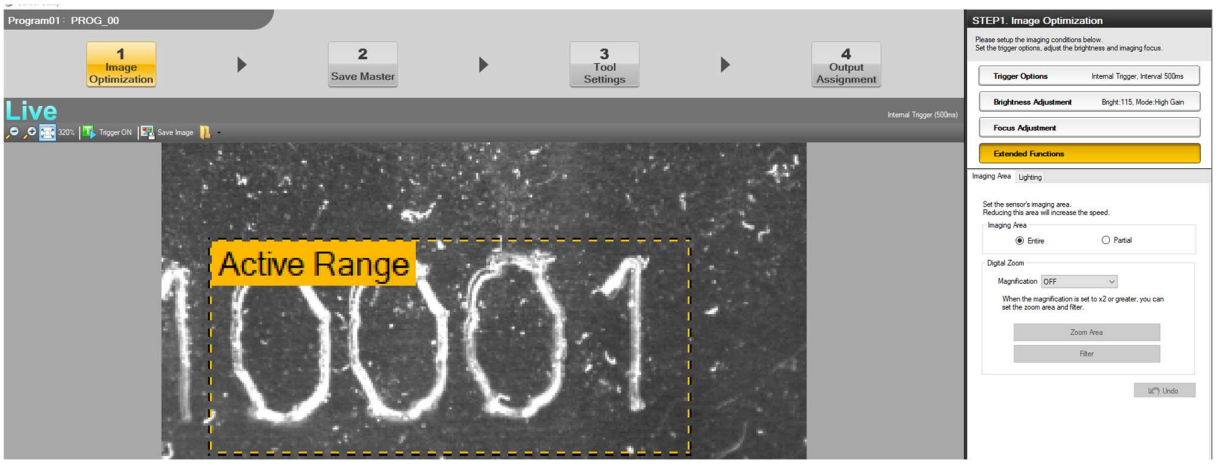
A kamera beállítását számítógépen keresztül, a Keyence saját programjával végezhetjük. A kobottal a kamera fókusztávolságának megfelelő pozícióban a látószögébe mozgatott alkatrészről először egy úgynevezett mesterképet készítünk, amin meghatározzuk a vizsgálandó részt, az erről készített képernyőkép a 3.6.1.2 ábrán látható. Majd lehetőségünk van optimalizálni a mesterképet a fényerősség, fókusz, illetve szűrők beállításával, mely a 3.6.1.3 ábrán jelenik meg. Az optimalizált mesterképet regisztráljuk, majd meghatározhatjuk, hogy milyen tulajdonságot szeretnénk vizsgálni, lehet többek között kontúrt, területet, éleket, hosszt, átmérőt, kiosztást, esetünkben pedig a karakterfelismerés a cél. A jól beállított etalon alkatrész után egy másik, azonos típusú, azaz azonos gravírozással rendelkező alkatrész esetén helyesen értelmezi a karaktereket, ezeket zölddel keretezi és meg is jelenít a karakterértéket, ahogyan a 3.6.1.4 ábrán is látszik.

Restricted

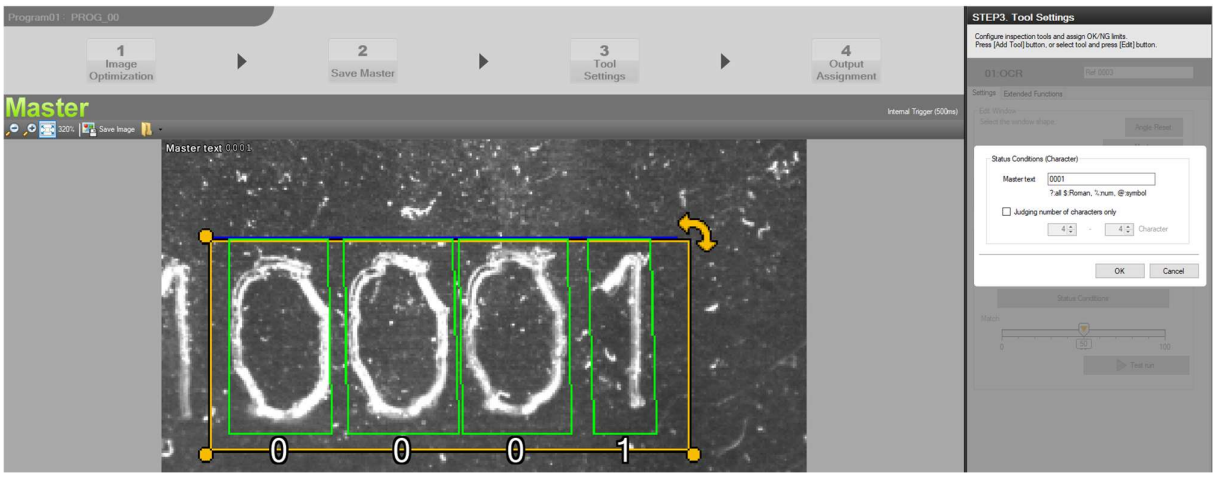
3.6.1.2 ábra: Keyence mesterkép beállítása



3.6.1.3 ábra: Keyence mesterkép optimalizálása



3.6.1.4 ábra: Keyence karakterfelismerés



Restricted

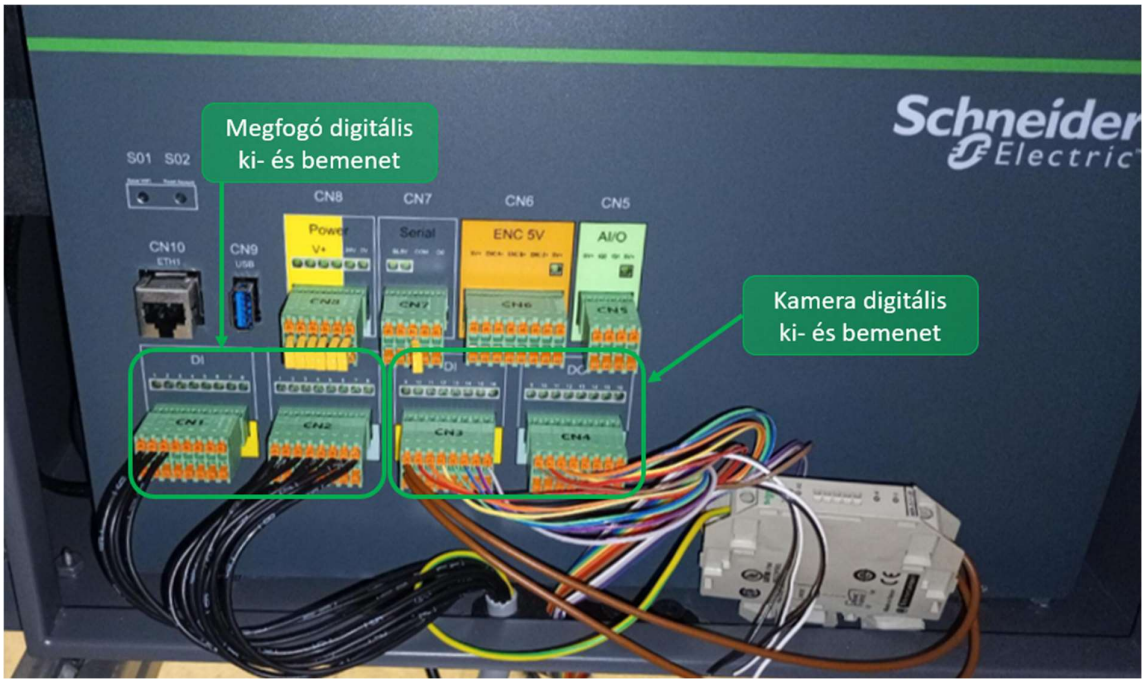
3.6.2 Programozás

Összeállítottam egy teszt konfigurációt, ahol kobot mellett kiépítésre, bekötésre került a Keyence kamerarendszere, illetve dedikált anyagtárolópontokkal szimuláltam a sajtolás folyamatát. A Lexium kobot vezérlő csatlakozóoldalának képe a 3.6.2.1 ábrán látható. Balról jobbra haladva a bekötések sorra a kobot vezérlő szempontjából az alábbiak:

- CN1: OnRobot megfogó vezérlődoboz digitális bemenet
- CN2: OnRobot megfogó vezérlődoboz digitális kimenet – a különböző megfogó nyitási méret és erő vezérlésére
- CN3: Keyence kamera erősítő digitális bemenet
- CN4: Keyence kamera erősítő digitális kimenet

A tesztek során kiderült, hogy a bemeneti vezeték bekötéseknél nem megfelelő az eredetileg tervezett közvetlen bekötése a kamera erősítő felől érkező jelek kezeléséhez, ezért került bele ideiglenesen próba jelleggel egy relé, amivel a kobot vezérlő már megfelelően tudta értelmezni a kameráról érkező, relé által képzett jelet. A későbbiekben ennek megfelelően az digitális bemeneti jelet relével szükséges bekötni egy külön kapcsolószekrényben.

3.6.2.1 ábra: Lexium kobot vezérlő bekötések

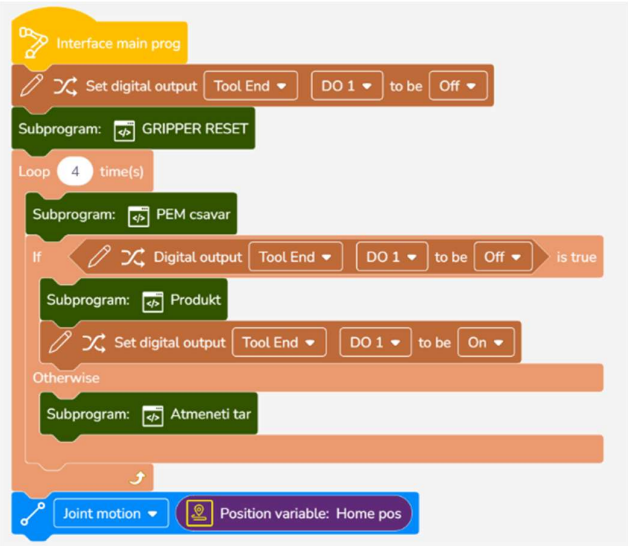


Restricted

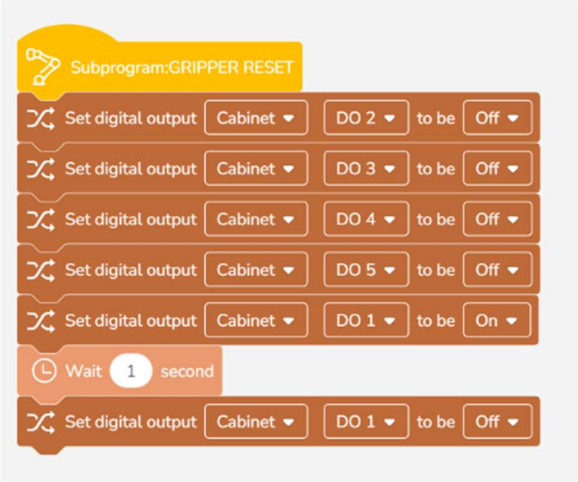
A programot Blockly környezetben hoztam létre, mely alapja lehet a további eltérő méretű termékreferenciáknak. A 3.6.2.2 ábrán bemutatott főprogram további sub, azaz alprogramokból tevődik össze. A Tool End kimenetek kapcsolásai a főprogramban belső változót helyettesítenek és szerepük az, hogy a hurokban négy csavarmanipuláció mellett csak egyszer fusson le a termék berakás.

A Gripper reset alprogram hivatott biztosítani az alapállását a megfogónak nullázva a kimenetek értékét, lásd 3.6.2.3 ábra, mivel ezen kimenetek kombinációja adja meg a zárási méretet, erőt.

3.6.2.2 ábra: Anya sajtolási program „1' jelű konnektor elemre



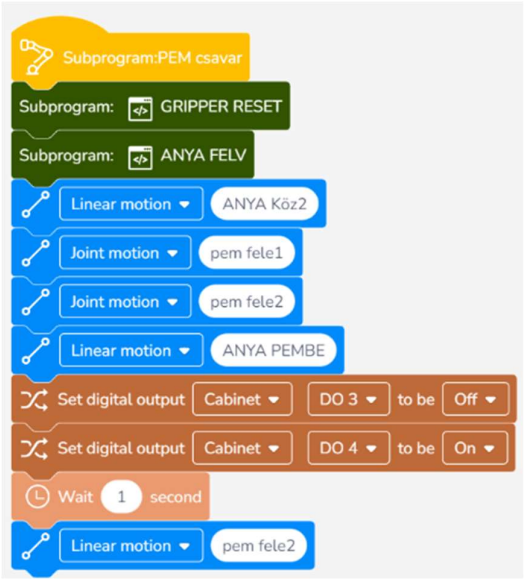
3.6.2.3 ábra: Megfogó visszaállítása alprogram



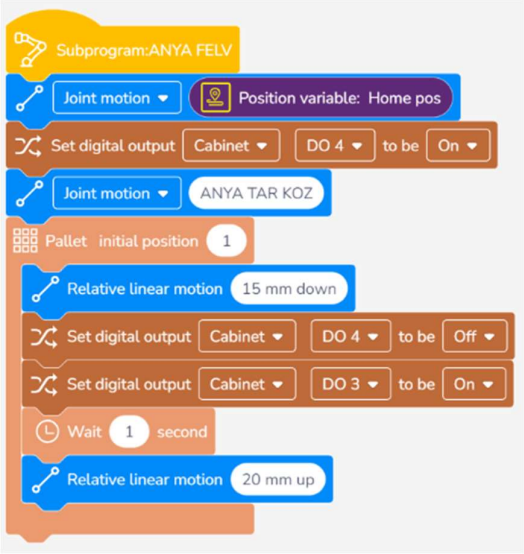
Restricted

A 3.6.2.4 ábrán bemutatott alprogram végzi a megfogott anya mozgatását a sajtológépbe, ezen belül a 3.6.2.5 ábrán látható alprogram palettázó módszerrel közelíti meg és veszi fel az azonos kiosztási távolságú furatokba helyezett kötőelemeket. További programrészek a mellékletben találhatóak.

3.6.2.4 ábra: Anya behelyezése a sajtológép szerszámba



3.6.2.5 ábra: 4 db anya felvétele az azonos távolságú fészkekből



Restricted

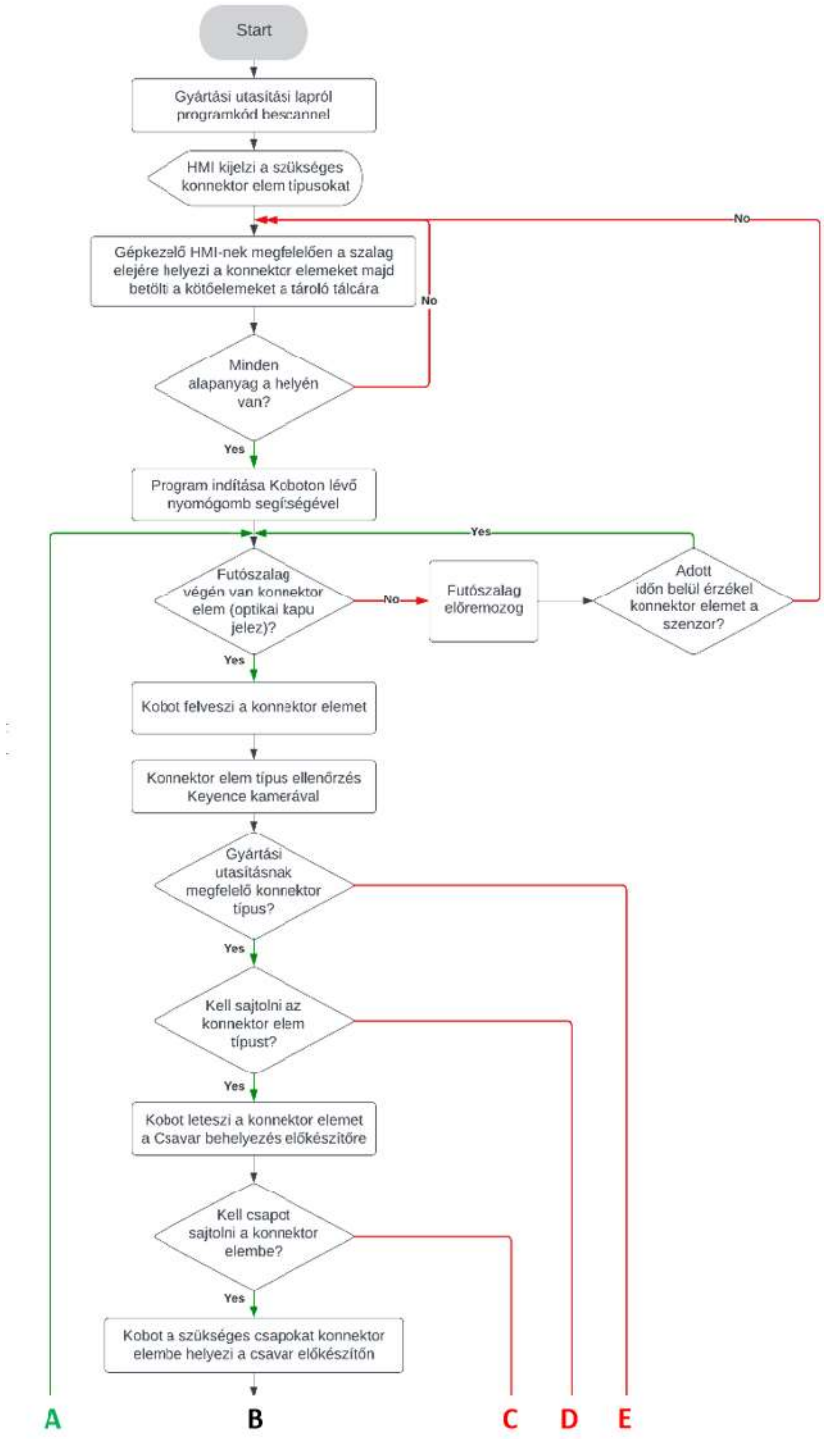
3.7 Vezérlés tervezése – folyamatábra

A Lexium kobottal automatizál sajtoló munkaállomás folyamatábrája a 3.7.1 ábrán látható. A művelet kezdetén a gépkezelő vonalkódolvasó segítségével beolvassa gyártási igénynek megfelelő vonalkódot a gyártáshoz tartozó gyártási utasítási lapról, a HMI kommunikál a vonalkódolvasóval. A HMI visszajelzésképpen megjeleníti a beolvasott típust, így nem szükséges manuálisan kódot beírnia, vagy kiválasztania a dolgozónak, ezzel is csökkentve az emberi hiba lehetőségét. A HMI Moodbus TCP/IP interfészen keresztül kommunikál a központi szerepet betöltő Lexium Kobot vezérlővel.

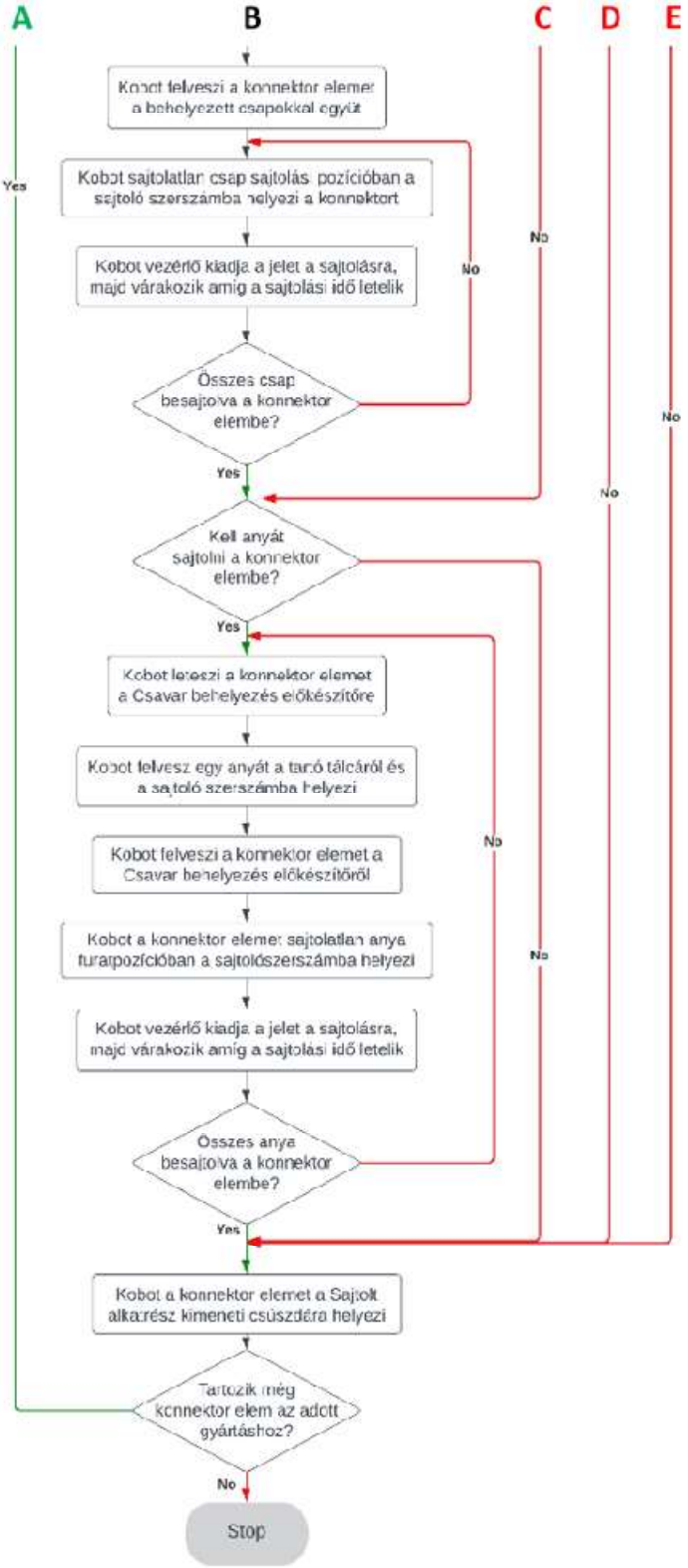
Miután a dolgozó feltöltötte az alapanyag kiszolgálást biztosító tárolókat, nyugtázza a program indíthatóságát. Digitális I/O jel vezérli a szállítópálya mágneskapcsolóját és motorvezérlőjét, ami kapcsolja a motorhajtást. A szalag végén lévő ütközőre szerelt induktív szenzor jelzi, ha az anyag elért pozícióba, ahonnan megtörténhet a konnektor elem felvétele, ez egy digitális bemenőjelet ad. A kobot felveszi a munkadarabot, a megfogó adott méretre nyitását és zárását a program alapján a kobot vezérlő által kiadott digitális kimenőjelnek megfelelően végzi a megfogó vezérlőegysége. A kobot a Keyence kamera elé tartja a konnektor elemet, kiadja a jelet, hogy melyik mesterkép alapján végezze az ellenőrzést, majd jó termék esetén kezdődhet a sajtolás. Amint megfelelő pozícióba ért a munkadarab, a kobot vezérlő digitális kimenő jelet ad a présnek, hogy indulhat a sajtolás. A folyamat ismétlődően kerül végrehajtásra a besajtolandó kötelem fajtája és mennyisége, valamint gyártandó konnektor elemek mennyisége alapján.

Restricted

3.7.1 ábra: Automatizált sajtolás folyamatábra



Restricted


A
B
C
D
E
Kobot felveszi a konnektor elemet a behelyezett csapokkal együtt
Kobot sajtolatlan csap sajtolás pozícióban a sajtoló szerszámba helyezi a konnektort
Kobot vezérlő kiadja a jelet a sajtolásra, majd várakozik amíg a sajtolási idő letelik
Összes csap besajtolva a konnektor elembe?
Kell anyát sajtolni a konnektor elembe?
Kobot leteszi a konnektor elemet a Csavar behelyezés előkészítőre
Kobot felvesz egy anyát a tartó tálcáról és a sajtoló szerszámba helyezi
Kobot felveszi a konnektor elemet a Csavar behelyezés előkészítőről
Kobot a konnektor elemet sajtolatlan anya furatpozícióban a sajtolószerszámba helyezi
Kobot vezérlő kiadja a jelet a sajtolásra, majd várakozik amíg a sajtolási idő letelik
Összes anya besajtolva a konnektor elembe?
Kobot a konnektor elemet a Sajtolt alkatrész kimeneti csúszdára helyezi
Tartozik még konnektor elem az adott gyártáshoz?
Stop
Yes
No

Restricted

3.8 Ipari biztonság

Az ipari biztonság kérdéskörének részletes kidolgozása nem képezi a dolgozatom részét. A kobotot a kezdetekben robot üzemmódban fogjuk működtetni, kizárólag a programozás során használjuk a hagyományos robotokhoz képest jelentős mértékben leegyszerűsített hand guiding, azaz kézi vezetés metódust, melynek során a mozgás pályáján kézzel végig vezetve a kart tanítjuk be a robotot, ezzel jelentős mértékben gyorsítva a folyamatot. A későbbi munka során robot üzemben a dolgozótól fizikailag elkerítve, illetve elektronikus rendszerek segítségével valósul meg a biztonságos munkavégzés.

A Haeger sajtológépünk elő van készítve robottal kiegészített alkalmazásra, melynek köszönhetően a biztonsági kör ki van alakítva, azaz képes külső biztonsági jelet kezelni, illetve továbbadja a jelet a külső biztonsági körnek a belső biztonsági köréről. A gép elektromos kapcsolási rajza a mellékletben megtalálható. A részletek kidolgozása a továbblépési lehetőség részét képezi.

Restricted

4. TOVÁBBLÉPÉSI LEHETŐSÉGEK

Dolgozatomban a munkavédelem területe nem került kifejtésre, ez magában is egy különálló dolgozat témája lehetne a prés, a kobot és az ember együttműködése miatt ez egy izgalmas és sokrétű feladat, a munkaállomás automatizálása előtt a munkavédelem kidolgozása elengedhetetlen.

Az alapkoncepció és letesztelt folyamat szerint az ellenőrző kamera csak a konnektor elem típusának ellenőrzésére szolgál, az elvégzett sajtolás minőségének ellenőrzése a választott eszközökkel lehetséges feladat, mely kidolgozásra mindenképp érdemes lehet.

A sajtolás jelenlegi alacsony leterheltsége miatt az operátorok munkaidejét is relatíve rugalmasan kell kezelni a gyártósoron, mivel előfordul, hogy hetente csak 2-3 műszakban adódik gyártás. Ezért célszerű megvizsgálni a lehetőségét annak, hogy a kobot egy mobilis platformon kerüljön elhelyezésre, melynek segítségével, amikor éppen nem lenne használatban, mivel nincs igény a sajtolásra, akkor el lehessen mozgatni egy másik munkaállomásra, ahol be tud segíteni akár kollaboratív üzemmódjának lehetőségét kihasználva, ezáltal a megtérülési idején is jelentősen lehetne javítani.

Kicsit szélesebb körben kitekintve pedig a Lexium kobot integrációja, üzemeltetése során szerzett tapasztalatok megalapozhatják további, akár nagyobb teherbírású és méretű kobotok beszerzését. 2023 novemberében kezdjük például egy újonnan beszerzett excenter préssel történő gyártás tesztjeit, melyen olyan alkatrészeket fogunk gyártani, melyek a présszerszámból szállítópályán kerülnek kivezetésre majd ezeket meghatározott módon műanyag ládákba kell pakolni. Az alkatrészek evakuálására gyárttattunk egy automatizált egyedi célgépet, melyet a rugalmatlansága, illetve a költségei miatt kobottal is lehetne helyettesíteni különböző jellegű alkatrészek gyártásánál is a megfogó cseréjével akár, amennyiben szükséges.

Továbbá a kobotokat munkavédelem fejlesztési célból is lehetne használni az például az élhajlítógépeink kiszolgálására is, ezzel csökkentve a dolgozók érintkezését a veszélyes gépekkel.

Restricted

5. GAZDASÁGI SZÁMÍTÁS

Mint minden gazdasági alapon működő vállalkozásnál, a Schneider Electricnél is rendkívül fontos szempont, hogy a beruházások megtérüljenek, méghozzá lehetőleg minél előbb. Nálunk jellemzően három éven belüli megtérülés elérése a cél, kivételt képeznek ez alól a stratégiai fontosságú projektek, munkavédelem, vagy ergonómiai fejlesztéshez köthető, illetve elavult gépek retrofit felújítását célzó befektetések. A tárgyalt Sajtolóállomás automatizálása projekt esetében azon túl, hogy az operátor által rátöltött munkaidőt csökkentjük, ezáltal megspóroljuk a munkaidő csökkenés munkadíját, javul az ergonómiája, illetve csökken a munkabiztonság kockázati szintje is a munkaállomásnak, továbbá ami az egyik legfontosabb, hogy értékes tapasztalatot szerzünk a kobotok integrációjával kapcsolatosan, ami alapjául szolgálhat a jövőbeni nagyobb léptékű automatizálási projekteknek, melyekkel biztosíthatjuk a gyár fejlődését, fennmaradását.

5.1 Költségek

5.1.1 Táblázat A projekt költségkalkulációja
(Forrás: saját munka)

Megnevezés	Költség típus	Költség / egység	Szükséges mennyiség	Költség összesen
LXMRL03S0000 kobot	Eszköz	€ 23,000	1	€ 23,000
LXMRL03C1000 kobot vezérlőegység	Eszköz	€ 7,800	1	€ 7,800
Onrobot RG6 megfogó vezérlővel	Eszköz	€ 6,220	1	€ 6,220
HMIGTO2310 HMI	Eszköz	€ 1,000	1	€ 1,000
Zebra DS3678-SR KIT Vonalkódolvasó	Eszköz	€ 570	1	€ 570
Keyence IV-G500CA kamera	Eszköz	€ 800	1	€ 800
Keyence IV-G10 vezérlő	Eszköz	€ 650	1	€ 650
Kobot asztal	Eszköz	€ 1,000	1	€ 1,000
Kötőelem tároló	Eszköz	€ 300	1	€ 300
Konnektor elem tároló	Eszköz	€ 400	1	€ 400
Sajtolt termék csúszda	Eszköz	€ 400	1	€ 400
Kerítés	Eszköz	€ 1,000	1	€ 1,000
LC1D09BD mágneskapcsoló	Eszköz	€ 60	1	€ 60
GV2RT06 motorvédő kapcsoló	Eszköz	€ 80	1	€ 80
XS512BLPAL2 induktív szenzor	Eszköz	€ 40	1	€ 40
Szállítószalag 1000 x 120 mm	Eszköz	€ 2,000	1	€ 2,000
Mérnöki díj	Munkadíj	€ 60	150	€ 9,000
			Összesen	**€ 54,320**

Restricted

Az 5.1.1 Táblázat tartalmazza a projekt költségeit, ahol a piaci árakat tüntettem fel. A valós költségek abból adódóan alacsonyabbak, hogy Schneider Electric gyárként transzferáron, a piaci árazástól jelentősen kedvezőbben tudunk a cég különböző üzemeiben gyártott termékeket beszerezni, továbbá az OnRobot megfogóhoz is kedvezményes áron jutottunk, mivel az egy kiállítási demo darab volt tökéletes gyári állapotban. Ezen táblázatban a piacitól eltérő árakat nem tüntetem fel, mivel nem publikusak.

5.2 Megtakarítás

A megtakarítás oldalon a dolgozó órabéréből adódó költségcsökkenéssel, illetve sajtolás közben nem megfelelően tartott, emiatt hibásan sajtolt alkatrészek kötőelem eltávolításából és újra sajtolásából eredő időveszteség zérusra csökkenésével számolok, ami az 5.2 táblázatban látható.

5.2.1 Táblázat: A projekt éves megtakarítása
(Forrás: saját munka)

Megnevezés	Megtakarított operátor idő gyártásonként [perc]	Éves gyártási mennyiség [db]	Éves megtakarított operátor idő [óra]	Operátor óradíj [€/óra]	Éves megtakarított operátor munkadíj
Csatlakozó elem automatizált sajtolás	9	2400	360	17	€ 6,120
Nem megfelelő sajtolás javítása	2.5	1152	48	17	€ 816
				Összesen	**€ 6,936.00**

5.3 Megtérülés

Így a Return on Investment (ROI), azaz megtérülés ideje piaci árakkal kalkulálva az alábbiak szerint adódik:

$$ROI = \frac{54\,320\ €}{6\,936\ \frac{€}{év}} = \mathbf{7.8}\ \boldsymbol{év}$$

A transzferárakkal számolt, valós megtérülés továbbra is magasabb, mint a jellemző 3 éves megtérülési célérték, de kellően megközelíti azt, hogy a munkavédelmi és ergonómia fejlesztés értékét figyelembe véve és hogy ez az alapja lehet a jövőbeni kobotos alkalmazásokat használó projekteknek, már alkalmassá teszi arra, hogy gyár vezetése elfogadja a beruházás költségvetését.

Restricted

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Diplomadolgozatom elsődleges célja az volt, hogy javaslatot tegyek egy meglévő, manuális sajtolóállomásunk automatizálására. Bemutattam a jelenlegi munkaállomást, az aktuális manuális munkafolyamatot, illetve a gyártott alkatrészeket. Megfogalmaztam a fejlesztés követelményeit munkabiztonság, minőség és gyártási idők szerint, majd megterveztem az automatizálás koncepcióját középpontban a Schneider Electric Lexium kobot-családdal.

Ezt követően kiválasztottam és beszereztem a megfelelő kobot típust, a rá kerülő megfogót, amelyre saját tervezésű megfogó ujjbegyet nyomtattam, teszteltem. Kiválasztottam kiszolgálását végző szállítópályát, és a működtetéséhez szükséges szenzort, mágneskapcsolókat, illetve meghatározásra került a HMI és a hozzá kapcsolódó, megfelelő programválasztást biztosító vonalkódolvasó eszköz. Definiáltam és beszereztem a szükséges ellenőrző kameratípust a Keyence kínálatából, és tesztek során elvégeztem annak beállítását.

Továbbá megrajzoltam a sajtolandó kötőelemek tárolóját figyelembe véve az igényeket és a rendelkezésre álló hely és a választott kobot dimenzió jellegű adottságait. Meghatároztam a rendszer folyamatábráját, definiálva a szükséges kimenő, illetve bemenő jeleket a megfelelő, robosztus és hatékony folyamat létrehozása érdekében. Összeállítottam egy teszt munkaállomást, ahol kobot, a megfogó és a kamera kiépítésével, bekötésével létrehoztam és kipróbáltam egy minta programot Blockly nyelven, melyet a későbbiekben kiegészítve a szállítópályára és a hozzá tartozó szenzorhoz szükséges részekkel, fel lehet használni a további programok létrehozásához.

Megfogalmaztam a továbblépési lehetőségeket egyrészt közvetlenül a dolgozat témájául szolgáló alkalmazás kapcsán, illetve üzemegység szintű, hosszabb távú, stratégiai jellegű fejlesztési lehetőségeket is bemutattam röviden.

Elvégeztem a projekt gazdasági számítását a már ismert költségekkel, illetve azok piaci áraival, illetve becsülve a még nem ismert pontokat. Mindezt összevetettem a megtakarítással, ami részben a hibás sajtolások újra megmunkálásából, illetve nagyobb mértékben az operátor munkaidején megspórolt munkadíjból tevődik össze, ez alapján kiszámítottam, hogy hány év a várható megtérülési idő. Esetünkben nem prioritás a gyors megtérülés, ellenben hangsúlyos, hogy megalapozzuk a jövőbeni kobotot alkalmazó automatizálási fejlesztéseinket.

Restricted

7. SUMMARY

The primary goal of my thesis was to propose an automation solution of our existing, manual pressing workstation. I presented the current workstation, the current manual work process, and the manufactured parts. I formulated the development requirements in terms of work safety, quality and production times, and I designed the automation concept in the center with the Schneider Electric Lexium cobot family.

After that, I selected and purchased the cobot type, the gripper, I printed my own designed gripper fingertip, and tested it. I selected the conveyor to feed the cobot, the sensor and contactors necessary for its operation, and the HMI and the associated bar code reader, which ensures the appropriate program selection, were determined. I defined and procured the necessary inspection camera type from Keyence's offer and performed the settings of the camera during tests.

I designed the container for the fasteners to be inserted, taking into account the requirements and the dimensions of the available space and the chosen cobot. I defined the flow diagram of the system, defining the necessary outgoing and incoming signals to create a suitable, robust and efficient process. I set up a test workstation, where I created and tested a sample program in Blockly by building and connecting the cobot, the gripper and the camera, which program can be used to create further programs after being supplemented with the necessary program block for the conveyor and the corresponding sensor.

On the one hand, I formulated the possibilities for further progress directly in relation to the application that is the subject of the thesis, and I also briefly presented longer-term, strategic development possibilities can be applied for the whole production plant.

I performed the economic calculation of the project with the already known costs and their market prices, as well as estimating the not yet known points. I compared all of this with the savings, which are partly made up of the reworking of faulty pressings, and mostly coming from the wages saved thanks to the reduced the operator's working hours, and based on this, I calculated how many years the expected payback period is. In this case the priority is not to reach a quick retorn of investment but to have a strong base of the future automation projects.

Restricted

8. IRODALOMJEGYZÉK

Bauer W., Bender M., Braun M., Rally P., Scholtz O. (2016) Lightweight robots in manual assembly—best to start simply. Frauenhofer- IAO

Berx N., Decré W.,Pintelon L. (2022) Examining the Role of Safety in the Low Adoption Rate of Collaborative Robots - Procedia CIRP, Volume 106, pp. 51-57

Brescia A., Aqmarina R., Carbone R., Mirabelli G., Pintelon L (2021) Stakeholders in Human-Robot Collaboration (HRC) System : A perspective towards safety - University of Calabria

Calandra D., Pratticò F. G., Cannavò A., Casetti C., Lamberti F (2022) Digital twin- and extended reality-based telepresence for collaborative robot programming in the 6G perspective. - Digital Communications and Networks

Chemweno P., Pintelon L., and Decre W., (Sept 2020) Orienting safety assurance with outcomes of hazard analysis and risk assessment: A review of the ISO 15066 standard for collaborative robot systems, Saf. Sci., vol. 129, no. February, p. 104832

Cohen Y., Shoval S., Faccio M. (2019) Strategic View on Cobot Deployment in Assembly 4.0 Systems IFAC-PapersOnLine, Volume 52, Issue 13, pp. 1519-1524

Faccio M., Bottin M., and Rosati G. (Jun. 2019) Collaborative and traditional robotic assembly: a comparison model, Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 102, no. 5–8, pp. 1355–1372,

Fast-Berglunda Å., Palmkvistb P., Nyqvista P., Ekereda S., Åkermana M. (2016) Evaluating Cobots for Final Assembly: Procedia CIRP Volume 44, pp. 175-180

Gil-Vilda F., Sune A., Yagüe-Fabra J.A., Crespo C., Serrano H. (2017) Integration of a collaborative robot in a U-shaped production line: a real case study - Procedia Manufacturing, Volume 13, pp. 109-115

Gurály R. (2023) Automation: Threat or Opportunity? - The Impact of Robotisation on the Hungarian Manufacturing Industry – Köz-gazdaság, Volume 18, Issue 2, pp. 73-96

Restricted

Hirzinger G. (1983). Direct Digital Robot Control using a Force-Torque Sensor: IFAC Proceedings Volumes, Volume 16, Issue 1, pp. 243-255

Ikumapayia O.M., Afolalua S. A., Ogedengbeb T. O., Kazeemc R. A., Akinlabi E.T. (2023) Human-Robot Co-working Improvement via Revolutionary Automation and Robotic Technologies – An overview, Procedia Computer Science, Volume 217, pp. 1345-1353

Ionescu T. B, Schlund S. (2021) Programming cobots by voice: A human-centered, web-based approach Procedia, CIRP, Volume 97, pp 123-129

Keyence (2023) IV3-G500CA camera datasheet

Kildal J., Tellaeche A., Fernández I., Maurtua I. (2018) Potential users' key concerns and expectations for the adoption of cobots: Procedia CIRP, Volume 72, pp. 21-26

Kohler P., Sarodnick F., Lum T., Schulze H., Haasis S., Giessler R. (2004) Human centered design in assembly plants for a cost efficient implementation on innovations - hand guided robots: IFAC Proceeding Volumes, Volume 37, Issue 5, pp 159-165

Kulcsár B. Robottechnika (2012) Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Malik A. A. and Bilberg A. (2018) Digital twins of human robot collaboration in a production setting - Procedia Manufacturing, Volume 17, pp 278-285

Malik A. A., Andersen M. V., Bilberg A. (2019) Advances in machine vision for flexible feeding of assembly parts - Procedia Manufacturing 38, pp. 1228–1235

Michalos G., Makris S., Tsarouchi P., Guasch T., Kontovrakis D., Chryssolouris G. (2015) Design considerations for safe human-robot collaborative workplaces - Procedia CIRP, Volume 37, pp. 248-253

Müller M., Ruppert T., Jazdi N., Weyrich M. (2023) Self-improving situation awareness for human–robot-collaboration using intelligent Digital Twin - Journal of Intelligent Manufacturing –

Restricted

OnRobot (2023) RG2 product datasheet

OnRobot (2023) RG6 product datasheet

Peshkin M. and Colgate J. (1999). Cobots. Industrial Robot: An international Journal Volume 26, 5, pp. 335-341. MCB University Press.

Poór J., Szabó-Szentgróti G., Hollósy-Vadász G., Kőmüves Zs. (2023) Szakemberhiány, munkaerő-megtartás és robotizáció – Problémák és megoldások – Mezőgazdasági szervezetek - Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő

Schneider Electric (2020) Alapvető automatizálási és vezérlési megoldások katalógus

Schneider Electric (2022) Interface – Job breakdown sheet

Schneider Electric (2023) Canalis KTC 1000 to 6300 A catalogue

Schneider Electric (2023) GV2RT06 termékadatlap

Schneider Electric (2023) LC1D09BD termékadatlap

Schneider Electric (2023) Lexium Cobot, Product catalogue

Schneider Electric (2023) Lexium Cobot Script Manual

Szabó K. (2017) Az ember-robot együttműködés változatai, és biztonsági követelményei. https://www.muszaki-magazin.hu/2017/05/02/az-ember-robot-egyuttmukodes-valtozatai-es-biztonsagi-kovetelmenyei/

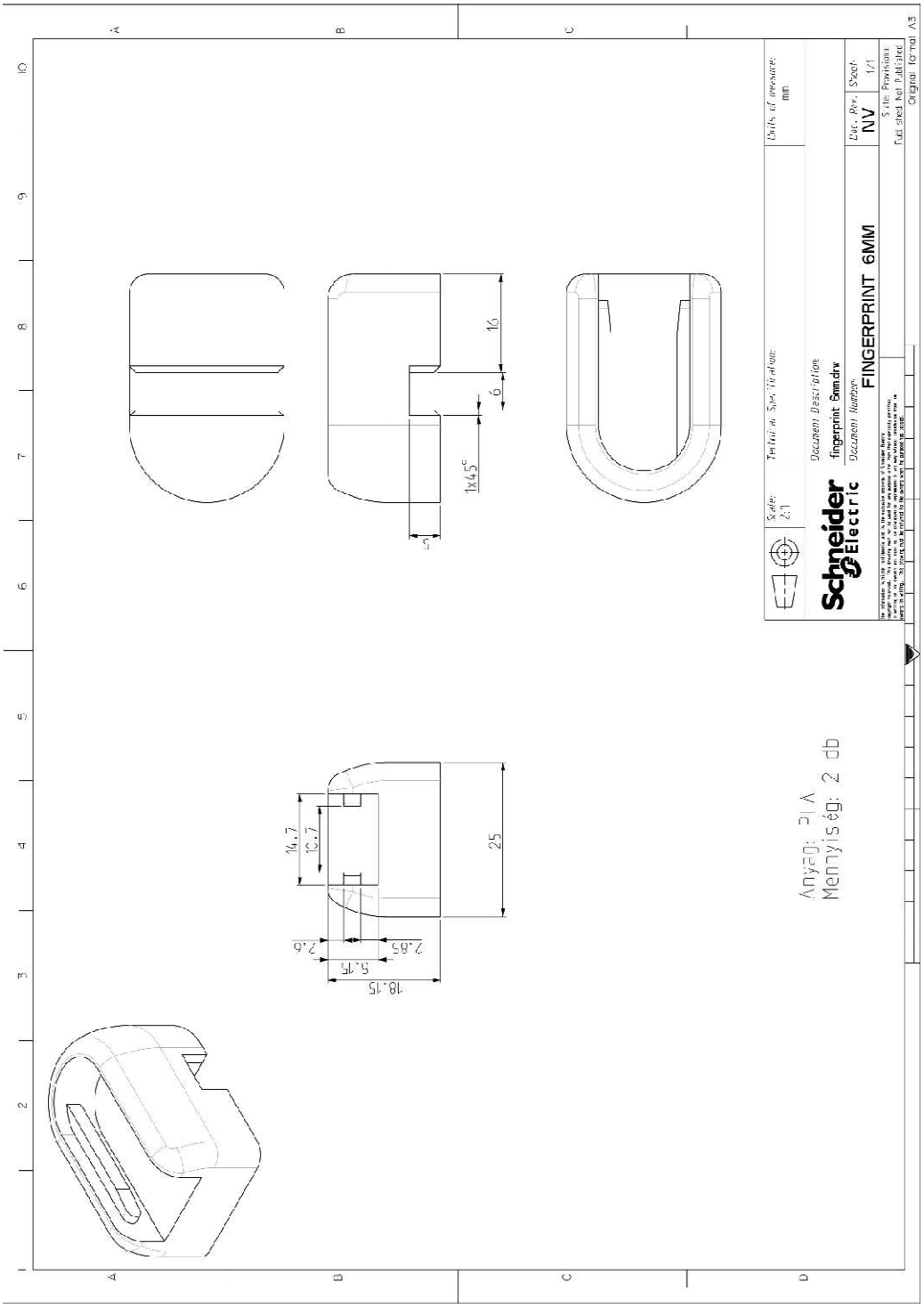
Telemecanique (2020) Inductive proximity sensors XS range catalogue

Transept (2019) belt conveyors TB series catalogue

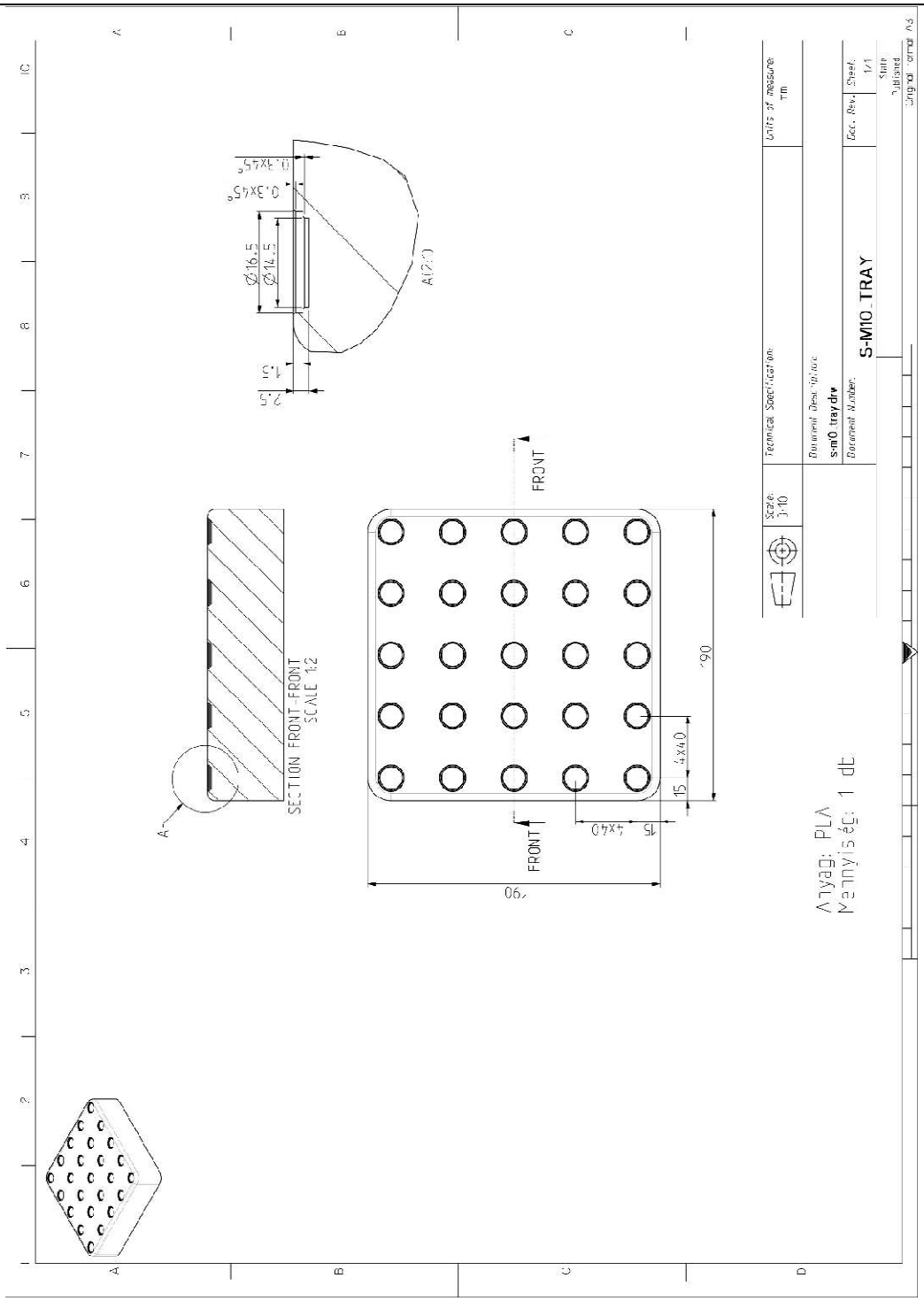
Vogela C., Waltera C., Elkmann N. (2017) Safeguarding and supporting future human-robot cooperative manufacturing processes by a projection- and camera-based technology – Procedia Manufatcuring, Volume 11, pp. 39-46

Restricted

10. MELLÉKLETEK

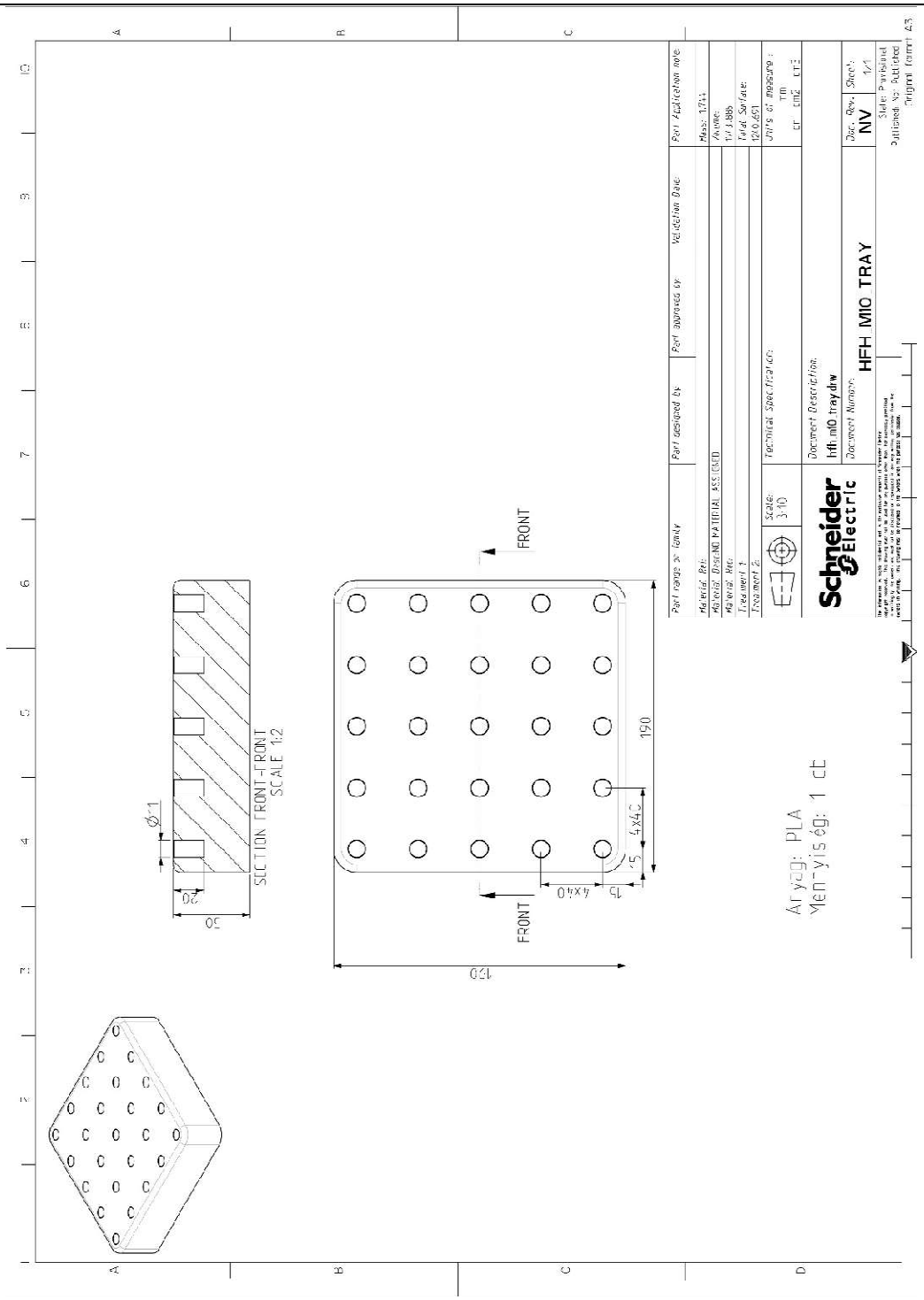


Restricted


SECTION FRONT-FRONT
SCALE 1:2
FRONT
FRONT
Ø16,5
Ø14,5
0,3x45°
0,3x45°
R12,0
2,5
1,5
90
90
15
15
4x40
4x40
A
Technical Specification:
Units of measure: mm
Scale: 1:10
Document Name:
s-m10_traydrw
Document Number:
S-M10_TRAY
Sheet: 1/1
Anyag: PLA
Darabszám: 1 db

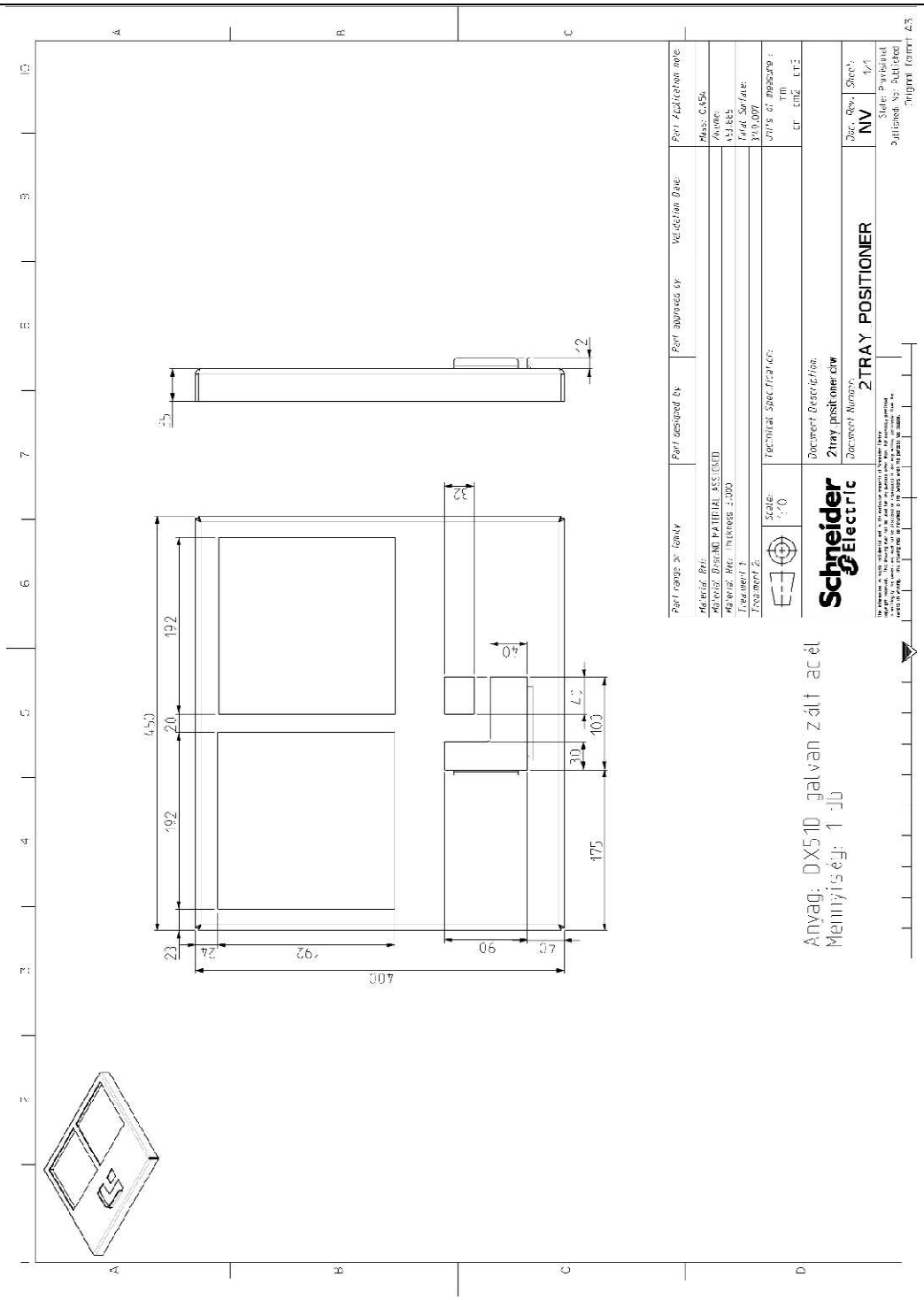
Restricted

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu



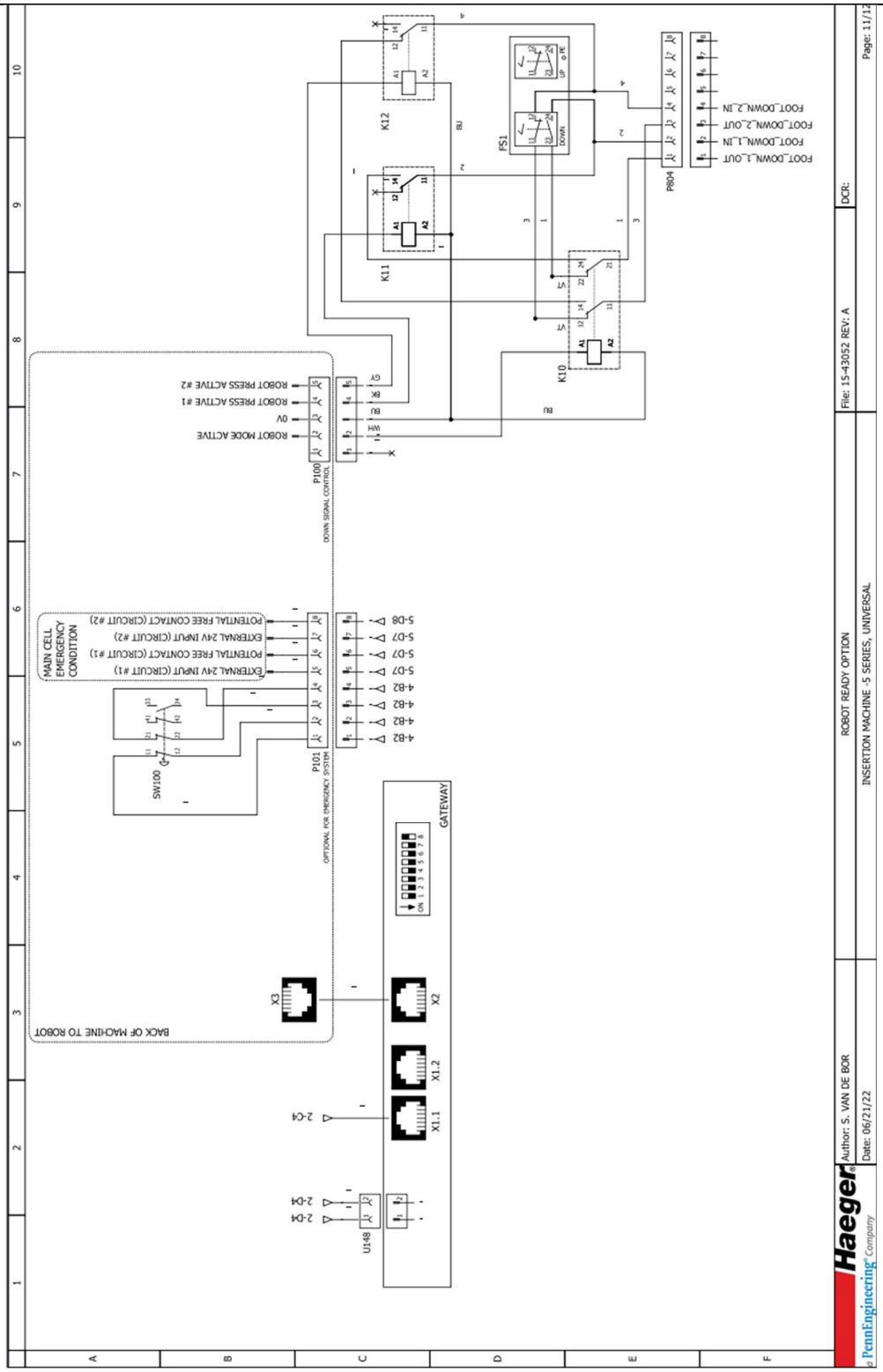
Restricted

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu



Restricted

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu



Restricted

SubprogramProdukt
Subprogram: GRIPPER RESET
Joint motion
Position variable: Home pos
Set digital output Cabinet DO 2 to be On
Wait 1 second
Set digital output Cabinet DO 3 to be On
Joint motion
Position variable: Termek1
Linear motion felvetel1
Set digital output Cabinet DO 3 to be Off
Set digital output Cabinet DO 2 to be On
Wait 1 second
Linear motion felvetel1 megkozelit
Joint motion kamera megkoz
Linear motion kamera ref1
Set digital output Cabinet DO 10 to be On
Set digital output Cabinet DO 9 to be On
Wait 3 second
If Digital input Cabinet DI 9 to be On is true
Set digital output Cabinet DO 9 to be Off
Set digital output Cabinet DO 10 to be Off
Linear motion kamera megkoz
Joint motion Anyag Pem 1
Subprogram: Atmeneti tar
Otherwise
Set digital output Cabinet DO 9 to be Off
Set digital output Cabinet DO 10 to be Off
Linear motion kamera megkoz
Joint motion kuka
Set digital output Cabinet DO 2 to be On
Set digital output Cabinet DO 3 to be On
Wait 1 second
Linear motion NEWPOINT1

Subprogram:Atmeneti tar
Joint motion
Position variable: ANYAG PEM
Linear motion Anyag PEMEZ
Joint motion Anyag tar1
Joint motion Anyag tar2
Linear motion Anyag tar3
Set digital output Cabinet DO 3 to be On
Set digital output Cabinet DO 2 to be On
Joint motion Anyag tar4

Restricted

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Józsa Dániel
A Hallgató Neptun kódja:	C33FBY
A dolgozat címe:	Sajtolóállomás automatizálása
A megjelenés éve:	2023
A konzulens intézetének neve:	Műszaki Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Mechatronika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és 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. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023. év 11. hó 07 nap

Hallgató aláírása

Restricted

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Szent István Campus, Gödöllő
Cím: 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
Tel.: +36-28/522-000
Honlap: https://godollo.uni-mate.hu

NYILATKOZAT

Józsa Dániel (hallgató, Neptun azonosítója: C33FBY) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót[1] áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre **javaslom / nem javaslom**[2].

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*[3]

Gödöllő, 2023. év november hó 2. nap

Mayerné Sárközi Eszter
egyetemi adjunktus
belső konzulens
MATE SZIC Műszaki Intézet
Mechatronika Tanszék

[1] A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.
[2] A megfelelő aláhúzandó.
[3] A megfelelő aláhúzandó.

Restricted