

# **SZAKDOLGOZAT**

**Kovács Aurél**

**XYE1CP**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Szent István Campus**

**Ipari gépek biztonsága szakmérnök Szak**

## **IPARI ROBOTCELLA ELŐZETES KOCKÁZATÉRTÉKELÉSE**

**Belső konzulens:** Mayerné Sárközi Eszter  
egyetemi adjunktus

**Külső konzulens:** Szalai Zoltán  
Auware Engineering Kft.,  
Key Account Manager

**Készítette:** **Kovács Aurél**  
XYE1CP  
Levelező munkarend

**Intézet/Tanszék:** **MATE SZIC Műszaki Intézet**  
**Mechatronika Tanszék**

**Gödöllő**  
**2023**

**MŰSZAKI INTÉZET**  
**IPARI GÉPEK BIZTONSÁGA SZAKMÉRNÖK**

**DIPLOMADOLGOZAT**

feladatlap

**Kovács Aurél (XYE1CP)**

részére

A diplomadolgozat címe:

**Ipari robotcella előzetes kockázatértékelése**

**Feladatkiírás:**

Bevezetés, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, Ipari robotcella bemutatása, Ipari robotcella előzetes kockázatértékelése, Gazdasági számítás, Összefoglalás

**Közreműködő tanszék:** Mechatronika

**Külső konzulens:** Szalai Zoltán, Key Account Manager, Auware Engineering Kft.

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

**Beadási határidő:** 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

**Jóváhagyom**

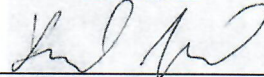


(tanszékvezető)



(szakfelelős)

**Átvettem**



(hallgató)

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

Gödöllő, 2023. 11. hó 11 nap



(külső konzulens)

# TARTALOM

|        |                                                                             |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | Bevezetés és célkitűzés.....                                                | 4  |
| 1.1.   | Téma jelentősége .....                                                      | 4  |
| 1.2.   | Célkitűzés .....                                                            | 4  |
| 2.     | Szakirodalom feldolgozás .....                                              | 6  |
| 2.1.   | Az ipari robotok.....                                                       | 6  |
| 2.2.   | A gépbiztonság EU-s jogszabályi háttere.....                                | 9  |
| 2.2.1. | A gépek megfelelőségét előíró másodlagos jogszabályok.....                  | 9  |
| 2.2.2. | A Gépdirektíva .....                                                        | 10 |
| 2.2.3. | CE jelölést előíró egyéb direktívák.....                                    | 11 |
| 2.3.   | A dolgozatban megjelenő fontosabb szabványok .....                          | 11 |
| 2.3.1. | ISO 10218-2:2011 .....                                                      | 12 |
| 2.3.2. | ISO 10218-1:2011 .....                                                      | 12 |
| 2.3.3. | ISO 12100:2011 .....                                                        | 12 |
| 2.4.   | CE jelölési folyamat .....                                                  | 14 |
| 2.5.   | HRN módszer .....                                                           | 15 |
| 2.6.   | Gyakran használt rövidítések.....                                           | 17 |
| 3.     | Ipari robotcella bemutatása .....                                           | 18 |
| 3.1.   | Használati határok.....                                                     | 19 |
| 3.1.1. | Funkció leírás.....                                                         | 19 |
| 3.1.2. | Üzem módok .....                                                            | 20 |
| 3.1.3. | Folyamatok.....                                                             | 21 |
| 3.1.4. | Interfészek, szerszámok, berendezések .....                                 | 23 |
| 3.1.5. | Külső ellátórendszerek.....                                                 | 25 |
| 3.1.6. | Részegységek gyártói által biztosított kockázatcsökkentő intézkedések ..... | 25 |
| 3.1.7. | Tápellátások .....                                                          | 26 |

|        |                                                                               |    |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.8. | Kompetenciák.....                                                             | 27 |
| 3.2.   | Térbeli határok.....                                                          | 28 |
| 3.2.1. | Mozgástartomány.....                                                          | 28 |
| 3.2.2. | Telepítési és karbantartási terek .....                                       | 29 |
| 3.2.3. | Kezelőhelyek.....                                                             | 29 |
| 3.2.4. | Újrakonfigurációs lehetőségek.....                                            | 29 |
| 3.2.5. | Szükséges hozzáférés.....                                                     | 30 |
| 3.2.6. | Alapzatok.....                                                                | 30 |
| 3.2.7. | Tápellátás, leválasztó eszközök és -berendezések számára szükséges terek..... | 31 |
| 3.3.   | Időbeli korlátok .....                                                        | 32 |
| 3.3.1. | Tervezett élettartamok .....                                                  | 32 |
| 3.3.2. | Folyamatábrák, időzítések .....                                               | 32 |
| 3.3.3. | Ajánlott szervizidők.....                                                     | 32 |
| 3.4.   | Egyéb korlátok.....                                                           | 32 |
| 3.4.1. | Környezeti jellemzők.....                                                     | 32 |
| 3.4.2. | Tisztasági szint .....                                                        | 33 |
| 3.4.3. | Feldolgozott anyagok.....                                                     | 33 |
| 3.4.4. | Veszélyes környezetek .....                                                   | 33 |
| 3.4.5. | Tapasztalatok, összehasonlítások.....                                         | 33 |
| 4.     | Ipari robotcella előzetes kockázatértékelése .....                            | 34 |
| 4.1.   | Veszélyazonosítás, kockázat becslés és kockázatértékelés.....                 | 35 |
| 4.2.   | Továbblépési lehetőségek .....                                                | 42 |
| 4.2.1. | Kockázatcsökkentés .....                                                      | 42 |
| 4.2.2. | Dokumentáció .....                                                            | 43 |
| 4.2.3. | Vizsgálatok.....                                                              | 44 |
| 5.     | Gazdasági számítás.....                                                       | 45 |

|     |                              |    |
|-----|------------------------------|----|
| 6.  | Összefoglalás.....           | 46 |
| 7.  | Summary .....                | 47 |
| 8.  | Konzulensi nyilatkozat ..... | 48 |
| 9.  | Hallgatói nyilatkozat .....  | 49 |
| 10. | Irodalomjegyzék .....        | 50 |
| 11. | Ábrajegyzék.....             | 53 |
| 12. | Táblázatjegyzék .....        | 54 |
| 13. | Mellékletek .....            | 55 |

# 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Ebben a fejezetben bemutatom a szakdolgozatomban tárgyalt problémát és annak jelentőségét, valamint a kitűzött céljaimat.

## 1.1. Téma jelentősége

Szakdolgozatom témájaként egy ipari robotcella előzetes kockázatértékelését választottam. A konkrét robotcella az Auware Engineering Kft. egyik futó projektjének részét képezi, ez szolgáltatja a témaválasztás appropóját.

Maga a cég magas minőségű ipari megoldások tervezésére és kivitelezésére szakosodott. Foglalkozik többek között ipari szoftverfejlesztéssel, gyártórendszerek kiberbiztonságával, gyártás optimalizálással, meglevő berendezések áttervezésével, de új gépek és gépegyüttesek, ezen belül pedig robotrendszerek mechanikai, elektromos és szoftveres fejlesztésével is.

Az ipari robotcellák nagyon gyakori elemei a modern gyártósoroknak. Alapvető feladatuk, hogy az emberi teljesítőképesség (erő, sebesség, ismétlési pontosság) határait meghaladó, vagy az embert hosszútávon túlságosan magas (fizikai, biológiai vagy pszichés) stressznek kitévő feladatokat, műveleteket végezzenek.

Általában a gépek, ezen belül az ipari gépek, ezen belül is az ipari robotrendszerek minden hasznukkal együtt nagyon komoly, akár több személyre kiterjedő halálos sérüléseket és/vagy egészségkárosodást okozni képes veszélyeket is hordozhatnak magukban. Egy veszélyre vonatkozó kockázat mértékét a veszély által potenciálisan okozott károsodás mértéke és a károsodás előfordulásának valószínűsége határozza meg ( [1] 5.5.2 szakasz).

Ezekkel a veszélyekkel, kockázatokkal és úgy általánosságban a gépek megfelelőségével a gép gyártója köteles foglalkozni. A gépet a jogszabályok által előírt alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények figyelembe vételével kell tervezni és gyártani ( [2]).

## 1.2. Célkitűzés

Dolgozatom elsődleges célja, hogy az Auware Engineering Kft.-nél tervezés alatt álló MAK IW 7 FLS elnevezésű ipari robotcellán elvégezzem a kezdeti kockázatértékelést.

Ennek érdekében dolgozatom első felében körbejárom az ipari robot fogalmát, foglalkozok az EU-s megfelelőségértékelés jogszabályi hátterével, bemutatom a robotcellák kockázataival szorosabban illetve a gépek kockázataival általánosan foglalkozó főbb

harmonizált szabványokat, valamint részletesen taglalom a kiválasztott kockázatértékelési módszert.

Dolgozatom második felében részletesen bemutatom a dolgozat tárgyát képező berendezést, különös tekintettel annak használati, térbeli és időbeli hatáira, valamint olyan egyéb korlátaira, mint például a tervezett felhasználási környezet.

Ezek után módszeresen haladva beazonosítom a berendezéssel kapcsolatban a koncepció kidolgozási fázisban felmerülő valamennyi veszélyt, becslést adok a feltárt veszélyek kockázataira, és értékelem, hogy mely kockázatokkal kapcsolatban lesz további teendője a tervezői csapatnak.

Ezután rövid átfogó jellegű kitekintést teszek a kockázatértékelést követő kockázatcsökkentési lépésekre, valamint a CE jelölési folyamat további lépcsőfokaira.

Dolgozatom végén becslést adok a berendezéssel kapcsolatos gépbiztonsági szakértői munka költségeire.



## 2. SZAKIRODALOM FELDOLGOZÁS

Ebben a fejezetben először az ipari robot fogalmát mutatom be, majd a robotrendszerek megfelelőségértékelésére vonatkozó jogszabályi keretrendszert, a vonatkozó harmonizált szabványokat és ezeken keresztül a dolgozatom témájául választott témakört. Röviden bemutatom a megfelelőségértékelés lépéseit, majd a dolgozatom második felében alkalmazni kívánt kockázatbecslő, -értékelő metódust.

### 2.1. Az ipari robotok

Az ipari robotok az általános robotika egyik részterülete. Mellette számos egyéb terület is található, mint például a szociális segítő- vagy épp a harcászati robotok.

Az ipari robotok jelenlegi szabványos definíciója az EU-ban: „Automatikusan vezérelt, újraprogramozható többcélú manipulátor, amelynek három vagy több tengelye programozható, helyhez kötött vagy mozgó ipari automatizálási alkalmazásokhoz használható. [3]”

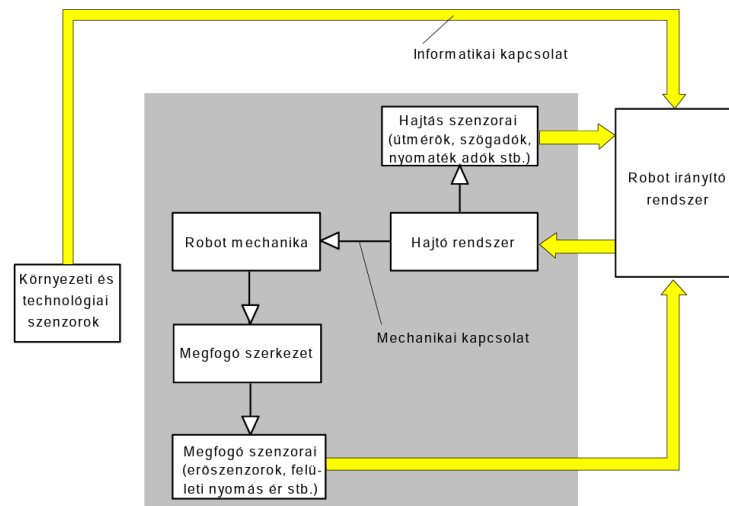
Az ipari robotok a legtöbb esetben a következő részekből tevődnek össze:

- Robot mechanika
  - o A robot munkaterének elsődleges meghatározója. Forgó vagy egyenes vonalú mozgásokat biztosító robotcsuklókból, valamint az ezeket összekötő karokból áll.
  - o Az egyes robotok alapkonfigurációját biztosítja.
- Hajtó rendszer
  - o Leggyakrabban elektromechanikus megoldással (elektromotor + áttétel), de más megoldás (például hidraulikus) is lehetséges.
- Végberendezés
  - o „Kifejezetten a mechanikus felülethez való csatlakoztatásra tervezett eszköz, amely lehetővé teszi a robot számára a feladat elvégzését.  
PÉLDA: Fogó, csavarbehajtó, hegesztő pisztoly, szóró pisztoly. [3]”
- Érzékelők
  - o A végberendezés és a hajtórendszer paramétereinek a vezérlőrendszer számára történő visszacsatolására valók.

- Robot irányító rendszer

- Főbb részei a vezérlőszekrény, a vezérlőprogram, a kézi vagy programozó vezérlőegység (teach pendant), a biztonsági vezérlés, a kommunikációs kapcsolódási pontok, az energiaforrások.

Ezt az általános felépítést mutatja be az 1. ábra is.



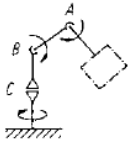
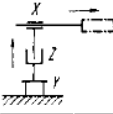
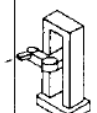
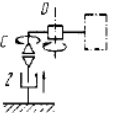
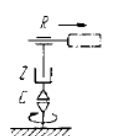
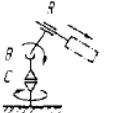
1. ábra Általános robot struktúra  
(forrás: [4])

*Megjegyzés:* Az ábrán szereplő 'Megfogó szerkezet' csak egy a lehetséges végberendezések közül.

A robotok kinematikai alapkonfigurációit az ipari robotok definíciójából [3] valamint a kialakítható csuklóstruktúrákból lehet levezetni. Definíció szerint az ipari robot legalább 3 függetlenül programozható tengellyel (csuklóval, szabadságfokkal) rendelkezik, és egy tengely két féle lehet: forgó (R, mint rotációs), vagy egyenes vonalban mozgó (T, mint translációs). Így összesen  $2^3 = 8$  megoldás lehetséges: RRR, RRT, RTR, RTT, TRR, TRT, TTR, TTT [4] [5]. Ezeket a konfigurációkat szokás jellemezni a munkaterük alakjával is, mely a konstrukciójukból adódik. Ezek közül mutat be néhány jobban elterjedt változatot a 2. ábra.

Véleményem szerint a fenti 8 megoldást adó gondolatmenet túlságosan leegyszerűsítő, nem foglalkozik ugyanis az egyes tengelyek egymáshoz viszonyított orientációjával. Ennek ékes példája, hogy az RRT megoldásra a források zöme gömbi koordinátás robotként

hivatkozik, mint elterjedtebb megoldásra. Manapság azonban gyakrabban találkozni a hengerkoordinátás RRT, azaz SCARA robotokkal (3. ábra).

| Kinematikai jelleg            | Képi nézet                                                                          | Kinematikai felépítés                                                               | Munkatér                                                                             |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Csuklókaros (függőleges síkú) |    |    |    |
| Derekszögű koordinátás        |    |    |    |
| Csuklókaros (vízszintes síkú) |    |    |    |
| Henger koordinátás            |  |  |  |
| Gömbi koordinátás             |  |  |  |

2. ábra Elterjedtebb robot-struktúrák és munkatereik  
(forrás: [4])



3. ábra SCARA robot  
(forrás: [6])

## 2.2. A gépbiztonság EU-s jogszabályi háttere

Jelenleg, az Európai Unió (a továbbiakban EU) tagjaként Magyarországon közösségi jogszabályokhoz illeszkedik a gépek forgalomba hozatalának szabályozása. [7]

Ez a szabályozási rendszer egy többretegű, bonyolult struktúra, melynek részletei és elágazásai nem képezik jelen dolgozat tárgyát, kizárólag a gépek forgalomba hozatala szempontjából érdekes ágon szeretnék végig menni.

Az EU elsődleges jogforrásai az Európai Unióról szóló szerződés (EUSZ) és az Európai Unió működéséről szóló szerződés (EUMSZ), melyek jelenlegi formájukat a Lisszaboni Szerződésben nyerték el. Ezek egy egységet képeznek és egyéb pontok mellett leírják az EU egyik legfontosabb alappillérét: az áruk szabad áramlását [7].

A Lisszaboni Szerződést a magyar Országgyűlés a 2007. évi CLXVIII. törvényben hirdette ki. [8]

Az elsődleges jogforrások mellett szükséges volt kidolgozni úgynevezett másodlagos jogszabályokat is melyek célja, hogy az elsődleges jogszabályokban előírtak teljesíthetőségét lehetővé tegyék. Ezek lehetnek:

### 1. kötelezők

- rendelet: minden tagállam közvetlenül alkalmazza, és teljesen egységes a közösségben
- irányelv: minden tagállam saját hatáskörben dönti el, hogy milyen szabályozási megoldással kíván megfelelni az irányelv követelményeinek (pl. új jogszabály készítése)
- határozat: csak a címzettjei számára kötelező

### 2. nem kötelezők

- ajánlás: általában jogértelmezés
- vélemény: általában konkrét kérdésre adott állásfoglalás

[7]

### 2.2.1. A gépek megfelelőségét előíró másodlagos jogszabályok

Az EU-ban a termékek szabad áramlásának elősegítésére egységes forgalomba hozatali feltételekre van szükség a közösség minden államában. Ezt hivatottak biztosítani az úgynevezett közösségi harmonizációs jogszabályok, melyek egy-egy ágazatra vonatkoznak. A

harmonizációs jogszabályok egységes keretrendszerét biztosítja a 768/2008/EK HATÁROZAT [9]

Ez foglalkozik a figyelembe veendő olyan általános alapelvekkel, mint hogy

1. a termékeknek minden rájuk vonatkozó jogszabálynak meg kell felelniük,
2. a termékkel kapcsolatba kerülő gazdasági szereplőknek a feladataiktól függő mértékben van felelőssége egy termék megfelelőségével kapcsolatban,
3. valamint felelősek a termékkel kapcsolatos információk megfelelőségéért is.

Leírja a közösségi harmonizációs jogszabályok követelményeit, miszerint azok létrehozásakor, amennyire lehetséges, az adott ágazat általános követelményeit kell leírniuk, és rendelkezniük kell, hogy ezen követelmények teljesítésének alapja (de nem feltétele) a jogszabályokhoz harmonizált szabványok.

Meghatározza a termékek megfelelőségének értékelésére alkalmazható eljárásokat és szabályozza ezek alkalmazását, magának megfelelőség értékelésének a követelményeit.

Beszél az EK-megfelelőségi nyilatkozat, valamint a CE-jelölés szerepéről és követelményeiről.

Lefekteti a bejelentő hatóságokra vonatkozó követelményeket és kötelezettségeket, és szabályozza a bejelentett szervezetek működését.

A II. mellékletben modulokra bontva részletesen tárgyalja a termékekre alkalmazható megfelelőségértékelési eljárásokat.

### **2.2.2. A Gépdirektíva**

Egy termék forgalomba hozatalának feltétele, hogy az adott termékkategóriára vonatkozó valamennyi jogszabályban lefektetett alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket teljesítse. Egy robotcella elsődlegesen a 2006/42/EK IRÁNYELV [2], vagy közhasználatú nevén a Gépdirektíva (angolul Machinery Directive) (illetve ennek európai parlamenti és tanácsi irányelvnek való megfelelést szolgáló 16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet [10]) hatálya alá tartozik, mert kielégíti a jogszabály által meghatározott „gép” fogalmát.

A direktíva többek között meghatározza ( [2]):

- mely termékek tartoznak a hatálya alá;
- fogalmak, melyek megkerülhetetlenek a témában;
- mik a forgalomba hozatal és üzembe helyezés feltételei;

- melyek a gépek esetén alkalmazható megfelelőségértékelési eljárások;
- melyek a CE jelölés előfeltételei és megfelelőségének kritériumai.

Mellékleteiben többek között leírja ( [2]):

- a gépek tervezéséhez és gyártásához szükséges alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelményeket;
- az EK-megfelelőségi nyilatkozat és a részben kész gép beépítési nyilatkozat tartalmi követelményeit;
- a berendezések műszaki dokumentációjának kötelező elemeit;
- az alkalmazható megfelelőségértékelési eljárásokat részletesen.

### 2.2.3. CE jelölést előíró egyéb direktívák

A termékek egynél több direktíva hatálya alá is tartozhatnak, és ilyen esetben mindegyik előírásainak meg kell felelniük.

Ezek lehetnek például

- a 2014/35/EU (Kisfeszültségű berendezések irányelv), amely az 50[V] és 1000[V] tartományba eső váltóáramú és a 75[V] és 1500[V] tartományba eső egyenáramú felhasználásra tervezett elektromos berendezésekre alkalmazandó;
- a 2014/30/EU (Elektromágneses kompatibilitási irányelv), amely a berendezések elektromágneses összeférhetőségét szabályozza.

## 2.3. A dolgozatban megjelenő fontosabb szabványok

Ebben a fejezetben a vizsgált berendezéssel kapcsolatos szabványokat fogom áttekinteni. Ennek oka, hogy a megfelelőséget legegyszerűbben a harmonizált szabványokban leírtak teljesítésével tudjuk biztosítani.

A jogszabályok legtöbb esetben csak alapvető kritériumokat fogalmaznak meg, de azok teljesítési módjáról nem sok információt adnak, a bennük megfogalmazott alapkövetelmények teljesítési módja nincs meghatározva. Ellenben ezek a jogszabályok kimondják, hogy a hozzájuk harmonizált szabványok adott kritériumra vonatkozó előírásainak teljesítése esetén vélelmezhető, hogy a berendezés, amire alkalmazva lett a szabvány megfelel a jogszabály adta alapkövetelménynek.

### 2.3.1. ISO 10218-2:2011

Teljes címe: MSZ EN ISO 10218-2:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 2. rész: Robotrendszerek és összehangolásuk (ISO 10218-2:2011)

Ez a szabvány „... az ipari robotok és ipari robotrendszerek, valamint az ipari robotcellák összehangolásának biztonsági követelményeit határozza meg... [11]”

A szabvány „... leírja az e rendszerek esetén azonosított alapvető veszélyeket és veszélyes helyzeteket, valamint előírja azokat a követelményeket, amelyek kiküszöbölik vagy megfelelően csökkentik az e veszélyekkel járó kockázatokat. [11]”

### 2.3.2. ISO 10218-1:2011

Teljes címe: MSZ EN ISO 10218-1:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 1. rész: Robotok (ISO 10218-1:2011)

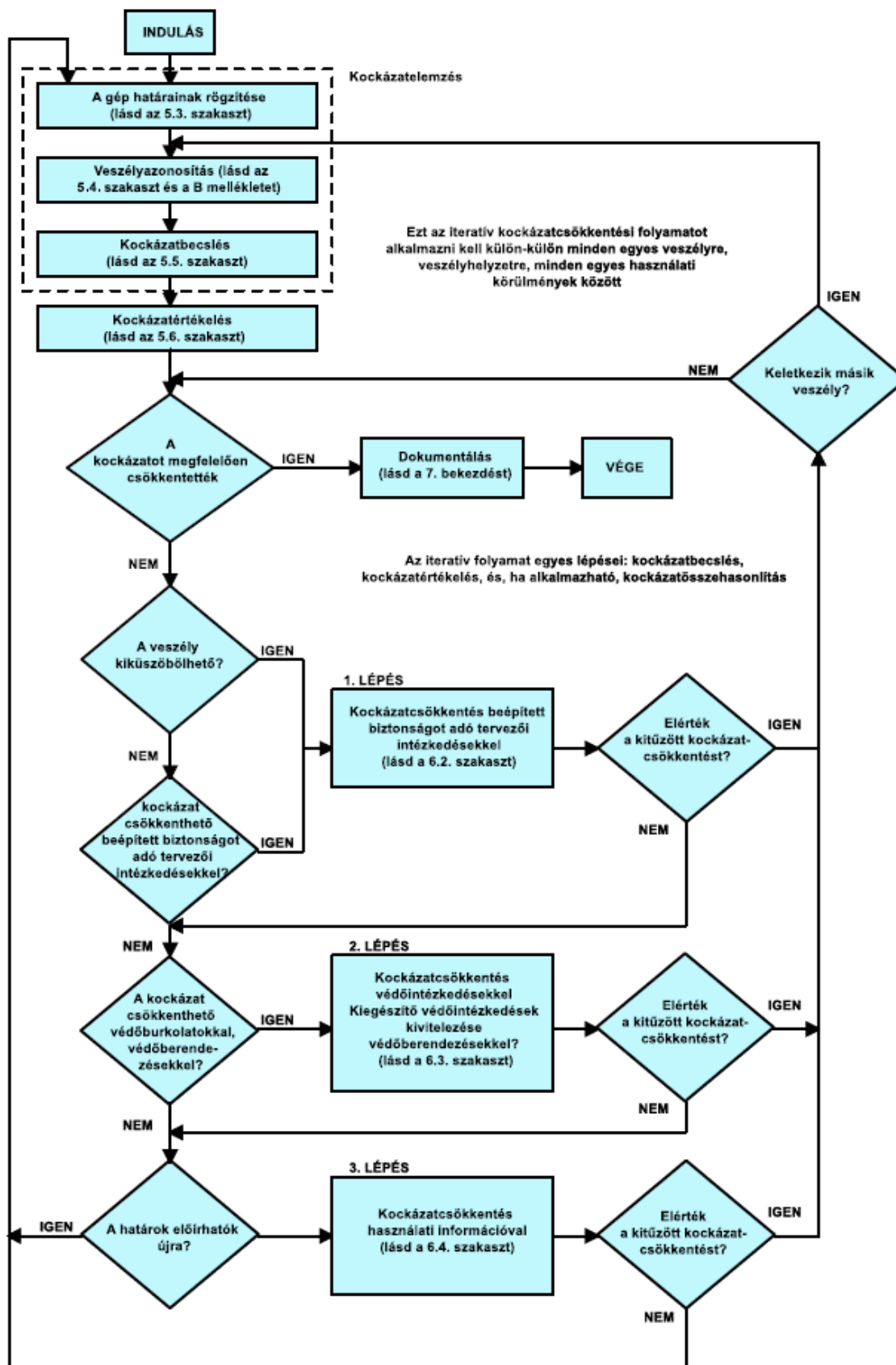
Ez a szabvány „... az ipari robotok használatával kapcsolatos követelményeket és útmutatásokat határozza meg a vele járó biztonságos tervezésre, a védőintézkedésekre és a használati útmutatóra. Ismerteti a robotokkal kapcsolatos alapvető veszélyeket, és megadja azokat a követelményeket, amelyekkel az ilyen veszélyekkel kapcsolatos kockázatok megszüntethetők vagy csökkenthetők. [3]”

### 2.3.3. ISO 12100:2011

Teljes címe: MSZ EN ISO 12100:2011 Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010)

Ez a szabvány jelenleg az egyetlen Gépdirektívához harmonizált úgynevezett A típusú szabvány. Az A típusú szabványok feladata, hogy alapvető koncepciókat, tervezési elveket és általános szempontokat adjon elégségesen biztonságos gépek fejlesztéséhez.

Foglalkozik a kockázat felméréssel és a kockázatcsökkentéssel, ezek stratégiájával, valamint dokumentálásával. A stratégiát egy jól átlátható folyamatábrán (4. ábra) is bemutatja.



4. ábra Az iteratív kockázatcsökkentési folyamat vázlata  
(forrás: [12])



Dolgozatom témája szempontjából az első 4 lépés lesz most fontos:

1. A gép határainak rögzítése.
  - Ennek jelentősége, hogy a berendezés összes életszakaszában azonosítsuk a gép jellemzőit, teljesítményeit, környezetét, a géppel kapcsolatba kerülő személyzetet és termékeket.
2. Veszélyek azonosítása
  - A gép minden életszakaszában fellépő összes előre látható veszélyt, veszélyhelyzetet és veszélyes eseményt rögzíteni kell.
3. Kockázatok becslése
  - Minden az előző lépésben azonosított veszélyre kockázatbecslést kell végezni.
4. Kockázatok értékelése
  - Az előző lépésben megbecsült kockázatokról egyesével el kell dönten, hogy elfogadható mértékűek-e vagy kockázatcsökkentő intézkedésekre van szükség.

A teljes berendezés biztonsága szempontjából természetesen a többi lépés is szükséges, különös tekintettel például a kockázatcsökkentési módszerek hierarchiájára, ezekre a dolgozatom végén a '4.2.1 Kockázatcsökkentés' fejezetben még visszatérek.

## 2.4. CE jelölési folyamat

A megfelelőségértékelést is magában foglaló CE jelölési folyamat Földi és Berencsi (2022) [12] szerint a következő lépcsőfokokból áll:

- 1) Alapkérdések tisztázása
  - azaz a gép határainak rögzítése
- 2) Jogi előírások kiválasztása
- 3) Megfelelőségértékelési eljárás kiválasztása
- 4) Alapkövetelmények beazonosítása
- 5) Kockázatfelmérés
- 6) Műszaki követelmények beazonosítása
- 7) Műszaki dokumentáció készítése
- 8) Géptípus értékelése, vizsgálatok
- 9) A minőség biztosítása
- 10) Megfelelőségi nyilatkozat kiadása

- 11) Műszaki dokumentáció véglegesítése
- 12) CE jelölés elhelyezése
- 13) Forgalomba hozatal

## 2.5. HRN módszer

A szabványok nem szabják meg egyértelműen, hogy milyen metódussal kell a kockázatokat becsülni, sőt az ISO TR 14121-2:2012 (bár nem szabvány), több lehetséges módot is megad alkalmas eszközként. Ezek közé tartozik az 5.4.4.4 bekezdésben leírt súlyozásos módszer. Ez még mindig nem ad egzakt leírást, többféle megoldás, súlyozási rendszer is használatos, ezek közül az egyik az úgynevezett HRN (Hazard Rating Number) módszer.

Ezt a módszert 1990-ben publikálták először, majd néhány évre rá változtattak kis mértékben a rendszeren, mert az első verzió megengedte a zéró értékű kockázatot is, ami a valóságban nem elérhető [13]. A továbbiakban csak a frissített módszerrel foglalkozok.

A módszer lényege, hogy a kockázat mértéke több tényező szorzataként áll elő az (1) egyenlet szerint.

$$HRN = DPH \times LO \times NP \times FE$$

(1) egyenlet  
(forrás: [13])

A tényezők:

1. DPH (Degree of Possible Harm): A lehetséges károsodás mértéke.  
Értékeit lásd: 1. táblázat
2. LO (Likelihood of Occurrence): az előfordulás valószínűsége.  
Értékeit lásd: 2. táblázat
3. NP (Number of Persons at risk): veszélyeztetett személyek száma.  
Értékeit lásd: 3. táblázat
4. FE (Frequency of Exposure): a kitettség gyakorisága.  
Értékeit lásd: 4. táblázat

Jellemzője a rendszernek, hogy bár a tényezőkhöz számértékek tartoznak, az egyes számértékeknek szövegesen megfogalmazott jelentésük van, hogy intuitívabban lehessen használni a rendszert.

A tényezők a következő táblázatokban szereplő értékeket vehetik fel.

**1. táblázat DHP értékek**

(forrás: [13]; fordítás: saját munka)

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Karcolás vagy horzsolás                                                  | 0,1 |
| Nyílt seb vagy enyhe egészségkárosító hatás                              | 0,5 |
| Kisebb csont törése vagy kisebb betegség (átmeneti)                      | 2   |
| Nagy csont törése vagy kisebb betegség (hosszan tartó)                   | 4   |
| Egy végtag vagy szem elvesztése, vagy súlyos betegség (átmeneti)         | 6   |
| Több végtag vagy szemek elvesztése, vagy súlyos betegség (hosszan tartó) | 10  |
| Halálos kimenetel                                                        | 15  |

**2. táblázat LO értékek**

(forrás: [13]; fordítás: saját munka)

|                                                          |       |
|----------------------------------------------------------|-------|
| Szinte lehetetlen / Extrém körülmények között lehetséges | 0,033 |
| Nagyon valószínűtlen, bár elképzelhető                   | 0,5   |
| Nem valószínű, de előfordulhat                           | 1     |
| Lehetséges, de szokatlan                                 | 2     |
| 50-50%, megtörténhet                                     | 5     |
| Valószínű, nem meglepő                                   | 8     |
| Valószínű, várható                                       | 10    |
| Bizonyos, kétségtelen                                    | 15    |

**3. táblázat NP értékek**

(forrás: [13]; fordítás: saját munka)

|               |    |
|---------------|----|
| 1-2 személy   | 1  |
| 3-7 személy   | 2  |
| 8-15 személy  | 4  |
| 16-50 személy | 8  |
| 50+ személy   | 12 |

**4. táblázat FE értékek**

(forrás: [13]; fordítás: saját munka)

|                  |     |
|------------------|-----|
| Ritkán           | 0,1 |
| Évente egyszer   | 0,2 |
| Havonta egyszer  | 1   |
| Hetente egyszer  | 1,5 |
| Naponta egyszer  | 2,5 |
| Óránként egyszer | 4   |
| Állandóan        | 5   |

A HRN értéket, így a tényezőket is minden veszélyre külön-külön meg kell határozni.

A kapott HRN értékek az 5. táblázat szerint értékelhetők. Az 5. táblázat 'Osztályozás' oszlopa azt az értékelési rendszert mutatja, amit a későbbiekben alkalmazni fogok.

5. táblázat HNR értékek osztályozása  
(forrás: [13] + saját munka; fordítás: saját munka)

| HRN                                 | Kockázat        | Osztályozás                                                   |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------|
| $(0,00033 \leq) \text{HRN} < 1$     | Elhanyagolható  | Preferált, kockázatcsökkentés nem szükséges                   |
| $1 \leq \text{HRN} < 5$             | Nagyon alacsony |                                                               |
| $5 \leq \text{HRN} < 10$            | Alacsony        | Elfogadható, kockázatcsökkentés nem szükséges                 |
| $10 \leq \text{HRN} < 50$           | Jelentős        | Feltételesen elfogadható, kockázat csökkentés szükséges lehet |
| $50 \leq \text{HRN} < 100$          | Magas           | Nem elfogadható, kockázatcsökkentés szükséges                 |
| $100 \leq \text{HRN} < 500$         | Nagyon magas    |                                                               |
| $500 \leq \text{HRN} < 1000$        | Szélsőséges     |                                                               |
| $1000 \leq \text{HRN} (\leq 13500)$ | Elfogadhatatlan |                                                               |

Az 5. táblázat HNR értékeit a forrástól eltérő formátumban adtam meg, az egyértelműbb osztályozhatóság végett. Ugyanezen a táblázat 'Osztályozás' oszlopában a „Feltételesen elfogadható” azt jelenti, hogy mérlegelendő, hogy van-e szükség kockázatcsökkentésre és indokolandó, hogy esetleg miért nincs. Például, ha egyéb üzemi előírások miatt garantálható, hogy csak az alapvető munkavédelmi oktatáson átesett személyek kerülhetnek kapcsolatba a berendezéssel, akkor adott esetben nem szükséges további kockázatcsökkentés.

## 2.6. Gyakran használt rövidítések

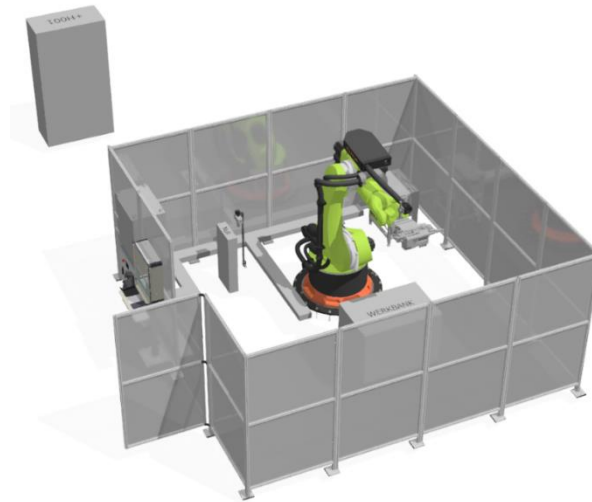
Ebben a fejezetben a gyakran előforduló rövidítések értelmezését adom meg.

6. táblázat Gyakran használt rövidítések a dolgozatban  
(forrás: saját munka)

|     |                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| EU  | Európai Unió                                                                                |
| ISO | International Organization for Standardization (magyarul Nemzetközi Szabványügyi Szervezet) |
| MSZ | Magyar Szabvány                                                                             |
| EN  | Europäische Norm (vagy European Norm) (magyarul: európai szabvány)                          |
| HMI | Human-Machine Interface (magyarul: ember-gép felület, kezelői felület)                      |
| #   | sorszám                                                                                     |
| TBD | To Be Decided vagy To Be Discussed (magyarul: később dől el, vagy még beszélni kell róla)   |

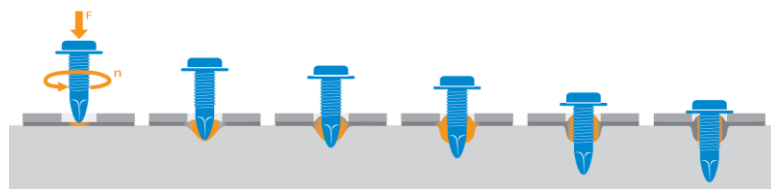
### 3. IPARI ROBOTCELLA BEMUTATÁSA

Ebben a fejezetben a témám alanyául szolgáló MAK IW 7 FLS elnevezésű berendezést mutatom be (5. ábra).



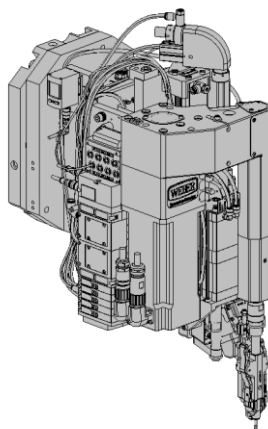
5. ábra MAK IW 7 FLS ipari robotcella

A berendezés egy feladata, hogy autóiipari lemezalkatrészeket rögzítsen egymáshoz folyatófúrásos csavarkötés technológiával. A technológia működési elve, hogy a különleges kialakítású kötőelem hegyét az alapanyaghoz szorítják és közben nagy fordulatszámmal forgatják. Ennek hatására az alapanyag felmelegszik, kilágyul, és a kötőelem hegye áthatol az anyagon. Ezután csökkentett fordulatszám és előtolás mellett a kötőelem forgácsképzés nélkül menetet hoz létre magának. Végül kis hűlési idő után a kötőelemet az előírt nyomatékkaal meghúzzák. Így előzetes megmunkálás nélkül, egy oldalról egy lépésben hozható létre akár több, akár különböző anyagminőségű rétegeket rögzítő kötés. (6. ábra)



6. ábra A folyatófúrásos csavarkötés létrehozásának lépései  
(forrás: [14])

Ezt a művelethez egy speciális, a WEBER Schraubautomaten GmbH által erre a célra kifejlesztett rendszer, az RSF30L végzi (7. ábra).



*7. ábra Az RSF30 rendszer fej egysége*

Fontos megjegyezni, hogy a bemutatott konstrukció még nem egy kész terv, hanem a tervezési folyamat elején tartó koncepció. Az elvégezni kívánt kockázatelemzés és értékelés az első a kockázatcsökkentési folyamat lépései közül.

A berendezés egyedi megrendelésre, egyedi specifikációval készül. A dolgozat írásakor a specifikáció még nem rögzített, ezért vannak pontok, ahol nem adható egzakt, teljes válasz.

A következőkben a kockázatelemzés első lépését, azaz a gép határainak rögzítését teszem meg, amely kiválóan alkalmas arra, hogy áttekinthető képet adjon a celláról, és a vevő által kért működéséről.

Egy berendezés határainak rögzítése az első lépése a szabványos kockázatcsökkentési folyamatnak, de tulajdonképpen az egész megfelelőségértékelési folyamatnak is. Ez az a feladat, ami során megismerjük a vizsgálandó berendezést. A szabványok útmutatást adnak a figyelembe veendő korlátokra is. A berendezés határait az MSZ ISO 10218-2:2011 [11] szabvány 4.3.2 szakaszára alapozva azonosítom be.

### 3.1. Használati határok

#### 3.1.1. Funkció leírás

##### 3.1.1.1. Funkció

A berendezés funkciója autóipari lemezalkatrészek összeszerelése folytatófúrásos csavarkötés technológiával. A berendezés feladata nem sorozatgyártás, hanem eseti megmunkálás kézi kiszolgálással, félautomata üzemmódban.

#### 3.1.1.2. *Rendeltetésszerű használat*

A berendezés az előző pontban leírt folyamatot kizárólag a következő alapanyagokkal hivatott elvégezni:

- alapanyag: A típus
- alapanyag: B típus
- csavar: X típus

*Megjegyzés:* A projekt jelenlegi szakaszában az alapanyagokra vonatkozóan csak korlátozott információm van. A tervezés során ebben a pontban egyértelműen azonosítani kell majd, hogy milyen alkatrészeket kell milyen csavarokkal összeszerelni, és ezek a csavarkötések milyen pozíciókba kell, hogy kerüljenek. Ez az információ az alkatrészek műszaki leírásából, adatlapjaiból, műszaki rajzaiból, valamint az összeszerelési művelethez szükséges műszaki rajzokból és technológiai leírásokból áll.

A rendszer képességeihez mérten több alkatrész + csavar + pozíció kombináció is elképzelhető különböző megmunkálási paraméterekkel, ezeket rögzíteni szükséges legkésőbb a műszaki dokumentáció lezárása előtt.

#### 3.1.1.3. *Rendellenes használat*

- A felhasználói dokumentációban rögzítettől eltérő külső ellátórendszerekkel (elektromos betáplálás, pneumatika betáplálás) történő használat.
- A robotnak a felhasználói dokumentációban leírttól eltérő szerszámmal történő használata.
- A felhasználói dokumentációban rögzítettől eltérő termékekkel, anyagokkal történő használat (pl. más csavar típus)
- Biztonsági berendezések szándékos megkerülésével történő üzemeltetés.
- A cellában előre nem leírt egységek alkatrészek, termékek tárolása.
- (Egyéb, a tervezés későbbi fázisaiban felmerülő pontok.)

### 3.1.2. *Üzem módok*

#### 3.1.2.1. *Automata üzem mód*

- A cella zárva van.
- A kezelő utasítására a robot alapállapotból az előre programozott pozíciókba viszi az csavarozófejet és a teljes folytatófűrészes csavarozó rendszerrel együttműködve

automatikusan létrehozza a programozott csavarkötéseket, majd visszatér alapállapotba, ahol várja a következő utasítást.

#### 3.1.2.2. *Kézi üzemmód (kézi nagy sebesség)*

- A cella zárva van.
- A beállításra szoruló részegységek paraméterei szabadon állíthatók.

#### 3.1.2.3. *Tanítás üzemmód (kézi csökkentett sebesség)*

- A cella nyitható.
- Háromállású engedélyező kapcsoló félig lenyomva tartása mellett, a feltétlenül szükséges mozgások, csökkentett sebesség és nyomaték mellett beállíthatók.

#### 3.1.2.4. *Szerviz üzemmód*

- A robot automatikusan olyan pozícióba áll, ahol a kezelő könnyen hozzáfér az csavarozófejhez, hozzáfér a csavaradagolóhoz utántöltés céljából, valamint lehetővé teszi a berendezés minél egyszerűbb takarítását.
- Utána a cella nyitható.

### 3.1.3. *Folyamatok*

#### 3.1.3.1. *Normál gyártási folyamat*

1. A gépkezelő kinyitja az ajtót és bemegy a cellába.
2. Behelyezi a megmunkálandó alkatrészeket a munkapadon kialakított tesztfészekbe.
3. Rögzíti az alkatrészeket a munkaasztal fészkében.
4. Elhagyja a cellát és becsukja az ajtót.
5. Nyugtázza a vészkört.
6. A berendezés bezárja az ajtózárat.
7. A gépkezelő HMI-n átváltja a berendezést 'Automata üzemmód'-ba (ha esetleg nem ott volna), majd elindítja munkaciklust.
8. A robot folytatófúrásos csavarozási technológiával (6. ábra) automatikusan csavarkötést hoz létre az alkatrészek között több előre meghatározott pozícióban.
9. A berendezés részegységei (robot, csavarozófej, csavaradagoló) alaphelyzetbe mozognak.



10. A berendezés várakozik, hogy a megmunkálás során felforrósodott részek (pl. termék, ülék)) lehűljenek.
11. A berendezés lehetővé teszi az ajtó nyitását és jelzi is.
12. A gépkezelő kezdeményezi az ajtónyitást.
13. A berendezés kioldja az ajtózárat.
14. A gépkezelő kinyitja az ajtót és bemegy a cellába.
15. Kiveszi a kész terméket az ülékből.
16. Kimegy a cellából és becsukja az ajtót.

#### *3.1.3.2. Beállítási folyamat zárt cella ajtónál*

1. A gépbeállító a HMI-n átváltja a berendezést 'Kézi üzemmód'-ba.
2. A HMI vagy/és a robot teach pendantja segítségével beállítja a kívánt paramétereket a berendezés egyes részegységein.
3. A HMI-n kilép a 'Kézi üzemmód'-ból.

#### *3.1.3.3. Beállítási folyamat nyitott cella ajtónál*

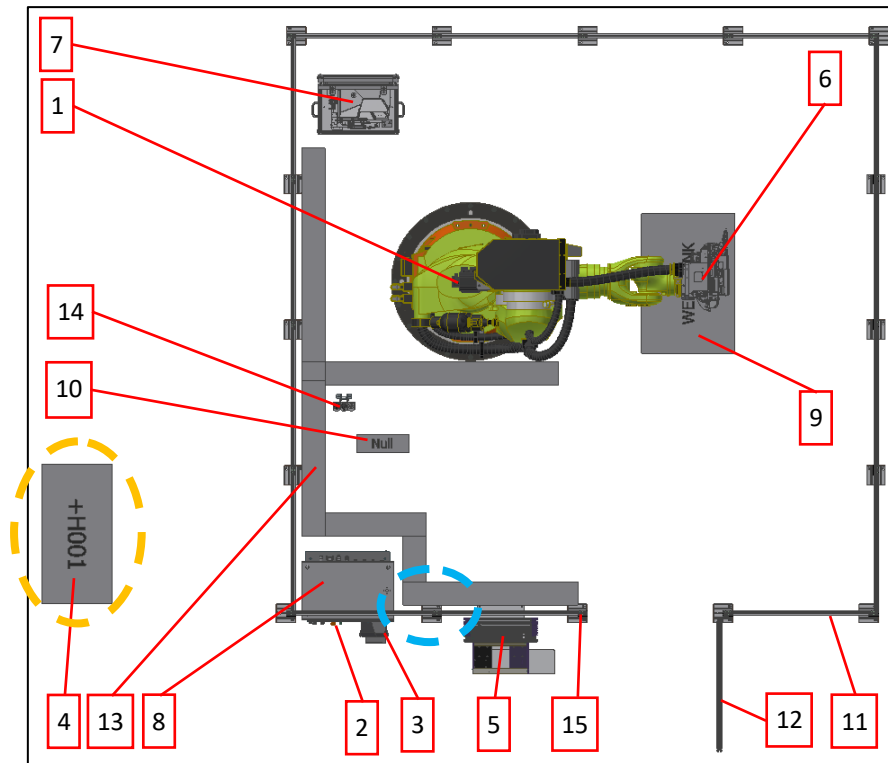
1. A gépbeállító a HMI-n átváltja a berendezést 'Tanítás üzemmód'-ba.
2. Kezdeményezi az ajtónyitást.
3. A berendezés kioldja az ajtózárat.
4. A gépbeállító kinyitja az ajtót.
5. Kezdeményezi a vészkör 'Tanítás üzemmód'-ját.
6. Bemegy a cellába.
7. A robot teach pendantján félig benyomja bármelyik három állású engedélyező kapcsolót.
8. A robot teach pendantja segítségével beállítja a kívánt paramétereket a 'Tanítás üzemmód'-ban is mozgatható részegységeken. A végbrendezés és a csavaradagoló nem mozgatható ebben az üzemmódban.
9. Elhagyja a cellát és becsukja az ajtót.
10. A HMI-n kilép a 'Tanítás üzemmód'-ból.
11. Nyugtázza a vészkört.
12. A berendezés bezárja az ajtózárat.

#### 3.1.3.4. Szerviz folyamatok

1. A karbantartó vagy a takarító a HMI-n átváltja a berendezést 'Szerviz üzemmód'-ba.
2. A berendezés részegységei a szerviznek megfelelő állapotukba mozognak.
3. A berendezés lehetővé teszi az ajtó nyitását és jelzi is.
4. A karbantartó vagy a takarító kezdeményezi az ajtónyitást.
5. A berendezés kioldja az ajtózárat.
6. A karbantartó vagy a takarító kinyitja az ajtót és bemegy a cellába.
7. Elvégzi a szükséges műveletek egyikét vagy többet is az üzemeltető munkautasítása szerint.
  - csavaradagoló feltöltése/leürítése
  - takarítás
  - kondenzvíz leeresztés a levegő előkészítóből
  - pneumatika szűrők cseréje
  - egyéb karbantartás
8. Elhagyja a cellát és becsukja az ajtót.
9. Nyugtázza a vészkört.
10. A berendezés bezárja az ajtózárat.
11. A karbantartó vagy a takarító a HMI-n kilép a 'Szerviz üzemmód'-ból.

#### 3.1.4. Interfészek, szerszámok, berendezések

A 8. ábra a cellát felülnézetben mutatja a részegységek számozásával, a 7. táblázat pedig a részegységeit írja le.



8. ábra A robotcella felülnézeti képe

7. táblázat A robotcella részegységei a 8. ábra alapján

| # | Részegység                                  | Funkció                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Robot   KUKA KR 360 R2830 Fortec-1          | A csavarozó fej pozicionálása                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2 | Robot vezérlőszekrénye   KUKA KRC5 Dualcab  | A robot mozgásának vezérlése és biztonsági vezérlése.                                                                                                                                                                                                         |
| 3 | Robot kézi vezérlő egysége   KUKA smartPAD  | A robotvezérlő HMI-je                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4 | Elektromos kapcsolószekrény (TBD)           | Itt található a teljes berendezés tápellátása, elektromos védelmi eszközök (pl kismegszakítók, életvédelmi relék stb.), a PLC, a vész kör vezérlőelemei, a belső és külső kommunikációért felelős eszközök, a teljesítményvezérlők egy része, sorkapcsok stb. |
| 5 | HMI (TBD)                                   | A robotcella HMI-je.                                                                                                                                                                                                                                          |
| 6 | Folyatófúrásos csavarozó fej   WEBER RSF30L | A jelen berendezés fő munkavégző egysége. Ez hozza létre azokat a csavarkötéseket, ami miatt a berendezés készül.                                                                                                                                             |

7. táblázat (folytatás) A robotcella részegységei a 8. ábra alapján

| #  | Részegység                                                                 | Funkció                                                                           |
|----|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | Csavaradagoló   WEBER ZEL1350                                              | Az csavarozó fejet látja el kötőelemmel.                                          |
| 8  | Csavarozó rendszer vezérlőszekrénye   WEBER 137601 G                       | A csavarozó fej és a csavaradagoló egységek működését vezérli.                    |
| 9  | Munkaasztal (TBD)                                                          | A munkadarabok megmunkálás közbeni biztonságos rögzítésére szolgál.               |
| 10 | Fej bemérő állomás (Nullabgleich)                                          | A csavarozó fej pozíció kalibrálását és pozíció ellenőrzését végző egység.        |
| 11 | Rögzített távolságtartó védőburkolat (aluprofil váz, polikarbonát felület) | A veszélyes térhez való hozzáférést akadályozó védőintézkedés.                    |
| 12 | Zárható reteszelt védőburkolat (aluprofil váz, polikarbonát felület)       | A veszélyes térhez való hozzáférést feltételelesen lehetővé tevő védőintézkedés.  |
| 13 | Kábelcsatornázás (felső felület talajtól mért távolsága: 300[mm])          | A média (elektromos, kommunikáció, pneumatikus) biztonságos elvezetésére szolgál. |
| 14 | Sűrített levegő szakaszoló egység (robot leválasztására)                   | A robot sűrített levegő ellátását hivatott leválasztani.                          |
| 15 | Reteszelt ajtózár   EUCHNER MGB-L2HEB-PNC-R-122336                         | A zárható reteszelt védőburkolat reteszelését és zárhatóságát biztosító eszköz.   |

### 3.1.5. Külső ellátórendszerek

A berendezéshez nem csatlakozik külső ellátórendszer (konvektor stb.).

### 3.1.6. Részegységek gyártói által biztosított kockázatcsökkentő intézkedések

Az EK megfelelőségi nyilatkozattal vagy részben kész gép beépítési nyilatkozattal rendelkező részegységek szerves tartozéka azok felhasználói kézikönyve. A felhasználói kézikönyv rögzíti a részegység gyártója által alkalmazott, illetve részben kész gépek esetén a rendszer integrátor által alkalmazandó kockázatcsökkentő intézkedéseket, folyamatokat, teendőket a robot különböző életszakaszaiban és üzemmódjaiban, valamint információt ad a fennmaradó kockázatokról.

A robot biztonsági funkciói:

- külső biztonsági berendezés (például biztonsági védőburkolat felügyeleti eszköz) felügyelet
- vészleállító nyomógomb a kézi vezérlőegységen
- csatlakoztatási lehetőség külső vészleállító nyomógomb számára
- háromállású engedélyező kapcsoló a kézi vezérlőegységen
- csatlakoztatási lehetőség külső engedélyező kapcsoló számára
- sebesség felügyelet biztonsági kézi csökkentett sebesség üzemmódban
- külső biztonsági leállítás funkció (1. leállítási kategória) [15]
- külső biztonsági leállítás funkció (2. leállítási kategória) [15]
- külső biztonságos működési leállítás (SOS) [16]
- biztonsági kimenet

A robot és robotvezérlő a fent leírt biztonsági funkciókat **3. kategóriájú** felépítéssel és  **$PL = d$**  teljesítményszinten biztosítja. [17] [3]

### 3.1.7. Tápellátások

A 8. ábra mutatja a médiacsatlakozások várható helyét. Az alábbi listában az üzemeltető oldaláról elvárt teljesítmények és csatlakozási kialakítások vannak rögzítve.

- Villamos betápcsatlakozás (sárga szaggatott vonal)
  - 400[V] AC, 50[Hz], 32[A](TBD)
  - direkt bekötés
- Védőföldelés
  - külön zöld-sárga ér, 10[mm<sup>2</sup>]
  - direkt bekötés
- Kommunikáció csatlakozás (sárga szaggatott vonal)
  - RJ45
  - Ethernet
- pneumatikus betápcsatlakozás (kék szaggatott vonal)
  - max. 7[bar], min. 300[liter/perc]
  - tisztasági osztály MSZ ISO 8573-1:2011 szerint: 7:4:4
  - G1/2 belső menet vagy FESTO NPHS-D6-P biztonsági gyorscsatlakozó

### *3.1.8. Kompetenciák*

A berendezéssel kapcsolatba kerülő minden személy elegendő ismerettel kell rendelkezzen ahhoz, hogy a munkáját biztonságosan végezhesse. Ismernie kell a berendezés típusára jellemző általános, illetve a konkrét berendezésre jellemző specifikus veszélyeket olyan szinten, amit az általa elvégzendő munka megkíván.

A munkáltató feladata a személyzet megfelelő képzettségéről gondoskodni, illetve azt időszakosan ellenőrizni.

#### *3.1.8.1. Integrátor*

A berendezést gyártó, vagy gyártói jogkörrel rendelkező személy. A berendezés minden részletére kiterjedően elegendő információval rendelkezik, hogy a mechanikai, elektromos és fluid rendszereken, valamint normál és biztonsági vezérlőprogramokon módosításokat hajtson végre. Ugyanakkor felelős azért, hogy a berendezés biztonságos legyen a többi felhasználó számára, és a berendezés működtetéséhez szükséges információkat előállítsa és a felhasználónak átadja.

#### *3.1.8.2. Szállító*

A berendezés (és részegységeinek) szállítását, mozgatását végző személy. Ajánlott, hogy tapasztalt, a nehéz gépek szállításának veszélyeire kioktatott személy legyen.

#### *3.1.8.3. Gépbeállító*

A berendezés beállítását, tanítását, programozását, átállítását végző személy. A gépek beállítása körüli speciális veszélyekre megfelelően kioktatott, kellő körültekintéssel és munkafegyelemmel rendelkező személy lehet.

#### *3.1.8.4. Karbantartó*

A berendezés összeszerelését, telepítését, beüzemelését, üzemén kívül helyezését és szerelését végző szakember. A gépek szerelése körüli speciális veszélyekre megfelelően kioktatott, kellő körültekintéssel és munkafegyelemmel rendelkező személy lehet.

#### *3.1.8.5. Gépkezelő*

A berendezés normál üzem közbeni kezelését végzi.

A berendezés egészséges, európai, felnőtt, munkaképes, fele férfi fele nő populáció általi használatra készül, ipari környezetben történő felhasználásra, feltételezve a nagyközönség kizárását.

A gépkezelőket ki kell oktatni az elvégzendő munkafolyamatokra és a berendezés veszélyeire és azok elkerülésének lehetőségeire.

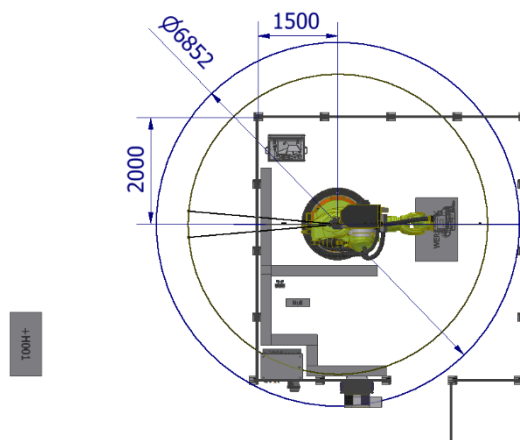
#### 3.1.8.6. *Takarító*

A berendezés és környékének takarítását végzi. Általános munkavédelmi oktatáson részt vett személy lehet.

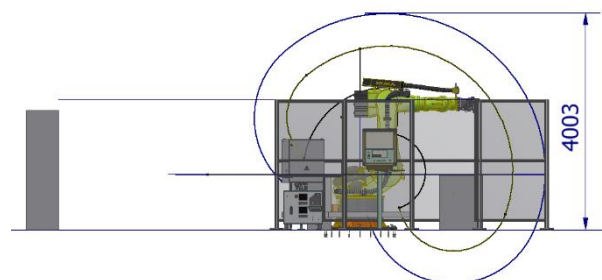
### 3.2. Térbeli határok

#### 3.2.1. *Mozgástartomány*

A berendezésben a robot képes mozgásra, mely a végberendezéssel együtt a 9. ábra és a 10. ábra által ábrázolt területet képes elérni.



9. ábra A berendezés méretei – felülnézet



10. ábra A berendezés méretei – előlnézet

### 3.2.2. Telepítési és karbantartási terek

A zökkenőmentes telepítéshez a cella tervezett alaprajzát körülölelő 1500[mm] széles sáv szabadon hagyása és elkerítése javasolt a telepítés idejére (12. ábra; 'Hely telepítéshez' terület).

A cella belső területének karbantartása, tisztítása során fokozott figyelemmel kell eljárni. A műveletek elvégzése után a cella padlóján ne maradjon semmilyen alkatrész, részegység szerelési hulladék stb. (12. ábra; 'Cella szerviz és tanítási terület').

Az elektromos szekrények szervizeléséhez szükséges (és épp ezért szabadon hagyandó) terület szélességét a szekrényajtók 120[°]-ban való nyithatósága határozza meg, mélységben pedig 1500[mm] helyet kell szabadon hagyni (12. ábra; 'Kapcsolószekrény szerelési terület').

### 3.2.3. Kezelőhelyek

A berendezés a következő kezelőhelyekkel rendelkezik:

#### 3.2.3.1. Berendezés fő HMI

A berendezés fő kezelőfelülete, mely érintőképernyős, nyomógombos és LED-es beviteli és kijelzési lehetőségekkel rendelkezik. Helye: a kijelző előtti 800[mm] x 800[mm]-es terület (12. ábra; 'HMI kezelési terület')

#### 3.2.3.2. Robot rendszer kézi vezérlője

Ebben az esetben a kezelési pozíciónak a kézi vezérlő csatlakozó kábelének hossza szab határt, de jellemzően a következőkre korlátozódik:

- a cella körül a körbejárhatósághoz, és akadálytalan betekintéshez szükséges 800[mm] széles sáv (12. ábra; 'Cella megfigyelési terület');
- a cella belső területe tanítási munkákhoz (12. ábra; 'Cella szerviz és tanítási terület').

#### 3.2.3.3. Ajtózár

A reteszelt ajtózáron is vannak kezelő és visszajelző elemek. Ezek elsősorban a vészköri funkciók, mint például az ajtó nyitás kérés, vagy vész kör visszaállítás vezérlésére használatosak.

### 3.2.4. Újrakonfigurációs lehetőségek

A berendezésnek csak egyetlen konfigurációja van.



### 3.2.5. Szükséges hozzáférés

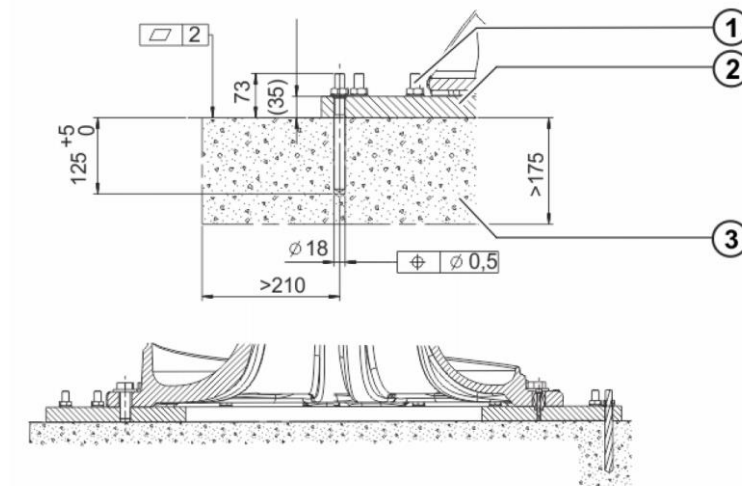
A berendezés kívülről 270[°]-ban körbejárható.

A berendezés belseje egy darab zárható reteszelt védőburkolati elemen (ajtó) keresztül közelíthető meg. Az ajtó elegendő szélességű a normál üzemhez, karbantartáshoz, szervizeléshez, tanításhoz szükséges hozzáférésre.

### 3.2.6. Alapzatok

#### 3.2.6.1. Robot alapozás

A robot a gyártói telepítési útmutatóban leírtak szerinti rögzítéssel rendelkezik, alaplemezes megoldással. Az alaplemez rögzítése kémiai úton kötő ragasztóval ragasztott, dinamikus terhelésre tervezett dübelekkel, legalább C20/25 minőségű (DIN EN 206-1:2001 / DIN 1045-2:2008), maximum 5[°] dőlésszögű, legalább 175[mm] vastag beton alaphoz történik (11. ábra). [18]



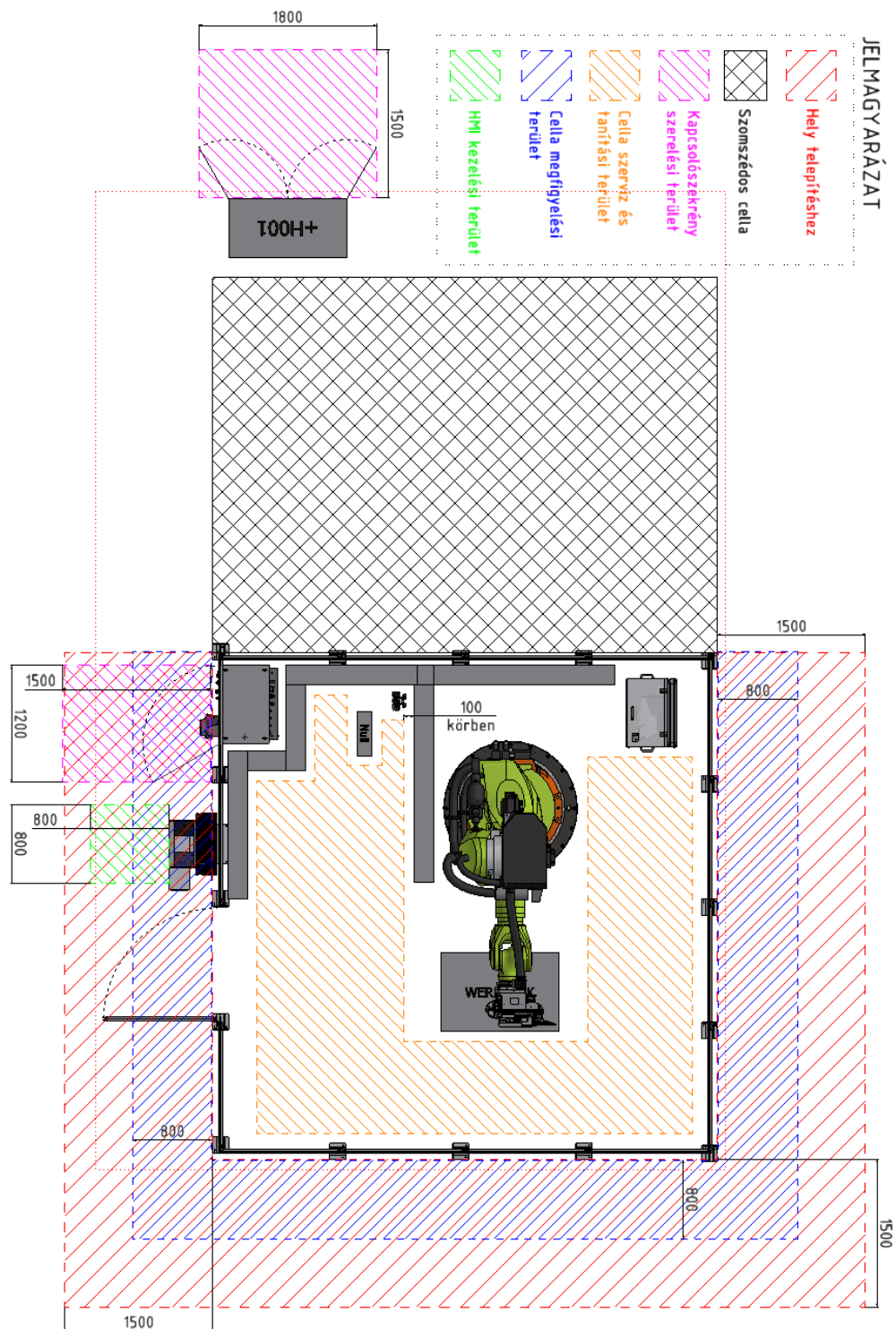
11. ábra Robot alapozás (1: ragasztott dübel; 2: alaplemez; 3: beton alap)  
(forrás: [18] p. 157)

#### 3.2.6.2. Egyéb részegységek alapozás

Az egyéb részegységeknél (kerítéselemek, kábeltálcák, kapcsolószekrények, munkaasztal stb.) nincs dinamikus igénybevétel, ezért rögzítése standard alapsavarokkal (például FISCHER FBN II) történik, a gyártó egyéb előírásának hiányában.

### 3.2.7. Tápellátás, leválasztó eszközök és -berendezések számára szükséges terek

A tápellátások leválasztó eszközeinek eléréséhez és működtetéséhez elegendő helyet kell hagyni a berendezés körül.



12. ábra Cella körüli nevezetes területek

### 3.3. Időbeli korlátok

#### 3.3.1. Tervezett élettartamok

A berendezés tervezett élettartama 10[év].

Az egyes részegységek élettartama ennél kevesebb lehet, ezért a tervezett élettartamon belüli cserére lehet szükség. Az erre vonatkozó információkat a felhasználói kézikönyv Karbantartás fejezete fogja tartalmazni.

#### 3.3.2. Folyamatábrák, időzítések

A berendezés által üzemszerűen elvégzett munkafolyamatot a '3.1.3.1 Normál gyártási folyamat' fejezet írja le.

A normál gyártási folyamat jellegéből kifolyólag, berendezéssel kapcsolatban nem határozható meg egzakt ciklusidő. A csavarozási pozíciók számától, a munkadaraboktól és a gép kezelőjétől függően a ciklusidő minimálisan 1[perc/darab] környékére várható, de ennek sokszorososa is lehetséges.

#### 3.3.3. Ajánlott szervizidők

Az ajánlott szervizidőket a felhasználói kézikönyv Karbantartás fejezete fogja tartalmazni.

### 3.4. Egyéb korlátok

#### 3.4.1. Környezeti jellemzők

##### 3.4.1.1. Klíma

A berendezést az IEC 60721-3-3:2019 szabvány [19] szerinti 3K22 osztályú klímakörnyezetre terveztem (8. táblázat).

##### 3.4.1.2. Tengerszint feletti magasság

A berendezés az átlagos tengerszint feletti 1000[m] alatt történő használatra lett tervezve. (MSZ EN 60204-1:2019 [15])

*8. táblázat A 3K22 A klímakörnyezet határértékei  
(forrás: [19]; fordítás és szerkesztés: saját munka)*

|                                     |                                                                   |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Min. levegő hőmérséklet             | +5[°C]                                                            |
| Max. levegő hőmérséklet             | +40[°C]                                                           |
| Min. relatív páratartalom           | 5%                                                                |
| Max relatív páratartalom            | 85%                                                               |
| Min. abszolút páratartalom          | 1[g/m <sup>3</sup> ]                                              |
| Max. abszolút páratartalom          | 25[g/m <sup>3</sup> ]                                             |
| Max. hőmérséklet változási sebesség | 0,5[°C/perc]                                                      |
| Min. légnyomás                      | 70[kPa]                                                           |
| Max. légnyomás                      | 106[kPa]                                                          |
| Max. napsugárzás                    | 700[W/m <sup>2</sup> ]                                            |
| Hőszugárzás                         | elhanyagolható<br>(3Z1 az IEC 60721-3-3:2019 2. táblázat szerint) |
| Max. környező légsebesség           | 1[m/s]                                                            |
| Kondenzáció                         | nem fordulhat elő                                                 |
| Fröccsenő víz                       | nem fordulhat elő                                                 |
| Jég képződés                        | nem fordulhat elő                                                 |

#### **3.4.2. Tisztasági szint**

A berendezés 1. szennyezettségi fokozatra lett tervezve. (MSZ EN IEC 60664-1:2021 [20])

A villamos szerkezetek védelme legalább IP22. (MSZ EN 60529:2015 [21])

#### **3.4.3. Feldolgozott anyagok**

A berendezés által üzemszerűen felhasznált anyagokat a '3.1.1.1 Funkció' fejezet írja le.

#### **3.4.4. Veszélyes környezetek**

A berendezés nem üzemeltethető

- robbanásveszélyes területen;
- korrozív környezetben;
- magas részecskesugárzással terhelt területen.

#### **3.4.5. Tapasztalatok, összehasonlítások**

Nincs elérhető korábbi tapasztalat.

## 4. IPARI ROBOTCELLA ELŐZETES KOCKÁZATÉRTÉKELÉSE

Ebben a fejezetben először a berendezéssel kapcsolatos veszélyeket azonosítom, majd a veszélyekhez kapcsolható kockázatokat becsülöm meg, végül értékelem is azokat a HRN módszerrel.

Az egyes veszélyeknél feltüntettem, hogy

- milyen típusú veszélyről van szó;
  - Me: mechanikai veszélyek
  - Vi: villamos veszélyek
  - Hő: hőhatás veszélyei
  - Za: zajveszélyek
  - Re: rezgésveszélyek
  - Su: sugárzásveszélyek
  - An: anyag/Készítmény veszélyek
  - Er: ergonómiai veszélyek
  - Kö: a gép használati környezetével kapcsolatos veszélyek
  - Ko: Veszélykombinációk
- mi a veszély lehetséges következménye;
- mi a veszély forrása, mi okozza a károsodást;
- melyik szabvány 'Jelentős veszélyek listája'-ból származik;
  - MSZ EN ISO 10218-2:2011 [11]
  - MSZ EN ISO 10218-1:2011 [3]
  - MSZ EN ISO 12100:2011 [1]
- a berendezés mely részén fordulhatnak elő, hol található a veszélyzóna;
- a berendezés mely életszakasz/üzemmód/kezelő kombinációiban jelenik meg.

Az utolsó pont magyarázata: veszélyazonosításakor figyelembe vettem a berendezés életszakaszait, üzemmódjait (lásd '3.1.2 Üzemmódok' fejezet) és az ezekhez kapcsolódó felhasználói teendőket és kompetenciákat (lásd '3.1.8 Kompetenciák' fejezet), és kialakítottam a 9. táblázatban látható rendszert, amely úgy csoportosít Életszakasz/Üzemmód/Kezelő kombinációkat egy-egy betűkód alá, hogy azokat a jelen berendezés esetében, veszélyazonosítás szempontjából, tovább bontani nem érdemes.

9. táblázat A berendezés életszakaszai, üzemmódjai és kezelői közötti összefüggés

| Kód | Életszakaszok                                                                                                                            | Üzemmód          | Érintett személyek                         |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------|
| A   | Szállítás                                                                                                                                | (energia mentes) | szállító                                   |
| B   | Szerelések<br>(összeszerelés, telepítés, üzembe helyezés, hibakeresés, zavarelhárítás, átszerelés, üzemben kívül helyezés, szétszerelés) | (energia mentes) | integrátor,<br>karbantartó                 |
| C   | Szoftveres beállítások<br>(beállítás, tanítás, programozás, átállítás, hibakeresés, zavarelhárítás)                                      | Kézi üzemmód     | integrátor,<br>karbantartó,<br>gépbeállító |
| D   | Szoftveres beállítások<br>(beállítás, tanítás, programozás, átállítás, hibakeresés, zavarelhárítás)                                      | Tanítás üzemmód  | integrátor,<br>karbantartó,<br>gépbeállító |
| E   | Üzemszerű működés                                                                                                                        | Automata üzemmód | gépkezelő                                  |
| F   | Üzemszerű működés (feltöltés)                                                                                                            | Szerviz üzemmód  | gépkezelő                                  |
| G   | Tisztítás                                                                                                                                | Szerviz üzemmód  | takarító                                   |

A táblázat kompakt méretben tartása végett a HRN módszer (lásd '2.5 HRN módszer' fejezet) szöveges értékei helyett a számértékeket tüntetem fel.

#### 4.1. Veszélyazonosítás, kockázat becslés és kockázatértékelés

Az azonosított veszélyeket és a hozzájuk tartozó kockázatbecslést és értékelést a következő táblázatok tartalmazzák:

- 10. táblázat Kockázatértékelés 1/6
- 11. táblázat Kockázatértékelés 2/6
- 12. táblázat Kockázatértékelés 3/6
- 13. táblázat Kockázatértékelés 4/6
- 14. táblázat Kockázatértékelés 5/6
- 15. táblázat Kockázatértékelés 6/6

Ezek a táblázatok Excelben készültek, és az egyszerűség kedvéért kép formátumban illesztettem be őket. Az adatok esetleges könnyebb elérhetősége érdekében pdf mellékletként is csatolom őket (1. melléklet Kockázatértékelési táblázat).

10. táblázat Kockázatértékelés 1/6

| #   | Veszély azonosítás |                                                       |                                                                        |                         |                                         |                                     | Kockázat becslés |    |    |     |     | Kockázat értékelés    |                          |                               |
|-----|--------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|------------------|----|----|-----|-----|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
|     | Típus/<br>Csoport  | Lehetséges<br>következmények                          | Forrás                                                                 | Forrás szabvány alapja  | Hely                                    | Életszakasz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH              | LO | NP | FE  | HRN | Kockázat              | Eredmény                 | Csökkentés                    |
| 001 | Me                 | zúzdás, ütés<br>(teljes test)                         | robotkar mozgása                                                       | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | C, D, E                             | 15               | 5  | 1  | 5   | 375 | Nagyon magas kockázat | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 002 | Me                 | beszúrás<br>(teljes test)                             | éles/hegyes eszköz mozgása a végberendezésen                           | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | C, D, E                             | 6                | 5  | 1  | 5   | 150 | Nagyon magas kockázat | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 003 | Me                 | zúzdás, befogás<br>(ujjak, kéz)                       | külső tengely mozgása (végberendezés)                                  | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | C, D, E                             | 2                | 1  | 1  | 5   | 10  | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 004 | Me                 | zúzdás, felcsavarás                                   | robottengely forgó mozgása + laza ruházat, hosszú haj                  | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | C, D, E                             | 4                | 5  | 1  | 5   | 100 | Nagyon magas kockázat | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 005 | Me                 | zúzdás, felcsavarás, behúzás                          | külső tengely forgó mozgása (végberendezés) + laza ruházat, hosszú haj | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | C, D, E                             | 2                | 8  | 1  | 5   | 80  | Magas kockázat        | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 006 | Me                 | nagy sebességű kivetődés                              | anyagok kilövellése (csavar)                                           | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella és környezete                     | C, D, E                             | 0,5              | 10 | 1  | 5   | 25  | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 007 | Me                 | zúzdás (láb)                                          | termékek leesése (munkadarabok)                                        | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | gépkészelő pozíciója                    | C, D, E, F                          | 2                | 8  | 1  | 5   | 80  | Magas kockázat        | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 008 | Me                 | zúzdás, befogás, nyírás (teljes test)                 | robotkar és bármely rögzített tárgy között                             | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatere rögzített tárgyak körül | C, D, E                             | 15               | 2  | 1  | 2,5 | 75  | Magas kockázat        | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 009 | Me                 | zúzdás, befogás be- és átszúrás, nyírás (teljes test) | végberendezés és bármely rögzített tárgy között                        | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatere rögzített tárgyak körül | C, D, E                             | 15               | 2  | 1  | 2,5 | 75  | Magas kockázat        | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 010 | Me                 | beakadás (laza ruházat), botlás                       | rögzített szerelvények között                                          | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella területe                          | B, D, F, G                          | 2                | 8  | 1  | 1,5 | 24  | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 011 | Me                 | zúzdás, befogás (ujjak, kéz)                          | végberendezés akaratlan mozgása                                        | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | robot munkatér                          | B, C, D, G                          | 2                | 5  | 1  | 5   | 50  | Magas kockázat        | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |

11. táblázat Kockázatértékelés 2/6

| #   | Típus/<br>Csoport | Veszély azonosítás                                                   |                                                                                                                         |                         |                                                                   |                                   | Kockázat becslés |       |    |     |       | Kockázat értékelés          |                                |                                            |
|-----|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------|----|-----|-------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------|
|     |                   | Lehetséges<br>következmények                                         | Forrás                                                                                                                  | Forrás szabvány alapja  | Hely                                                              | Életraksz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH              | LO    | NP | FE  | HRN   | Kockázat                    | Eredmény                       | Csökkentés                                 |
| 012 | Me                | benn rekedés<br>(személy)                                            | automata üzemmódban<br>csapdába esett<br>kezelőszemélynek a kijutása<br>a robotcellából lehetetlen                      | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella ajtó                                                        | E                                 | 15               | 5     | 1  | 5   | 375   | Nagyon magas<br>kockázat    | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 013 | Me                | beakadás, ütés,<br>szúrás                                            | szögletes részek<br>(kapcsolódó berendezések,<br>burkolatok, tartók)                                                    | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                                             | A, B, C, D, E,<br>F, G            | 2                | 10    | 1  | 5   | 100   | Nagyon magas<br>kockázat    | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 014 | Me                | zúzóadás, ütés,<br>ütközés, befogás<br>(kéz, láb, teljes<br>személy) | leeső tárgyak szállításkor,<br>telepítéskor<br>(nehéz részegységek)                                                     | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                                             | A, B                              | 15               | 1     | 2  | 0,1 | 3     | Nagyon alacsony<br>kockázat | Elfogadható<br>eredmény        | Kockázat<br>csökkentés<br>nem<br>szükséges |
| 015 | Me                | zúzóadás, ütés,<br>ütközés, befogás<br>(kéz, láb, teljes<br>személy) | instabilitás szállításkor<br>(nehéz részegységek)                                                                       | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                                             | A, B                              | 15               | 1     | 2  | 0,1 | 3     | Nagyon alacsony<br>kockázat | Elfogadható<br>eredmény        | Kockázat<br>csökkentés<br>nem<br>szükséges |
| 016 | Me                | nagy sebességű<br>kivetődés<br>(szem)                                | nagy nyomás által<br>mozgatott részcscák<br>(hangtompítók)                                                              | MSZ EN ISO 12100:2011   | pneumatika<br>lefűvások                                           | B, C, D, E                        | 6                | 2     | 1  | 1   | 12    | Jelentős<br>kockázat        | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 017 | Vi                | áramütés                                                             | érintkezés aktív részekkel<br>vagy csatlakozásokkal<br>(kapcsolószekrény,<br>vezérlőszekrények, HMI,<br>kábelcsatornák) | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | kapcsolószekrény,<br>vezérlőszekrények,<br>HMI                    | B, C, D, E, F, G                  | 15               | 1     | 1  | 1   | 15    | Jelentős<br>kockázat        | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 018 | Vi                | áramütés, égés                                                       | feszültségzintek<br>összetévesztése a<br>rendszeren belül<br>(jelöletlen vezetők)                                       | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | kapcsolószekrény,<br>vezérlőszekrények,<br>HMI                    | B, C, D                           | 15               | 1     | 1  | 1   | 15    | Jelentős<br>kockázat        | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 019 | Vi                | áramütés, égés                                                       | érintkezés különálló<br>alkatrészekkel<br>(szigeteltlen vezetők)                                                        | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | kapcsolószekrény,<br>vezérlőszekrények,<br>HMI                    | B, C, D, E, F, G                  | 15               | 1     | 1  | 1   | 15    | Jelentős<br>kockázat        | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges        |
| 020 | Vi                | áramütés, égés,<br>olvadt részek<br>kilövellése, tűz                 | villamos ívnek való kitettség                                                                                           | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | kapcsolószekrény,<br>vezérlőszekrények,<br>HMI,<br>kábelcsatornák | B, C, D, E, F, G                  | 15               | 0,033 | 1  | 1   | 0,495 | Elhanyagolható<br>kockázat  | Preferált<br>eredmény          | Kockázat<br>csökkentés<br>nem<br>szükséges |



12. táblázat Kockázatértékelés 3/6

| #      | Veszély azonosítás |                                                      |                                                                               |                         | Kockázat becslés                                         |                                     |     |    |    |    | Kockázat értékelés |                          |                                   |
|--------|--------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----|----|----|----|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|
|        | Tipus/<br>Csoport  | Lehetséges<br>következmények                         | Forrás                                                                        | Forrás szabvány alapja  | Hely                                                     | Életszakasz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH | LO | NP | FE | HRN                | Kockázat                 | Eredmény                          |
| 021 Vi |                    | sokk                                                 | elektrosztatikus jelenségek                                                   | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                                    | B, C, D, E, F, G                    | 2   | 2  | 1  | 1  | 4                  | Nagyon alacsony kockázat | Elfogadható eredmény              |
| 022 Vi |                    | áramütés                                             | hibaállapotban aktív váló részek                                              | MSZ EN ISO 12100:2011   | érinthető fém felületek                                  | B, C, D, E, F, G                    | 15  | 2  | 2  | 5  | 300                | Nagyon magas kockázat    | Nem elfogadható eredmény          |
| 023 Vi |                    | áramütés, égés, tűz                                  | rövidzárlat                                                                   | MSZ EN ISO 12100:2011   | teljes elektromos rendszer                               | B, C, D, E, F, G                    | 15  | 2  | 8  | 5  | 1200               | Elfogadhatatlan kockázat | Nem elfogadható eredmény          |
| 024 Vi |                    | égés, tűz                                            | túlterhelés                                                                   | MSZ EN ISO 12100:2011   | teljes elektromos rendszer                               | B, C, D, E, F, G                    | 4   | 2  | 8  | 5  | 320                | Nagyon magas kockázat    | Nem elfogadható eredmény          |
| 025 Vi |                    | égés                                                 | hőszugárzás (melegedő elektromos részegységek)                                | MSZ EN ISO 12100:2011   | kapcsolószekrény, vezérlőszekrények, motorok             | B, C, D, E, F, G                    | 0,5 | 15 | 1  | 1  | 7,5                | Alacsony kockázat        | Feltételeken elfogadható eredmény |
| 026 Hő |                    | égés                                                 | forró felületek (munkadarab és ülék megmunkálás után)                         | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | ülék és munkadarab                                       | C, D, E                             | 0,5 | 15 | 1  | 5  | 37,5               | Jelentős kockázat        | Nem elfogadható eredmény          |
| 027 Hő |                    | égés                                                 | forró felületek (melegedő elektromos részegységek)                            | MSZ EN ISO 12100:2011   | kapcsolószekrény, vezérlőszekrények, motorok             | B, C, D, E, F, G                    | 0,5 | 15 | 1  | 1  | 7,5                | Alacsony kockázat        | Feltételeken elfogadható eredmény |
| 028 Za |                    | halláscsökkenés                                      | nagy zajforrású speciális alkalmazás (folyatódúrásos csavarozási technológia) | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella és környéke                                        | C, D, E                             | 10  | 15 | 2  | 5  | 1500               | Elfogadhatatlan kockázat | Nem elfogadható eredmény          |
| 029 Za |                    | rossz közérzet, stressz, fülcsengés, halláscsökkenés | nagy sebességű gázkifúvás (pneumatika leszellőzés)                            | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella és környéke                                        | B, C, D, E                          | 10  | 15 | 2  | 5  | 1500               | Elfogadhatatlan kockázat | Nem elfogadható eredmény          |
| 030 Su |                    | téves működés                                        | az EMF hatása a robotrendszer megfelelő működésére (árményékolás bekötetlen)  | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | kapcsolószekrény, vezérlőszekrények, HMI, kábelcsatornák | C, D, E, F, G                       | 15  | 2  | 1  | 5  | 150                | Nagyon magas kockázat    | Nem elfogadható eredmény          |

13. táblázat Kockázatértékelés 4/6

| #      | Veszély azonosítás |                                     |                                                                                                                 |                         |                                                   |                                     | Kockázat becslés |     |    |     |      | Kockázat értékelés    |                          |                               |
|--------|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------|-----|----|-----|------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
|        | Típus/<br>Csoport  | Lehetséges<br>következmények        | Forrás                                                                                                          | Forrás szabvány alapja  | Hely                                              | Életszakasz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH              | LO  | NP | FE  | HRN  | Kockázat              | Eredmény                 | Csökkentés                    |
| 031 An |                    | téves működés                       | mechanikai és elektromos alkatrészek meghibásodása (robot rendszer és biztonsági rendszer)                      | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | cella                                             | C, D, E, F, G                       | 15               | 0,5 | 1  | 5   | 37,5 | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 032 Er |                    | egészségtelen testtartás            | HMI pozíció, kialakítás                                                                                         | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | HMI                                               | C, D, E, F, G                       | 4                | 1   | 2  | 5   | 40   | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 033 Er |                    | egészségtelen testtartás            | vezérlőeszközök nem megfelelő elhelyezése vagy azonosítása (HMI, nyomógombok, vészstop gombok)                  | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | HMI, ajtózárr, robot kézi vezérlőeszköz           | C, D, E, F, G                       | 4                | 1   | 2  | 5   | 40   | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 034 Er |                    | egészségtelen testtartás, fáradtság | hozzáférést igénylő alkatrészek helytelen elhelyezése (munkaasztal, ülék, csavaradagoló, pneumatika szakaszoló) | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | munkaasztal, csavaradagoló, pneumatika szakaszoló | B, C, D, E, F, G                    | 4                | 1   | 2  | 5   | 40   | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 035 Er |                    | fáradtság, stressz                  | sötétség, elégtelen vagy akadályozott helyi világításból származó veszélyek (rossz rálátás)                     | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella                                             | A, B, C, D, E, F, G                 | 4                | 10  | 2  | 5   | 400  | Nagyon magas kockázat | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 036 Er |                    | diszkomfort, stressz                | helytelen burkolat tervezés (rossz rálátás)                                                                     | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                             | C, D, E                             | 4                | 1   | 2  | 5   | 40   | Jelentős kockázat     | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 037 Er |                    | váz-izomrendszeri zavar             | túl nagy erő kifejtés (csavar utánítóltés)                                                                      | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                             | F                                   | 10               | 5   | 2  | 2,5 | 250  | Nagyon magas kockázat | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |
| 038 Er |                    | váz-izomrendszeri zavar             | túl nagy erő kifejtés (munkadarab kezelés)                                                                      | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella                                             | C, D, E                             | 10               | 5   | 2  | 5   | 500  | Szélsőséges kockázat  | Nem elfogadható eredmény | Kockázat csökkentés szükséges |

14. táblázat Kockázatértékelés 5/6

| #   | Veszély azonosítás |                                                       |                                                                                                                         |                         |                                   |                                     | Kockázat becslés |    |    |    |     | Kockázat értékelés       |                                |                                     |
|-----|--------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|----|----|----|-----|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
|     | Típus/<br>Csoport  | Lehetséges<br>következmények                          | Forrás                                                                                                                  | Forrás szabvány alapja  | Hely                              | Életszakasz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH              | LO | NP | FE | HRN | Kockázat                 | Eredmény                       | Csökkentés                          |
| 039 | Kő                 | csúszás, botlás,<br>elesés                            | telepítési, szerelési<br>környezet, akadályok a cella<br>padlóján<br>(alkatrészek, részegységek,<br>szerszámok)         | MSZ EN ISO 12100:2011   | cella és környéke                 | A, B                                | 4                | 10 | 1  | 1  | 40  | Jelentős<br>kockázat     | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 040 | Kő                 | váratlan indítás<br>következményei                    | a robotrendszert egy<br>személy elindítja, de erre a<br>cselekvésre egy másik<br>személy nem számít                     | MSZ EN ISO 10218-2:2011 | cella                             | C, D, E, F, G                       | 15               | 2  | 1  | 1  | 30  | Jelentős<br>kockázat     | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 041 | Kő                 | energiaellátás<br>megszakadása utáni<br>visszaállítás | váratlan mozgások<br>(robot, végberendezés,<br>csavaradagoló)                                                           | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | robot munkatere,<br>csavaradagoló | C, D, E, F, G                       | 15               | 10 | 1  | 1  | 150 | Nagyon magas<br>kockázat | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 042 | Kő                 | külső hatások az<br>áramforráson                      | kiszámíthatatlan gépi<br>működések<br>elektromágneses<br>interferencia vagy az<br>energiaforrás túlfeszültsége<br>miatt | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | robot munkatere,<br>csavaradagoló | C, D, E, F, G                       | 15               | 2  | 1  | 5  | 150 | Nagyon magas<br>kockázat | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 043 | Kő                 | téves működés                                         | védőeszköz meghibásodása<br>esetén is az elvárásnak<br>megfelelően működik<br>(biztonsági eszközök)                     | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | cella                             | C, D, E, F, G                       | 15               | 1  | 1  | 5  | 75  | Magas kockázat           | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 044 | Kő                 | ütés, zúzóadás<br>(szem)                              | laza, nem rögzített tömlők<br>és alkatrészek leválása vagy<br>ostormozgása<br>(pneumatika)                              | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | robot, pneumatikus<br>rendszer    | B, C, D, E, F, G                    | 6                | 5  | 1  | 5  | 150 | Nagyon magas<br>kockázat | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 045 | Kő                 | váratlan mozgások<br>következményei                   | nem megfelelően szerelt<br>alkatrészek váratlan<br>mozgást/ veszélyt okoznak                                            | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | robot, kapcsolódó<br>berendezések | B, C, D, E, F, G                    | 4                | 2  | 1  | 5  | 40  | Jelentős<br>kockázat     | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |
| 046 | Kő                 | törés, deformáció                                     | kapcsolódó berendezések<br>mechanikai túlterhelése a<br>robotkarral                                                     | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | kapcsolódó<br>berendezések        | C, D, E                             | 6                | 8  | 1  | 1  | 48  | Jelentős<br>kockázat     | Nem<br>elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>szükséges |

15. táblázat Kockázatértékelés 6/6

| Veszély azonosítás |                   |                                             |                                                                                |                         |                                   |                                     | Kockázat becslés |    |    |     |     | Kockázat értékelés          |                         |                                            |
|--------------------|-------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------------|----|----|-----|-----|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| #                  | Típus/<br>Csoport | Lehetséges<br>következmények                | Forrás                                                                         | Forrás szabvány alapja  | Hely                              | Életszakasz/<br>Üzem mód/<br>Kezelő | DPH              | LO | NP | FE  | HRN | Kockázat                    | Eredmény                | Csökkentés                                 |
| 047                | Ko                | nem megfelelő<br>rögzítés<br>következményei | berendezések helytelen<br>elhelyezése<br>(elégtelen alapozás, lejtős<br>padló) | MSZ EN ISO 10218-1:2011 | robot, csatlakozó<br>berendezések | B, C, D, E                          | 15               | 1  | 1  | 0,1 | 1,5 | Nagyon alacsony<br>kockázat | Elfogadható<br>eredmény | Kockázat<br>csökkentés<br>nem<br>szükséges |

## 4.2. Továbblépési lehetőségek

Az előző fejezet előzetes kockázatértékelése kitűnően mutatja, hogy a legtöbb kockázat mértéke nem elfogadható, azaz szükséges a kockázatok csökkentése.

Bár az egyes kockázatokkal külön-külön szükséges foglalkozni (a tervező csapat ezt a későbbiekben meg is teszi majd), a kockázatcsökkentő intézkedések meghatározása terjedelmi okokból nem része a jelen dolgozatomnak.

A teljes CE jelölési folyamat vége (az EK-megfelelőségi nyilatkozat kiállítása, CE jelölés elhelyezése, forgalomba hozatal) ezen a ponton még messze van. A folyamat egyes lépéseit a '2.4 CE jelölési folyamat' fejezetben már érintettem. A következőkben közülük csak a munkaigényesebb pontokat emelem ki.

### 4.2.1. Kockázatcsökkentés

A biztonságos gép, mint végcél elérése érdekében a következő lépés a feltárt kockázatok csökkentése, hiszen az MSZ EN ISO 12100:2011 szerint „azt kell feltételezni, hogy amikor egy veszély jelen van a gépnél, akkor az előbb vagy utóbb károsodáshoz vezet, ha nem alkalmaztak védőintézkedéseket.”

A kockázatok csökkentésére ugyanez a szabvány egy jól strukturált módszert is ad, mely magában foglalja az eddig elvégzett kockázatfelmérés lépéseit, és magában foglalja az úgynevezett háromlépéses kockázatcsökkentési folyamatot is.

Ez a három lépés:

- 1) Kockázatcsökkentés beépített biztonságot adó tervezői intézkedésekkel, azaz olyan konstrukciós megoldásokat alkalmazunk a berendezésen, amellyel elkerüljük vagy nagymértékben lecsökkentjük a veszélyeket.
- 2) Kockázatcsökkentés műszaki védelmi megoldásokkal és kiegészítő védőintézkedésekkel, azaz védőburkolatokat és/vagy védőberendezéseket alkalmazunk azért, hogy a személyeket távol tartssuk a veszélyektől olyan kockázatoknál, ahol az előző pont nem volt kivitelezhető vagy nem csökkentette elégséges mértékben a kockázatot.
- 3) Kockázatcsökkentés használati információkkal, azaz különböző módokon felhívjuk a felhasználó figyelmét, hogy milyen nem elhanyagolható kockázati maradtak a berendezésnek az előző két kockázatcsökkentési lépést követően.

Fontos ennek a három lépésnek a sorrendje, minden esetben először beépített biztonságot adó megoldást kell keresni, ha nem megvalósítható, akkor műszaki védőintézkedéseket kell hozni, majd ezután a fennmaradó veszélyekről tájékoztatást kell adni.

A különböző veszélyek kockázatainak kezeléséhez (valamint a jogszabályok által előírt alapkövetelmények teljesítéséhez is) tehát megfelelő szintű intézkedések meghozása szükséges. Az elégséges szintű megfelelés alapját a harmonizált szabványok adják, melyek, bár nem kötelezően alkalmazandók, megadják a minimálisan elérendő szintet. Ezek részletes információkat adnak a használható tervezői megfontolásokról, alkalmazható műszaki védőintézkedésekről, információadási előírásokról, valamint gyakran ezek vissza ellenőrzésére, vizsgálati lehetőségeire, dokumentációs követelményeire is tartalmazzak útmutatást. [12]

A kockázatcsökkentés folyamata a legtöbb esetben iteratív folyamat (az MSZ EN ISO 12100:2011 is így írja le), mert a tervezési folyamat során új és új megoldások, konstrukciók bukkanhatnak fel a berendezésben, ideértve a korábban feltárt kockázatokra hozott kockázatcsökkentő intézkedéseket is. A tervezési folyamat során újra és újra fel kell tenni a kérdést, hogy milyen új veszélyek jelennek meg a berendezésünkben, ezek milyen mértékű kockázatokat jelentenek, és adott esetben milyen intézkedésekkel tudjuk csökkenteni a kockázataikat. Legkésőbb a forgalomba hozatal időpontjára a géppel kapcsolatban felmerülő valamennyi kockázatot elégséges szintre kell csökkenteni.

#### **4.2.2. Dokumentáció**

A Gépdirektíva a forgalomba hozhatóság egyik feltételeként előírja, hogy a gépeknek műszaki dokumentációval kell rendelkezni ( [2] 5. cikk (1) b) szakasz) és részletes útmutatást ad a műszaki dokumentáció tartalmát illetően ( [2] VII. melléklet). A műszaki dokumentációnak többek között tartalmazni kell a gépre vonatkozó alapvető egészségvédelmi és biztonsági követelmények listáját, a teljes kockázatfelmérési és kockázatcsökkentési folyamat dokumentációját, és a gép használati utasítását is. Ez utóbbiban fel kell tüntetni többek között a berendezéssel kapcsolatos úgynevezett fennmaradó veszélyeket is.

#### 4.2.3. Vizsgálatok

Ahhoz, hogy megállapíthassuk egy gépről, hogy megfelel-e az alapvető követelményeknek, vizsgálatokat kell végeznünk. Ezeket a vizsgálatokat jellemzően a harmonizált szabványok írják le az általuk megadott műszaki megoldások visszaellenőrizhetősége érdekében. A vizsgálatok általában a következő félék lehetnek:

- műszeres mérés
- szemrevételezés
- funkció teszt
- próbatestes vizsgálatok
- műszaki dokumentáció vizsgálata

[12]

## 5. GAZDASÁGI SZÁMÍTÁS

Ebben a fejezetben a robotcella CE jelölési folyamatának becsült költségvonzatát mutatom be kifejezetten a gépbiztonsági szakértői feladatokra koncentrálni. A számítás nem tartalmazza a műszaki tervezés, megvalósítás és dokumentáció költségeit, valamint a projektmenedzselés jellegű költségeket, mint például a vevői kapcsolattartás, adatbekérés stb. A 16. táblázatban a munka főbb lépéseit adom meg a projekt készültségi szintjéhez igazítva, és megbecsülöm az elvégzéshez szükséges munkaidőt.

16. táblázat Munkaidő becslés

| Terv. fázis      | Munka                                                                                                                                 | Becs. idő |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 10-15%           | 1) Géphatárok kezdeti rögzítése.                                                                                                      | 12[óra]   |
|                  | 2) Veszélyek kezdeti azonosítása, kockázatok becslése és értékelése.                                                                  | 6[óra]    |
|                  | 3) Javaslattevél kockázatcsökkentő intézkedésekre; vezérlőrendszer biztonsági teljesítményszintjének meghatározása.                   | 4[óra]    |
| 50-70%           | 4) Géphatárok finomítása műszaki tervek fejlődésének fényében.                                                                        | 2[óra]    |
|                  | 5) A tervek fejlődése és a korábbi kockázatcsökkentő intézkedések okozta új veszélyek azonosítása, kockázatok becslése és értékelése. | 1[óra]    |
|                  | 6) Javaslattevél kockázatcsökkentő intézkedésekre; vezérlőrendszer biztonsági teljesítményszintjének meghatározása.                   | 1[óra]    |
|                  | 7) Verifikálási és validálási tervek készítése az alkalmazott szabványokból                                                           | 16[óra]   |
| 90-100%          | 8) Géphatárok finomítása műszaki tervek fejlődésének fényében.                                                                        | 1[óra]    |
|                  | 9) A tervek fejlődése és a korábbi kockázatcsökkentő intézkedések okozta új veszélyek azonosítása, kockázatok becslése és értékelése. | 1[óra]    |
|                  | 10) Verifikálás és validálás                                                                                                          | 8[óra]    |
|                  | 11) Műszaki dokumentáció összeállítása, maradó kockázatok jelzése a felhasználói dokumentációban                                      | 8[óra]    |
|                  | 12) Megfelelőségi nyilatkozat kiállítása, CE jelölés elhelyezése                                                                      | 1[óra]    |
| Összes munkaóra: |                                                                                                                                       | 61[óra]   |

Tegyük fel, hogy egy saját alkalmazásban álló gépbiztonsági szakértő mérnök óránként 15 000 Ft körüli összegbe kerül a cégnek. Ekkor a projekt költségéből a gépbiztonsági szakértői munka számlájára **915 000 Ft** írható.



## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatom irodalom feldolgozás szekciójában bemutattam az ipari robot fogalmát, körbejártam az EU-s megfelelőségértékelés jogszabályi hátterét, áttekintést adtam a robotcellák kockázataival szorosabban illetve a gépek kockázataival általánosan foglalkozó főbb harmonizált szabványokról, valamint bemutattam egy kiválasztott kockázatértékelési módszert, ami a dolgozatom második felében felhasználásra is került.

Dolgozatom második, saját munkát tartalmazó részében bemutattam az Auware Engineering Kft.-nél tervezés alatt álló, de a dolgozat írásakor még csak koncepció kidolgozási fázisban levő MAK IW 7 FLS elnevezésű ipari robotcellát.

Részletesen taglaltam a cella használati korlátait, ahol kiemelt figyelmet fordítottam a gép üzemmódjainak és felhasználói interakcióval járó folyamatainak leírására valamint a felhasználói kompetenciákra.

Az előzetes elrendezési terv alapján felmértem a gép térbeli határait. Itt szintén a felhasználói szempontok, például a kezelői és karbantartási helyek kapták a fő hangsúlyt.

Meghatároztam még a berendezés időbeli határait és egyéb korlátait is.

A határok feltérképezése után három szabvány 'Jelentős veszélyek listáját' felhasználva azonosítottam a berendezés veszélyeit. Összesen 47 veszélyt azonosítottam, ebből 40 (körülbelül 85%) négy veszélytípusban jelenik meg: 16 mechanikai, 9 villamos, 7 ergonómiai veszély és 8 veszélykombináció.

A feltárt veszélyek kockázatainak becsléséhez és értékeléséhez a HRN módszert (numerikus pontozásos eszköz kockázatok értékelésére) alkalmaztam. A 47 veszély közül ötöt sorolt a módszer 'Nagyon alacsony kockázat' vagy 'Elhanyagolható kockázat' kategóriába (ezek kockázatait nem szükséges tovább csökkenteni), kettőt 'Alacsony kockázat' kategóriába (itt mérlegelésre van szükség, hogy szükséges e további kockázatcsökkentés), az összes többi 'Jelentős kockázat' vagy efeletti besorolást kapott (itt kockázatcsökkentés szükséges).

Ezután bemutattam a kockázatcsökkentés lépéseit és a CE jelölési folyamat további lépcsőfokait, mint továbblépési pontokat.

Dolgozatom végén becslést végeztem a berendezésen végzett gépbiztonsági szakértői munka bekerülési költségeire.

## 7. SUMMARY

In the literature analysis section of my thesis, I presented the concept of industrial robots, I went through the legal background of conformity assessment in the EU, I gave an overview of the main harmonized standards dealing with the risks of robot cells and the risks of machines in general, and presented a chosen risk assessment method, which was used later in the second half of my thesis.

In the second part of my thesis, containing my own work, I presented the industrial robot cell called MAK IW 7 FLS, which is being designed at Auware Engineering Kft., but was still in the concept development phase at the time of writing the thesis.

I discussed the cell's use limits in detail, where I paid special attention to the description of the machine's operating modes and to the processes involving user interaction, as well as to user competencies.

Based on the preliminary layout plan, I determined the space boundaries of the machine. User related aspects, such as operator and maintenance locations, were the main focus here.

I also defined the time limits and other limitations of the equipment.

After mapping out the boundaries, I identified the hazards of the equipment using the 'List of Significant Hazards' of three standards. I identified a total of 47 hazards, of which 40 (approximately 85%) appeared in four hazard types: 16 mechanical, 9 electrical, 7 ergonomic hazards and 8 hazard combinations.

I used the HRN method (a numerical scoring tool for risk assessment) to estimate and evaluate the risks of the revealed dangers. The method classified five of the 47 hazards into the 'Negligible risk' or 'Very low risk' categories (there is no need to further reduce their risks), two into the 'Low risk' category (here it is necessary to consider whether further risk reduction is necessary), all the others were classified as 'Significant risk' or higher (risk reduction is required here).

I then presented the risk reduction steps and the additional steps in the CE marking process as points to move forward.

At the end of my thesis, I made an estimate of the cost of the machine safety expert work on the equipment.

## NYILATKOZAT

Kovács Aurél (hallgató, Neptun azonosítója: XYE1CP) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> 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**<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Gödöllő, 2023. év november hó 6. nap



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

---

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.

## NYILATKOZAT

### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Kovács Aurél  
A Hallgató Neptun kódja: XYE1CP  
A dolgozat címe: Ipari robotcella előzetes kockázatértékelése  
A megjelenés éve: 2023  
A konzulens intézetének neve: MATE SZIC Műszaki Intézet  
A konzulens tanszékének a neve: Mechatronika Tanszék

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 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 könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Nagytarcsa, 2023. év november hó 11. nap



Hallgató aláírása

## 10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] International Organization for Standardization, *MSZ EN ISO 12100:2011 Gépek biztonsága. A kialakítás általános elvei. Kockázatfelmérés és kockázatcsökkentés (ISO 12100:2010)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2011.
- [2] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, „Az Európai Parlament és a Tanács 2006/42/EK irányelve ( 2006. május 17. ) a gépekről és a 95/16/EK irányelv módosításáról (átdolgozás) (EGT vonatkozású szöveg),” *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, pp. 24-86, 2006.
- [3] International Organization for Standardization, *MSZ EN ISO 10218-1:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 1. rész: Robotok (ISO 10218-1:2011)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2011.
- [4] B. Kulcsár és BME, „Robottechnika I.,” Typotex Kiadó, Budapest, 2012.
- [5] G. Mester és SzTE, „Robotika,” Typotex Kiadó, Szeged, 2011.
- [6] staubli.com, „Work envelope TS2 range,” s.a.. [Online]. Available: <https://www.staubli.com/adobe/dynamicmedia/deliver/dm-aid--4ef1408b-ed21-48ad-8be8-bbd1b10cabb7/ts2-60-4-axis-robotic-arm-work-envelope-pim-2x.jpg>. [Hozzáférés dátuma: 29. október 2023.].
- [7] Z. Bende és A. Rávai, *Gépek biztonsága*, Budapest: Akadémiai Kiadó, 2018.
- [8] „2007. évi CLXVIII. törvény az Európai Unióról szóló szerződés és az Európai Közösséget létrehozó szerződés módosításáról szóló lisszaboni szerződés kihirdetéséről,” [Online]. Available: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0700168.TV>.
- [9] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS AZ EURÓPAI UNIÓ TANÁCSA, „AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 768/2008/EK HATÁROZATA (2008. július 9.) a termékek forgalomba hozatalának közös keretrendszeréről, valamint a 93/465/EGK tanácsi,” *Az Európai Unió Hivatalos Lapja*, pp. 82-128., 2018.
- [10] „16/2008. (VIII. 30.) NFGM rendelet a gépek biztonsági követelményeiről és megfelelőségének tanúsításáról,” [Online]. Available: <https://njt.hu/eli/R/2008/NFGM/16>. [Hozzáférés dátuma: 11 11 2023].

- [11] International Organization for Standardization, *MSZ EN ISO 10218-2:2011 Robotok és robotszerkezetek. Ipari robotok biztonsági követelményei. 2. rész: Robotrendszerek és összehangolásuk (ISO 10218-2:2011)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2011.
- [12] L. J. Földi és B. Berencsi, „88. Ipari gépek CE jelölése és biztonsága az EU-s és hazai szabályozás tükrében,” Magyar Mérnöki Kamara, Budapest, 2022.
- [13] „Risk Assessment – A History,” DD IT Solutions Ltd, 2015. [Online]. Available: <https://www.compliancerisksoftware.co.uk/risk-assessment/>. [Hozzáférés dátuma: 27. október 2023.].
- [14] „Solutions-brochure-WEBER-Schraubautomaten-GmbH-1.pdf,” WEBER Schraubautomaten GmbH, 2021. [Online]. Available: <https://www.weber-online.com/wp-content/uploads/Solutions-brochure-WEBER-Schraubautomaten-GmbH-1.pdf>. [Hozzáférés dátuma: 29. október 2023.].
- [15] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN 60204-1:2019 Gépek biztonsága. Gépek villamos szerkezetei. 1. rész: Általános követelmények (IEC 60204-1:2016, módosítva)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2019.
- [16] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN 61800-5-2:2017 Szabályozható fordulatszámú villamos hajtásrendszerek. 5-2. rész: Biztonsági követelmények. Funkcionális biztonság (IEC 61800-5-2:2016)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2017.
- [17] International Organization for Standardization, *MSZ EN ISO 13849-1:2016 Gépek biztonsága. Vezérlőrendszerek biztonsággal összefüggő részei. 1. rész: A tervezés általános alapelvei (ISO 13849-1:2015)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2016.
- [18] „Robots | KR 360 FORTEC | With F and C Variants | Assembly Instructions,” KUKA Deutschland GmbH, [www.kuka.com](http://www.kuka.com), 2021.
- [19] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN IEC 60721-3-3:2019 A környezeti feltételek osztályozása. 3-3. rész: A környezeti jellemzők csoportjainak és azok szigorúságának osztályozása. Helyhez kötött felhasználás időjárástól védett helyeken (IEC 60721-3-3:2019)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2019.

- [20] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN IEC 60664-1:2021 Kisfeszültségű tápellátó rendszerek villamos szerkezeteinek szigeteléskoordinációja. 1. rész: Alapelvek, követelmények és vizsgálatok (IEC 60664-1:2020)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2021.
- [21] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN 60529:2015 Villamos gyártmányok burkolatai által nyújtott védettségi fokozatok (IP-kód) (IEC 60529:1989)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2015.
- [22] International Electrotechnical Commission, *MSZ EN ISO 13850:2016 Gépek biztonsága. Vészleállítás. Tervezési alapelvek (ISO 13850:2015)*, Budapest: Magyar Szabványügyi Testület, 2016.

## 11. ÁBRAJEGYZÉK

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ábra Általános robot struktúra .....                                          | 7  |
| 2. ábra Elterjedtebb robot-struktúrák és munkatereik .....                       | 8  |
| 3. ábra SCARA robot.....                                                         | 8  |
| 4. ábra Az iteratív kockázatcsökkentési folyamat vázlata.....                    | 13 |
| 5. ábra MAK IW 7 FLS ipari robotcella .....                                      | 18 |
| 6. ábra A folytatófúrásos csavarkötés létrehozásának lépései .....               | 18 |
| 7. ábra Az RSF30 rendszer fej egysége.....                                       | 19 |
| 8. ábra A robotcella felülnézeti képe .....                                      | 24 |
| 9. ábra A berendezés méretei – felülnézet .....                                  | 28 |
| 10. ábra A berendezés méretei – előlnézet .....                                  | 28 |
| 11. ábra Robot alapozás (1: ragasztott dübel; 2: alaplemez; 3: beton alap) ..... | 30 |
| 12. ábra Cella körüli nevezetes területek.....                                   | 31 |



## 12. TÁBLÁZATJEGYZÉK

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. táblázat DHP értékek.....                                                            | 16 |
| 2. táblázat LO értékek .....                                                            | 16 |
| 3. táblázat NP értékek.....                                                             | 16 |
| 4. táblázat FE értékek.....                                                             | 16 |
| 5. táblázat HNR értékek osztályozása .....                                              | 17 |
| 6. táblázat Gyakran használt rövidítések a dolgozatban .....                            | 17 |
| 7. táblázat A robotcella részegységei a 8. ábra alapján .....                           | 24 |
| 8. táblázat A 3K22 A klímakörnyezet határértékei .....                                  | 33 |
| 9. táblázat A berendezés életszakaszai, üzemmódjai és kezelői közötti összefüggés ..... | 35 |
| 10. táblázat Kockázatértékelés 1/6.....                                                 | 36 |
| 11. táblázat Kockázatértékelés 2/6.....                                                 | 37 |
| 12. táblázat Kockázatértékelés 3/6.....                                                 | 38 |
| 13. táblázat Kockázatértékelés 4/6.....                                                 | 39 |
| 14. táblázat Kockázatértékelés 5/6.....                                                 | 40 |
| 15. táblázat Kockázatértékelés 6/6.....                                                 | 41 |
| 16. táblázat Munkaidő becslés .....                                                     | 45 |

## 13.MELLÉKLETEK

1. melléklet Kockázatértékelési táblázat