

# Fejlett robotika és automatizálás: munkavédelmi vonatkozások

## Összefoglaló

Szerzők: Patricia Helen Rosen, Szövetségi Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Intézet (BAuA), Eva Heinold, Szövetségi Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Intézet (BAuA), Elena Fries-Tersch, Milieu Consulting SRL, Sascha Wischniewski, Szövetségi Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Intézet (BAuA)

Projektvezetők: Ioannis Anyfantis, Annick Starren, Emmanuelle Brun (EU-OSHA).

Ez az összefoglaló az Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség (EU-OSHA) megbízásából készült jelentésről szól. Tartalmáért, beleértve a benne megfogalmazott véleményeket és/vagy következtetéseket is, kizárólag a szerzők felelnek, és nem feltétlenül tükrözik az EU-OSHA álláspontját.

Az alábbi információk esetleges felhasználásáért sem az Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség, sem pedig az ügynökség nevében eljáró más személy nem tehető felelőssé.

© Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség, 2023

A többszörözés a forrás feltüntetésével engedélyezett.

Azokat a fényképeket és más anyagokat, amelyek szerzői jogait az Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség nem védi, közvetlenül a szerzői jog tulajdonosától származó előzetes hozzájárulás birtokában lehet csak felhasználni vagy többszörözni.

## Tartalomjegyzék

<b>Tartalomjegyzék</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Bevezetés és célkitűzések</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Módszertan</b> .....	<b>3</b>
<b>3 Fejlett robotika és feladattípusok</b> .....	<b>3</b>
3.1 A feladatok fejlett robotikán alapuló teljes automatizálása (kiváltása) .....	3
3.1.1 Személyekkel kapcsolatos feladatok .....	3
3.1.2 Tárgyakkal kapcsolatos feladatok .....	4
3.2 A feladatok fejlett robotikán alapuló félautomatizálása (támogatása) .....	4
3.2.1 Személyekkel kapcsolatos feladatok .....	4
3.2.2 Tárgyakkal kapcsolatos feladatok .....	4
3.2.3 Információval kapcsolatos feladatok .....	5
3.3 A munkahelyekre gyakorolt hatás .....	5
3.4 Az ágazatokra gyakorolt hatás .....	5
<b>4 Munkavédelmi vonatkozások</b> .....	<b>6</b>
4.1 Pszichoszociális hatások .....	6
4.1.1 Feladattervezés .....	6
4.1.2 Interakció megtervezése .....	7
4.1.3 Üzemeltetés és felügyelet .....	8
4.2 Fizikai hatások .....	9
4.3 Szervezeti hatások .....	9
4.4 Szabványok .....	10
4.5 Kockázatértékelés .....	10
<b>5 Összefoglalás és következtetés</b> .....	<b>11</b>
<b>Szakirodalom</b> .....	<b>13</b>

## 1 Bevezetés és célkitűzések

Ez a munka az EU-OSHA által „A feladatok automatizálását és a munkavédelmet szolgáló fejlett robotikával és mesterséges intelligencia alapú rendszerekkel kapcsolatos szakpolitikák, kutatások és gyakorlatok áttekintése” címmel végzett kutatás része. E jelentés célja, hogy az EU-OSHA „Fejlett robotika, mesterséges intelligencia és a feladatok automatizálása: fogalom meghatározások, felhasználás, irányelvek és stratégiák, valamint munkavédelem” című jelentésében (EU-OSHA, 2022a) kidolgozott taxonómiát követve bemutassa a munkahelyi biztonsággal és egészségvédelemmel (munkavédelem) kapcsolatos kihívásokat és lehetőségeket a fizikai feladatok robotrendszerek általi automatizálása terén. A fizikai feladatok támogatására vagy kiváltására elsősorban olyan modern robottechnológiákat alkalmaznak, mint a mobil robotok, az összeszerelő robotok és az exoszkéletális robotok, és az általuk támogatható fizikai feladatok és funkciók köre folyamatosan bővül. Ez a jelentés emellett számos olyan gazdasági ágazatot és munkahelyet ismertet, ahol a fizikai feladatokat teljesen vagy félig automatizálták. Végezetül pedig ismertetjük azokat a hatásokat, amelyeket e feladatoknak a robotizált rendszerek révén történő automatizálása a munkavégzéssel összefüggő fizikai, pszichoszociális és szervezeti munkavédelmi szempontokra gyakorol, valamint a munkavédelem eddigi és jövőbeli kihívásait és lehetőségeit.

## 2 Módszertan

Az alkalmazott módszertan és a jelentéshez felhasznált főbb adatforrások közé tartoznak a szisztematikus áttekintések és meta elemzések, valamint az ún. „szürke irodalom” áttekintése és a további tudományos munkák azonosítása érdekében végzett előzetes hivatkozáskeresés. A kutatások fő területei a mesterséges intelligencia (AI), az ember-robot interakció (HRI) és a feladatok automatizálása, valamint egy meghatározott populáció-expozíció-eredmény sorozat voltak. Összesen 4070 eredményt vizsgáltunk meg, amelyek közül 111 tartalmazott a projekt szempontjából releváns információt. Az eredmények kiegészítése érdekében további szakirodalmi kutatásokat végeztünk különböző ágazatokban. Ezen túlmenően félig strukturált interjúkat készítettünk a fejlett robotika területén dolgozó szakértők egy kiválasztott csoportjával, hogy további kvalitatív betekintést nyerjünk a fizikai feladatok automatizálásába. Összesen kilenc interjú készült.

## 3 Fejlett robotika és feladattípusok

A kutatás eredményeit ezután személyekkel kapcsolatos, információval kapcsolatos és tárgyakkal kapcsolatos feladatok szerint csoportosítottuk, valamint aszerint kategorizáltuk, hogy az adott feladat teljesen automatizált vagy félig automatizált-e. Az automatizált feladatokat egy további szinten rutinszerű vagy nem rutinszerű feladatokra osztottuk, amennyiben ilyen módon meg lehetett határozni őket. Az eredmények azt mutatják, hogy az áttekintett szakirodalomban nem szerepelt e kategóriák minden lehetséges kombinációja. A jelenleg rendelkezésre álló rendszerek főként rutinszerű feladatokat támogatnak. A jövőbeli technológiai képességek fejlődésével azonban egyre valószínűbbé válik a nem rutinszerű feladatok automatizálása is.

### 3.1 A feladatok fejlett robotikán alapuló teljes automatizálása (kiváltása)

#### 3.1.1 Személyekkel kapcsolatos feladatok

A személyekkel kapcsolatos feladatokon belül valamilyen formájú interakció valósul meg a személy és a technológia között. Ez az interakció nem csak konkrétan a felhasználóra és a technológiára korlátozódik, hanem túlmutathat ezeken a résztvevőkön is. Az ápolókat a betegek emelésében segítő robotrendszerek kiváló példái a személyekkel kapcsolatos feladatok automatizálásának.

#### Rutinszerű feladatok

Egy feladat akkor minősül rutinszerű feladatnak, ha az automatizált folyamat lépései olyan ismétlődő elemekkel rendelkeznek, amelyek a feladatok végrehajtása között nem változnak. A rutin fogalom meghatározása technológiai szempontból sokkal szűkebb, mint humán szempontból. A személyekkel kapcsolatos rutinszerű fizikai feladatokra elsősorban az **egészségügyi** ágazatban találhatunk példákat. A robotizált **ápolóasszisztensek** azzal segítik az ápolókat, hogy nem kritikus feladatokat látnak el helyettük, befolyásolva mind a mentális, mind a fizikai munkaterhelést. Az egyik

ilyen feladat a tű beszúrása, akár **vérvétel**, akár gyógyszer beadása céljából. A speciális ápolórobotok képesek az ágyból a kerekesszékekbe **emelni a betegeket**, vagy az ápoló közreműködése nélkül segíteni nekik felállni (Kyrarini et al., 2021). **A betegek sétálásának támogatása és a tárgyak szállítása** is teljes mértékben automatizálható. Az egészségügyben egy másik, általában nagyon idő- és munkaigényes feladat az **étel- és ital fogyasztás** közben nyújtott segítség (Kyrarini et al., 2021). A speciális **sebészeti robotok** számos feladatban segítik és támogatják az egészségügyi szakembereket. A sebészek a műtét során rutinszerűen helyezik el a varratokat, és ez létfontosságú tényező a beavatkozás általános sikerében (Manolesou et al., 2021).

### 3.1.2 Tárgyakkal kapcsolatos feladatok

A fizikai tárgyakkal kapcsolatos feladatok elvégzése valószínűleg a robotrendszerek legismertebb alkalmazási formája. Az emelési és elhelyezési feladatokat ellátó ipari robotok a munkahelyeken bevezetett első, teljesen automatizált rendszerek között voltak.

#### Rutinszerű feladatok

Az olyan feladatok, mint a **hegesztés, összeszerelés, festékszórás, csomagolás és elrendezés, vágás, mozgatás és csiszolás**, ipari feladatokként teljes mértékben automatizálhatók robotrendszerekkel (Iqbal et al., 2016). Ez megfelel azoknak a feladatoknak, amelyekről a megkérdezett szakértők számoltak be, akik emellett a **nehéz tárgyak emelését**, a precíz fizikai tevékenységeket, például az **alkatrészek kiválasztását és behelyezését**, valamint a kis volumenű összeszerelési tételek gyártását nevezték meg a sokféle termékmegmunkálás/precíziós munka között. A **logisztikai és szállítási feladatok** gyakori alkalmazások a raktárakban, kórházakban és szupermarketekben. A robotokat széles körben alkalmazzák a **bányászatban**, ami kiterjed a nehézgépek üzemeltetésére és az **emelési feladatokra**, a robotizált **dózerolásra, földmunkára és vontatásra**, valamint a robotizált **fúrásra** és adott esetben a **robbanóanyagok kezelésére** (Plotnikov et al., 2020).

## 3.2 A feladatok fejlett robotikán alapuló félautomatizálása (támogatása)

Míg egyes robotrendszerek már rendelkeznek azzal a technológiai fejlettséggel, hogy teljesen autonóm módon végezzenek feladatokat, számos olyan feladat van, ahol a részleges automatizálást használják ki, amikor az ember továbbra is aktívan részt vesz a folyamatban, de nem felügyeleti szerepet tölt be.

### 3.2.1 Személyekkel kapcsolatos feladatok

#### Rutinszerű feladatok

Az orvosi munkakörnyezetben számos olyan kisebb fizikai feladat van, amelyeket rutinszerűen végeznek a betegek számára. **Az öltözködés és a személyes higiéniai feladatok** is olyan ápolással kapcsolatos feladatok, amelyekhez robotokat használtak segítségként (Kyrarini et al., 2021). Bár maga a folyamat betegként eltérő lehet, a manuális betegszállítás – a mozgatás és **emelés** formájában – munkaigényes és gyakran ismétlődő feladat. A robotizált rendszer használata során az ápolószemélyzet egyszerűen tud segíteni a betegnek, ha fennáll az esés vagy sérülés veszélye (Hu et al., 2011). Bár ezek a feladatok teljesen automatizálhatók, a munkavégzési környezetben jelenleg elterjedtebbek a félautomatizált rendszerek.

### 3.2.2 Tárgyakkal kapcsolatos feladatok

#### Rutinszerű feladatok

Különösen a gyártási környezetekben egyes feladatokat az automatizálás nélküli állapotról szándékosan félautomatizált állapotra állítanak át robotizált rendszerek bevezetésével. A fejlett robotok az ipari és gyártási környezetben számos feladatot látnak el a **válogatástól, a csomagolástól és a raklapozástól** kezdve a **hegesztésen, az elemek összeszerelésén és az anyagmozgatáson** át a **termékellenőrzésig** (Matheson et al., 2019). Jelenleg az ilyen típusú feladatokat különböző mértékű emberi közreműködéssel vagy felügyelet alatt végzik, amely az együttműködésen alapuló közreműködéstől a teljes felügyeletig terjed. E feladatok némelyike szorosan kapcsolódik az építőipari munkálatokhoz. Ilyen feladatok például az automatizált robotizált **falazás**, a **nehéz tárgyak mozgatása** egy építőmunkás által működtetett robotkarral és markolóval, valamint a speciális érzékelőkkel felszerelt

betonszivattyúk használata, amelyek lehetővé teszik a kritikus működési változók, például a tájolás, a szögek, a mélységek és a távolságok mérését.

### 3.2.3 Információval kapcsolatos feladatok

#### Rutinszerű feladatok

Ahogy a teljesen automatizált feladatok esetében is említettük, az áttekintett szakirodalomban nincsenek kutatott esetek a fejlett robotrendszerek által végzett, információval kapcsolatos fizikai feladatokról. A ténylegesen megvalósított robotrendszerek vizsgálata során azonban olyan robotrendszereket azonosítottak, amelyek érzékelőket használnak a környezetből származó információk gyűjtésére, miközben olyan feldolgozási képességekkel is rendelkeznek, amelyek lehetővé tehetik számukra, hogy cselekvéseket javasoljanak, intézkedéseket tegyenek vagy egyszerűen csak riasztást adjanak. Bár léteznek felhasználási esetek a fejlett robotrendszerek ilyen típusú, információval kapcsolatos használatára, nincsenek kutatások azoknak a munkavédelemre – kognitív és fizikai szinten – gyakorolt hatásával kapcsolatban.

## 3.3 A munkahelyekre gyakorolt hatás

Egy évtizedes távlatban a munkahelyek bővülése a magasan képzett, inkább elemző jellegű szakmacsoportok esetében következett be, amelyek rendelkeznek az új technológiai fejlesztések gyors elsajátításához és az azokhoz való gyors alkalmazkodáshoz szükséges készségekkel. A munkavállalók szakmai átképzését és továbbképzését egyaránt a további iparági növekedés következményének és szükséges lépésének tekintik (de Vries et al., 2020). Ez aztán összekapcsolódik azzal a visszatérő narratívával, hogy a robotizált rendszerek miatt bekövetkező jelenlegi változások a munkavállalók oktatási céljainak újragondolásához, a folyamatos tanulás gondolatának előmozdításához, valamint a megfelelő alkalmazkodókészség és új készségek kifejlesztéséhez vezetnek (Kim és Park, 2020).

Az **egészségügyi** munkakörökben dolgozók érezni fogják a fizikai feladatok automatizálásának hatását. Megállapították, hogy eltűnőben vannak azok a kórházi állások, amelyek nem igényelnek legalább felsőfokú alapképzésben szerzett végzettséget, ami a tudás- és kognitív alapú munkák irányába történő elmozdulást jelzi (Terminino és Rimbau Gilabert, 2018). A fizikai feladatok robotrendszerek használatával történő automatizálása várhatóan azzal a fő hatással fog járni, hogy csökken az ápolók általános fizikai megterhelése (Denault et al., 2019). Sen et al. (2020) kutatása, amely a **bányászati** ágazatban vizsgálta a munkavégzéssel összefüggő váz- és izomrendszeri megbetegedéseket, kimutatta, hogy a bányászati munkakörökben a váz- és izomrendszeri megbetegedések és az általános munkahelyi kockázat csökkentése érdekében kifejezetten előnyös lenne az automatizálás. A **raktárak** szintén veszélyes környezetek lehetnek. A munkavállalók biztonságát fenyegető gyakori veszélyek a megcsúszás, a megbotlás és a magasból való leesés. A kezelők biztonsága szempontjából kimondottan előnyös lehet, hogy a robotok használatával csökkenthető az, hogy a munkavállalóknak magasban kelljen dolgozniuk, vagy olyan nagy kockázatú berendezéseket kelljen kezelniük, mint a targoncák. Az **építőipari** munkások számára a robotok használatának egyik fő előnye abban rejlik, hogy az ismétlődő vagy veszélyes építési feladatok során a robotok segítséget tudnak nyújtani. Ez az átállás azonban azt is jelenti, hogy a munkavállalók minden csoportjának új készségeket kell elsajátítania a gépek kezelésével és felügyeletével kapcsolatban.

## 3.4 Az ágazatokra gyakorolt hatás

Az automatizált fizikai feladatok ágazatonkénti elemzése az automatizált vagy támogatott feladatok nagy számát mutatja a **humán-egészségügyi és szociális tevékenységek** ágazatában. Itt a feladatok többsége a kórházi tevékenységek között található. A robotizált rendszerek lehetséges alkalmazási területeinek sokasága azt jelzi, hogy a közeljövőben egyre nagyobb lendületet fog venni a robotok telepítése az ilyen munkakörnyezetekben. Ágazati szinten az egészségügyi ellátás és a szociális munka jelentősége valószínűleg tovább fog nőni, és ez a robotizált rendszerek egyik fő alkalmazási területe lesz.

Erősen érintett a **feldolgozóipar** is. A szakértők egyetértettek abban, hogy a feldolgozóipar jelenleg a fejlett robotika alkalmazásának fő ágazata. Számos példa van a szinte teljesen automatizált gyári rendszerekre, például az autóiparban.

A **szállítás és raktározás** általános ágazatával a tudományos szakirodalom is gyakran foglalkozik, és a szakértők is megemlítik ezt a szektort. A logisztikai piac különösen az e-kereskedelem, az egyedi

igények szerinti tömeggyártás és az ún. „just-in-time” (éppen a megfelelő időben) filozófia terjedése miatt gyors változásokon megy keresztül. A modern **bányászati** folyamatokban is egyre erősödik az a tendencia, hogy a munkaerőt automatizálással és a robotika alkalmazásával váltják ki. A tudományos szakirodalomban ritkábban vizsgált, de a szakértők által kiemelt ágazatok az **építőipar**, valamint a **mezőgazdaság**, az **erdőgazdálkodás** és a **halászat**.

## 4 Munkavédelmi vonatkozások

### 4.1 Pszichoszociális hatások

Több pszichológiai szempontot a konkrét feladattípustól függetlenül is tárgyalnak, és ezek bizonyos mértékig a fizikai feladatokra is hasonlóképpen alkalmazhatók. Az ember-gép interakcióról és a munkahelyi egészségről szóló feltérképező áttekintés az ember-gép interakciók releváns kategóriáit a feladatok automatizálásából adódó következmények elemzése szempontjából mutatja be. Az idevágó kategóriák a következők: „*funkciók kiosztása, interfész- és interakciótervezés*, valamint a *gépek és rendszerek üzemeltetése és felügyelete*” (Robelski és Wischniewski, 2018). A feladatautomatizálás belüli funkciók kiosztásának szempontja megköveteli, hogy maga a munkafeladat határozza meg a funkcióknak az emberek és a gépek, jelen esetben a fejlett robotrendszerek közötti elosztását (Robelski és Wischniewski, 2018). A feladatok automatizálásával kapcsolatban gyakori jelenség az automatizáláshoz fűződő túlzott elbizakodottság. A tanulmányok azt mutatják, hogy a szakértelem és a képzés nincs mérséklő hatással az elbizakodottság előfordulására. Parasuraman és Manzey (2010) összefoglalója alapján a tudományos szakirodalomban egyetértés van abban, hogy három fő tényező járul hozzá az automatizálási torzításhoz. Az első tényező azzal függ össze, hogy a megfigyelések szerint az emberek a döntéshozatali folyamatokban hajlamosak a legkisebb kognitív erőfeszítést igénylő utat követni. A második tényező azt a tendenciát írja le, hogy a felhasználók hajlamosak túlbecsülni az automatizálási rendszerek teljesítményét és tudásbeli elsőbbségét. Az automatizálási torzításhoz hozzájáruló harmadik tényező egy olyan jelenség, amely a megosztott humán feladatoknál is megfigyelhető. Ez a felelősség szétterítése, amely „társas henyélshez” („social loafing”) vezet, vagyis ahhoz a jelenséghez, hogy az emberek hajlamosak kevesebb saját erőfeszítést tenni, amikor másokkal együtt dolgoznak (Parasuraman és Manzey, 2010).

#### **Bizalom**

Számos tanulmány vizsgálta a robotrendszerekbe vetett bizalom előzményeit. Egyetértés van abban, hogy a robotrendszerek iránti emberi bizalmat jelentősen befolyásoló előzmények lehetnek ember-, robot- vagy kontextusfüggőek, ezért ezeket gondosan mérlegelni kell, amikor robotrendszereket használunk a feladatok automatizálására (Hancock et al., 2011; Hancock et al., 2020). A robotokkal összefüggő előzmények közül a robot jellemzői és teljesítménye vannak a legerősebb hatással a bizalomra. Fontos, hogy ne csak a bizalomerosztó szempontokat vegyük figyelembe, hanem azt is, hogy egyes szempontok hátrányosan befolyásolhatják a feladatok elvégzését vagy más kérdéseket (Hancock et al., 2020). A nem megfelelő antropomorfizmus olyan veszélyes helyzetekhez vezethet, mint a váratlan viselkedés, az automatizálás hibájának fel nem ismerése vagy az automatizálás hibájára adott túl lassú reakciók (Papadimitriou et al., 2020).

#### **4.1.1 Feladattervezés**

##### **A munka feletti irányítás**

A munka feletti irányítás fogalma, amely magában foglalja a döntési szabadság, az időzítés és a módszer feletti kontroll dimenzióit, hosszú múltra tekint vissza a munkapszichológiában. A tudományos szakirodalom nagyon jól leírja, hogy a munka feletti irányítás milyen pozitív hatással lehet a munkavállalók jóllétére, motivációjára, elégedettségére és mentális egészségére, különösen azáltal, hogy segít ellensúlyozni a magas munkahelyi követelményeket (Bakker és Demerouti, 2007; Karasek, 1979, 1998). A megkérdezett szakértők szerint a feladatok (fél)automatizálására szolgáló fejlett robotika alkalmazásakor a változó feladatjellemzőkkel és a munka feletti irányítás megváltozott szintjével kapcsolatban az a kockázat is felmerül, hogy az új vagy megváltozott feladatokból eredően megszűnhet az önhatékonyság. Viszont ha a feladat- és rendszerhatárokat nem teszik világossá, fennállhat annak a veszélye, hogy a munka feletti irányítás vagy a döntési szabadság túl nagy marad, ami szintén a jóllét csökkenéséhez vagy stresszhez vezethet.

## **Kontrollérzet**

A munka feletti irányítás szintje által meghatározott feladatjellemzőket az emberi munkavállalók különbözőképpen érzékelhetik. Ezért a munka feletti irányítás fogalmával szorosan összefügg a szubjektív kontrollérzet, amely a pszichológiában is bevett fogalom (Spector, 1998). A robotrendszer növekvő autonómiája arra ösztönözheti a munkavállalókat, hogy olyan feladatokat bízzanak a robotokra, amelyeket a rendszer képes elvégezni, anélkül, hogy elveszítenék a helyzet feletti kontroll érzését. A megkérdezett szakértők is kifejezetten megemlítették a kontroll elvesztésének kockázatát, legyen szó akár szubjektív érzésről, akár objektív körülményről. A szakértők hangsúlyozták azt is, hogy „az ember irányít” elvet vezető tervezési irányelvnek kell tekinteni.

## **Munkaintenzitás és a szakértelem fokozatos elvesztése**

A munkafeladatok megtervezésével kapcsolatban egy nagyon gyakran tárgyalt pszichoszociális munkafeltétel a munkaintenzitás szempontja, például ahogyan azt a munka – követelmény – irányítás modellben (Karasek, 1979, 1998) vagy az átfogóbb munka – követelmények – erőforrások modellben (Demerouti et al., 2001) a munka feletti irányítás tekintetében leírták. A készségek sokféleségének csökkenésével a munkahelyek lehetséges polarizálódásával összefüggésben is foglalkoznak; erről a hipotézisről a feladatok automatizálásával és a munkarendszerek digitalizálásával kapcsolatban folyik a vita. Ez az elmélet leegyszerűsítve azt mondja, hogy az alacsony képzettséget igénylő munkakörök esetében az összetett rutinfeladatok automatizálása azt eredményezi, hogy a munkakör még egyszerűbb feladatokra fog összpontosítani, ahelyett, hogy lehetővé tenné az ember számára a magasabb képzettséget igénylő feladatok elvégzését.

### **4.1.2 Interakció megtervezése**

A tudományos szakirodalomban számos olyan szempontot tárgyalnak a robotokkal folytatott interakció megtervezésével kapcsolatban, amelyek különböző munkavédelmi szempontokat érintenek. A robotok kialakításának szempontja és az interakciók megtervezése különböző jellemzőkkel társítható. Ezek például kapcsolódhatnak a robotrendszer külső megjelenéséhez és kivitelezési formájához, a robot viselkedéséhez, mozgásához vagy interakciójához, valamint a kommunikációs stílusokhoz és csatornákhöz. A robotok mozgási viselkedésének területén olyan szempontokat vizsgálnak, mint a sebesség, a gyorsulás és lassulás, a mozgási pálya, valamint a közeledési vagy elhaladási stratégiák. Az emberek és a fejlett robotok közötti kommunikáció különböző mértékben tervezhető. A különböző interakciótervezési szempontok eltérő mértékben függenek össze a munkavédelmi kockázatokkal és lehetőségekkel. Emellett az általános cél a jóllét, az elfogadás, a bizalom és a pozitív érzelmek fokozása, valamint a pozitív felhasználói élmény vagy munkafolyamat biztosítása (lásd például Honig et al., 2018). Hasonlóképpen, az interakció nem válhat ki diszfunkcionális mértékű munkaterhelést, ingerültséget, megterhelést vagy zavarokat, sőt, lehetőség szerint csökkentenie kell ezeket. A robottervezési szempontok azonban nem önmagukban álló megfontolások, és mindig figyelembe kell venni a megcélzott kontextust és munkafeladatot.

#### **A robot antropomorf kialakítása**

A tudományos szakirodalom részletesen foglalkozik a kivitelezési forma, pontosabban az antropomorf robottervezés szempontjával. Az antropomorf robottervezés pozitív hatással lehet a robotok iránti bizalomra. Az olyan tervezési jellemzők, mint a szemek vagy az arckifejezések, elősegíthetik a természetes interakciót, az elfogadást és a szerethetőséget, különösen a szociális robotikában (Fink, 2012). Az antropomorf tervezésnek azonban negatív következményei is lehetnek. Ezek a tervezési jellemzők emberi elvárásokat váltanak ki a robotok képességeivel és viselkedésével kapcsolatban (Złotowski et al., 2015). Ha a rendszernek olyan jellemzői vannak, mint például a szemek, akkor elvárjuk, hogy a robot képes legyen a vizuális jelzések feldolgozására. Az antropomorf tervezés a robotok mozgására vagy kommunikációs stratégiáira is kiterjedhet. Az elvárások és a valóság közötti eltérés ingerültséget válthat ki, vagy akár jelentősen csökkentheti is az érzékelt megbízhatóságot ipari környezetben (Roesler et al., 2020). Általánosságban azonban elmondható, hogy ha egy antropomorf tervezési jellemző nem szolgál funkcionális célt, akkor nem szabad beépíteni.

#### **A párbeszéd elvei a HRI-ben**

Az interakciótervezés során az egyik figyelembe veendő szabvány az EN ISO 9241-110 szabvány és az abban megfogalmazott interakciós elvek (a korábbi, párbeszédre vonatkozó elvek). Az interakciós elvek és az általános tervezési ajánlások irányt mutathatnak a felhasználói interfészek fejlesztéséhez



és értékeléséhez, ami jobb használhatóságot eredményez. Ezeket fontos és hasznos elveknek tekintették a rendszerinterakcióknak az „Ipar 4.0” összefüggésében történő tervezéséhez (Fischer et al., 2017), és megfelelő eszköznek bizonyultak a robotrendszerek felhasználói értékeléséhez (Rosen et al., 2018). Az az eddig nem látott mértékű autonómia, amelyet a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek és a fejlett robotok vezetnek be a munkahelyen, új minőséget jelent az interakcióban, amelyet úgy lehetne értékelni és tökéletesíteni, hogy a párbeszéd elveit már a fejlesztési folyamat korai szakaszában alkalmazzák.

### **Átláthatóság a HRI-ben**

Különösen a robotrendszerek képességeinek és autonómiájának bővülésével a fejlesztőknek és a jogalkotóknak is figyelembe kell venniük a felelősség és az elszámoltathatóság szempontját az interakcióban. Az emberek felelőssé teszik a robotokat a hibáikért (Kahn et al., 2012), legalábbis jobban, mint más tárgyakat. Ha a munkafolyamatban hiba lép fel, a felhasználók inkább a robotot hibáztatják, és kevésbé másokat. Nem szabad azonban egyszerűen azt feltételezni, hogy a rendszer által nyújtott több információ szükségszerűen jobb a felhasználó számára. A túl sok információ nem feltétlenül növeli a rendszer átláthatóságát, hanem információs túlterheltséghez vezet, a felhasználó pedig nem tudja kiválasztani és feldolgozni a kritikus információkat (Finomore et al., 2011). Ezért a megfelelő átláthatóság megteremtése fontos, de bonyolult feladat.

### **4.1.3 Üzemeltetés és felügyelet**

A rendszer üzemeltetésének és felügyeletének dimenziója a funkciók kiosztásának folyamatából és az interakció konkrét kialakításából eredő közvetlen következménynek tekinthető (Robelski és Wischniewski, 2018).

#### **A robotokhoz való hozzáállás és a robotokkal szerzett tapasztalatok**

Az emberekkel a munkahelyen szorosan együttműködő robotrendszerek viszonylagos újszerűsége elkerülhetetlenül azt eredményezi, hogy a munkaerőnek nincs tapasztalata a rendszerekkel folytatott interakció terén, és az szokatlan a számára. Ez a járatlanság befolyásolhatja a rendszerekhez való hozzáállásukat, és beárnyékolhatja az első tapasztalataikat. Tudjuk, hogy a használat és a tapasztalat megváltoztathatja a munkavállalók robotrendszerekkel kapcsolatos felfogását és hozzáállását. Ahogy egyre jobban megismerik a rendszereket, úgy csökken azok újszerűsége, mivel a képességeikről és viselkedésükről alkotott előítéleteket fokozatosan egy reálisabb kép váltja fel (Sanders, 2019). Valószínűleg mind a bizalom, mind az elfogadás növekedni fog, mivel a hozzáállást az adott rendszer használatának való kitettség alakítja (Hancock et al., 2011). Nomura et al. (2011) szerint a robotokkal kapcsolatos negatív attitűdök a robotokkal folytatott interakció terén szerzett tapasztalatok bővülésével csökkentek.

#### **Közösségi támogatás**

A munkahelyi közösségi támogatás – például a csapattagok és a kollégák részéről – a jóllétet vagy az elégedettséget befolyásoló egyik fő tényezőnek számít. Kutatások kimutatták, hogy a közösség támogatása mérsékelte az érzékelt munkahelyi stressztényezők hatását, és csökkentette az átélt megterhelést (Viswesvaran et al., 1999). A korábban emberek által végzett feladatok (fél)automatizálása végső soron új csapatalakítási struktúrákhoz vezethet. Az egyik lehetséges kockázat az, hogy csökken az érzékelt közösségi támogatás, mivel adott esetben kevesebb az interakció az emberi csapattagokkal.

#### **A munkahely elvesztésétől való félelem**

Egyes munkavállalók nem előnyös technológiaként fognak tekinteni a robotizált rendszerekre, hanem a foglalkoztatásukra nézve potenciális kockázatként fogják fel azokat. Reichert és Tauchmann (2011) a pszichológiai szorongás szintjét vizsgálták a bizonytalan munkahelyű munkavállalók esetében, és megállapították, hogy az alacsony állásbiztonsággal rendelkező munkavállalók pszichológiai egészségi állapota rosszabb. Ráadásul a bizonytalan munkahely hatásai még súlyosabbak azoknál a munkavállalóknál, akiknek már korábban is voltak mentális egészségügyi problémáik. Kozak et al. (2020) megítélése szerint a robotizált rendszerek révén megvalósuló automatizálásnak betudható munkahelyi bizonytalanság nem az ismeretlentől való irracionális félelem, hanem inkább annak a kockázatnak a racionális leképeződése, hogy a feladatok automatizálhatóak, és ennek a munkavállalók ki vannak téve. Hangsúlyozzák, hogy a munkaerő számára további készségfejlesztési szakpolitikákat

kell végrehajtani a tényleges munkahelyvesztés elkerülése és az attól való szubjektív félelem leküzdése érdekében.

## 4.2 Fizikai hatások

A robotizált rendszerek segítségével végzett feladatautomatizálás fizikai hatása a következő lehetséges és tervezett előnyök, illetve lehetséges kockázatok szerint kategorizálható. A pozitív hatások kategóriáján belül az egyik fő terület a humán dolgozók kivonása a veszélyes vagy megterhelő környezetekből (Gharbia et al., 2019; Sen et al., 2014). A pozitív hatások másik csoportja az olyan robotrendszereknek köszönhető, amelyek fizikailag támogatják a munkavállalókat bizonyos olyan feladatok elvégzésében, ahol a folyamatos vagy ismétlődő fizikai megterhelés egészségügyi kockázatot jelent (Kyrarini et al., 2021). Ebbe a kategóriába tartozhat számos általános, robotrendszerek által automatizált feladat, mint például egy munkadarab felemelése vagy akár egy tárgy szállítása a munkahelyen. Az ápolók körében gyakoriak a munkavégzéssel összefüggő váz- és izomrendszeri fájdalmak és sérülések. Ezért a különösen megterhelő feladatok automatizálása nagyban elősegítheti az egészségük fenntartását. Célszerű biztosítani, hogy a munkacellák lehetővé tegyék a fizikai terhelés csökkentését azáltal, hogy a kezelő fizikai állapotának megfelelően változtatják a munkaciklust és a robotrendszer teljesítményét. Ez a munkavállaló fizikai jóllétét szolgálja, ami egybevág azzal, hogy a megkérdozettek értelmezése szerint a robot milyen hatást tud gyakorolni a munkavállalóra.

A munkavállalók fizikai állapotát érintő pozitív változások mellett a szakértők arra is rámutatnak, hogy az új technológia újfajta fizikai veszélyekhez vezethet. Többször is hangsúlyozták az ütközési kockázatokat, mivel jelenleg számos robotizált rendszer végez olyan feladatot, amely valamilyen módon mozgással, esetleg további fizikai terhelést okozó mozgással jár. Míg a munkavállaló és a robotrendszer közötti ütközés már önmagában is egészségügyi kockázatot jelent, a sérülés lehetősége még jobban megnő, ha a robot egy tárgyat kezel, illetve ha éles vagy hegyes fogóegységgel van felszerelve. A nem szándékolt mozgások megüthetik vagy a robot és egy rögzített alkatrész közé szoríthatják az adott személyt, például összenyomhatják a kezét. Ezért figyelembe kell venni az érintkezési erő határértékeit. Egy másik kockázati tényező a mechanikai meghibásodás: ha nincs megfelelő karbantartás, hiba léphet fel, ami esetleg ugyanolyan kimenetelű lehet, mint egy vezérlési hiba.

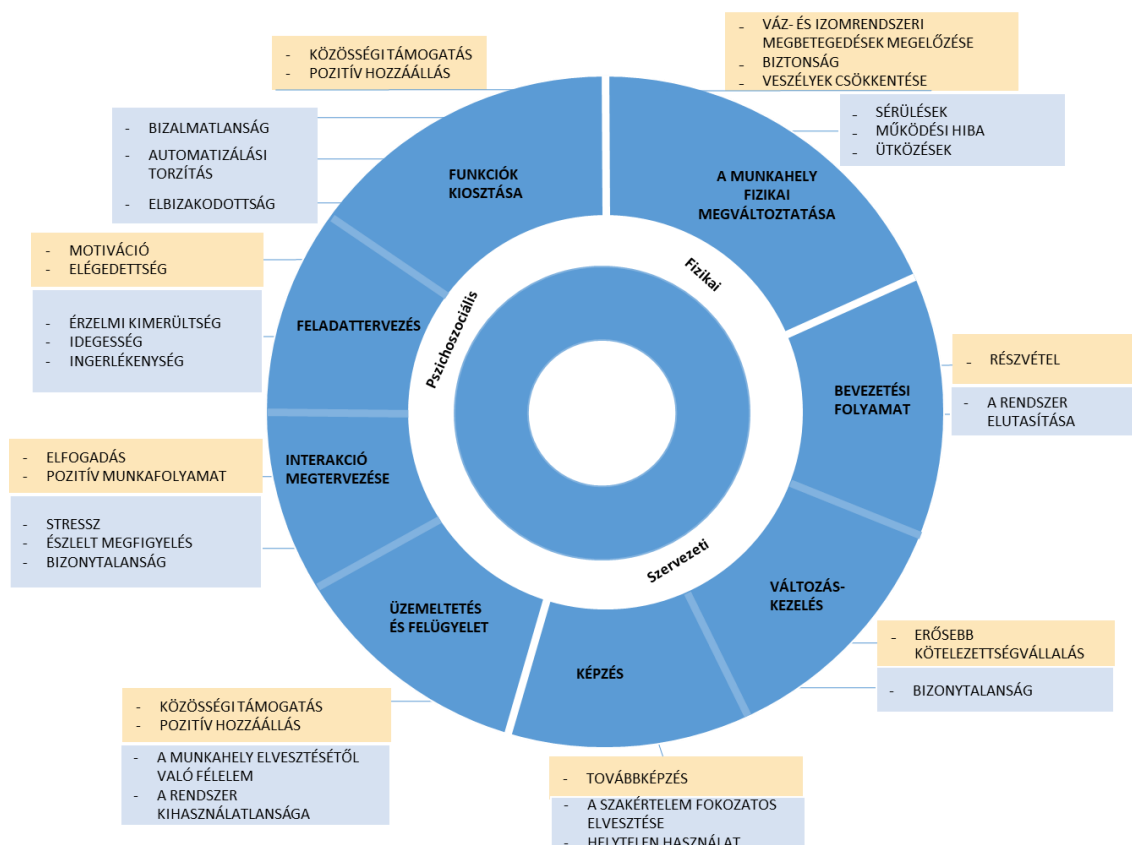
## 4.3 Szervezeti hatások

A jövőbeli változások kommunikálása a munkavállalók felé csökkentheti a bizonytalanság érzését a változás mögött meghúzódó indokokkal kapcsolatban. Azt is megállapították, hogy az egyértelmű és közvetlen kommunikáció elősegíti a változást és a munkavállalók támogató magatartását (Bordia et al., 2004). A bevezetést megelőző kommunikáción túlmenően át kell alakítani azt a munkaterületet, ahol a robotot alkalmazni fogják, és újra meg kell határozni a dolgozók feladatait. Itt különösen a kockázatértékelés szempontját hangsúlyozták a megkérdozett szakértők. A szakértők a munkavállalók képzését, a munkavégzési hely értékelését és felügyeletét, valamint a megfelelő karbantartási eljárásokat is megnevezték, mint lehetséges eszközöket.

Az egyik legnagyobb szervezeti változás, amellyel ezeknek a munkakörnyezeteknek szembe kell nézniük, az átképzés és továbbképzés iránti igény. Ez azzal jár, hogy a személyzetet ki kell képezni az új robottechnológiával végzett munkára, ugyanakkor pedig el kell kerülni a szakértelem és más alapvető fontosságú kompetenciák elvesztését. Az is növelheti a munkavállalók részvételét a szervezeti változásokban, ha figyelembe veszik ezeket a tényezőket, és biztosítják a szükséges lehetőségeket a munkavállalók számára. Megállapították, hogy a végrehajtásban és a döntéshozatalban való munkavállalói részvétel előmozdítja a munkavállalók támogató magatartását (Gagne et al., 2000).

Az 1. ábra áttekintést nyújt a pszichoszociális, fizikai és szervezeti szempontokkal, valamint a lehetséges munkavédelmi kockázatokkal és előnyökkel kapcsolatban azonosított releváns dimenziókról.

1. ábra: A munkavédelem szempontjából releváns dimenziók és hatások áttekintése



#### 4.4 Szabványok

Az A. típusú normák (alapvető biztonsági normák) és az adott esetben szintén alkalmazandó B. típusú normák (általános biztonsági normák) mellett jelenleg három gépbiztonsági szabvány (C. típusú normák) vonatkozik a robotrendszerekre. A teljes lista a jelentésben található. A szakértőknek a robotizált rendszerekre vonatkozó szabványokról alkotott véleménye úgy foglalható össze, hogy bizonyos szempontokból látnak javítanivalót a meglévő szabványokban. A szakértők szerint azonban jelenleg nincs szükség további szabványokra. Ez tükrözi az Európában jelenleg megfigyelhető teljesen integrált HRI-alkalmazások aktuális számát, amint azt például az ESENER-3 adatok eredményei is mutatják (EU-OSHA, 2022a). A projekt keretében végzett kutatás során azonosítottuk a fejlett robotika és a mesterséges intelligencián alapuló rendszerek sajátos munkavédelmi kockázatait. Bár léteznek kifejezetten a fejlett robotika alkalmazásával összefüggő kockázatok, jelenleg alig vannak olyan kockázatértékelési eszközök, amelyek azonosítják és elemzik is a kockázatokat, és ezek gyakran nem is könnyen hozzáférhetők.

#### 4.5 Kockázatértékelés

Egy fejlett robot vagy egy mesterséges intelligencián alapuló rendszer munkahelyi bevezetésének konkrét munkavédelmi hatása gyakran nehezen mérhető fel, és az adott rendszertől, az automatizált feladattól és a környezettől függően változik. Ugyanez érvényes az ilyen rendszerek munkahelyi bevezetésének és megvalósításának általános kockázatára is. Az elmúlt években megjelentek a kollaboratív robotokra kidolgozott kockázatértékelési eszközök első változatai (pl. Stone et al., 2021; Raza et al., 2021), azonban kevés tesztelt és publikált eszköz érhető el nyilvánosan. A kockázatértékelési eszközök egy másik kihívással is szembesülnek, amely a kollaboratív robotok működési környezetének gyakori változásával függ össze. Mindazonáltal a munkavédelem biztosításához elengedhetetlen a munkahelyi technológia pontos és mélyreható kockázatértékelése, és a jövőben figyelembe kell venni, hogy a fejlett robotikai rendszerek, a kollaboratív robotok és az automatizálási feladatokra szolgáló mesterségesintelligencia-rendszerek esetében nem állnak rendelkezésre olyan értékelési eszközök, amelyek képesek ezt biztosítani.

## 5 Összefoglalás és következtetés

Ha elemezzük azokat a feladattípusokat, amelyekre jelenleg fejlett robotikai alkalmazásokat használnak, valamint az automatizálás mértékét, azt látjuk, hogy a félautomatizálás és a teljes automatizálás esetében nagy hangsúlyt kapnak a személyekkel és tárgyakkal kapcsolatos rutinszerű feladatok. A személyekkel kapcsolatos feladatokon belül számos ápolási feladatot találunk, beleértve a betegek emelését vagy az étel- és italfogyasztásban nyújtott segítséget. Ezenkívül a sebészeti és egyéb orvosi feladatok is részben vagy teljes mértékben támogatottak. A tárgyakkal kapcsolatos feladatokon belül nagy hangsúlyt kapnak a feldolgozóiparban, a raktározásban és a kézműiparban szokásos feladatok. Ezenkívül azt tapasztaltuk, hogy a csomagolás, valamint a szállítási és kézbesítési feladatok különböző területeken, például a gyártásban, a kórházakban és a raktárakban teljes mértékben automatizáltak. Az összeszerelési feladatok olyan, tárgyakkal kapcsolatos feladatok, amelyeket részben támogathatnak fejlett robotok.

Az egyik elsődleges megállapítás az, hogy a tudományos szakirodalomban a munkavédelmi kockázatok és lehetőségek esetében nem, vagy csak nagyon ritkán veszik figyelembe a feladatalapú megközelítést. Egyértelműen hiányoznak azok a tanulmányok, amelyek a HRI-vel és az ahhoz kapcsolódó munkavédelmi kockázatokkal és lehetőségekkel foglalkoznak a tisztán fizikai feladatok esetében. Ezért a bemutatott megállapítások bizonyos mértékig általános megállapításoknak tekinthetők, amelyek valamennyi robotikai alkalmazásra alkalmazhatók.

A tudományos szakirodalom alapján a HRI négy különböző dimenzióját tudtuk azonosítani, amelyek összefüggésbe hozhatók a munkavédelmi kockázatokkal és lehetőségekkel: funkció- vagy feladatkiosztás, feladattervezés és az interakció megtervezése, valamint üzemeltetés és felügyelet.

A funkció- vagy feladatkiosztás dimenzióját illetően azt látjuk, hogy ezek a folyamatok dinamikusabbá válhatnak, mivel a robotizált rendszerek a rugalmas felhasználás ígérését hordozzák magukban. Ha mindkettőt jól végzik, növelhetik a rendszer teljesítményét, csökkenthetik a hibákat, optimalizálhatják a munkaterhelést, és növelhetik a motivációt, az elégedettséget és a jóllétet. A funkciók kiosztásával kapcsolatos kockázatok közé tartozik azonban számos emberi következmény, mint például az elbizakodottság hatásai, a részrehajló döntések, a csökkent helyzetfelismerés, a kiegyensúlyozatlan mentális terhelés, a bizalmatlanság és a túlzott bizalom. A magasabb fokú automatizálás csökkentheti a kezelő mentális munkaterhelését, de azt is eredményezheti, hogy elveszíti helyzetfelismerését, és több hibát vét (Onnasch et al., 2014).

A funkciókiosztási folyamatból adódó feladattervezéssel kapcsolatban különösen azt a kockázatot kell hangsúlyozni, hogy a munka feletti irányítás szintje csökken, és ehhez kapcsolódóan csökken a kontrollérzet, az önhatékonyság, az elégedettség, a motiváció és a jóllét is. A robotok nagyfokú önállóságát összefüggésbe hozták azzal a kockázattal is, hogy csökken a kontrollérzet, sőt a munkafeladattal kapcsolatos felelősségérzet is. A munkavállaló és a robot feladatának szoros összekapcsolása ráadásul a stressz fokozásának veszélyével jár.

A jól ismert tervezési elvek alkalmazása az interakciós folyamat egészének kedvez. Viszont elmaradásuk káros hatásokkal jár. Egyes tervezési elvek fontossága megváltozhat, különösen azért, mert az átlátható robotikai tervezés és viselkedés iránti igény döntő fontosságú az olyan lehetséges kockázatok elkerülése szempontjából, mint a felelősség és az elszámoltathatóság érzésének csökkenése, a túlzott vagy alacsony mértékű bizalom, valamint az elidegenedés vagy az irányítás elvesztésének érzése.

Hangsúlyozandó, hogy különösen a veszélyes munkakörnyezetekben egyértelmű lehetőség adódik a fejlett robotika alkalmazására. A robotizált rendszerek először is lehetőséget nyújtanak arra, hogy az embereket teljesen kivonják e kedvezőtlen körülmények hatása alól. Másodsorban, különösen az összeszerelési és emelési feladatoknál, a robotizált rendszerek javíthatják a váz- és izomrendszeri megbetegedésekkel kapcsolatos fizikai egészségi állapotot. Megemlítenődök az olyan fizikai kockázatok is, mint az ütközés, illetve a mechanikai vagy elektromos meghibásodással kapcsolatos kockázatok.

A szervezeti hatásokkal kapcsolatban megfigyelhetjük különösen a bevezetési folyamat, illetve a fejlett robotok munkahelyi bevezetésével kapcsolatos változtatások jelentőségét. Ha ezt a folyamatot a megfelelő feladatelemzés, a munkavállalók részvétele, a kommunikációs stratégia, valamint a folyamatos értékelési és ellenőrzési folyamat tekintetében nem gondolják át alaposan, akkor a vállalatoknak a rendszer alacsony elfogadottságának és elutasításának kockázatával, illetve azzal a

kockázattal kell szembenéznük, hogy esetleg nem használják a rendszert. Fontos a munkavállalók megfelelő képzése is, hogy megelőzzük a szakértelem és az alapvető fontosságú kompetenciák elvesztésének kockázatát.

A HRI-vel összefüggésben különösen részletesen vizsgálták a bizalom kérdését. Közismert tény, hogy a sikeres együttműködést befolyásolja az együttműködő felek közötti bizalom (Costa et al., 2001). A bizalommal kapcsolatban a robotok olyan jellemzői, mint a mobilitás, az antropomorf vagy zoomorf kialakítás, a multimodális interakciós lehetőségek, valamint a proximális és távoli alkalmazások többcélú felhasználása arra utalhatnak, hogy az emberek robotok iránti bizalma különbözik a szokásos automatizálási technológiával szembeni bizalmtól (Hancock et al., 2011; Hancock et al., 2020). Ha nincs elég bizalom a robotrendszer iránt, az negatív következményekkel járhat az interakcióra nézve. Azt gondolhatnánk, hogy a bizalomhiánnyal ellentétben a robotizált rendszerbe vetett nagyon nagy fokú bizalomnak pozitív hatásai vannak. Túlzott bizalom esetén például a robottal kapcsolatos gondossági kötelezettséget elhanyagolják (Hancock et al., 2011), ami további károkat okozhat, vagy ha a hibát nem veszik észre, a munkadarab károsodásához vagy az emberek megsérüléséhez vezethet. Ha a robotba vetett bizalom mértéke megfelel a robot képességeinek, akkor hatékony és biztonságos együttműködésre kerülhet sor (Hancock et al., 2011).

Sikerült azonosítani azokat a releváns HRI-dimenziókat, amelyekből munkavédelemmel kapcsolatos konkrét kockázatokat és lehetőségeket vezettünk le. Ezek a robotizált rendszerekkel kapcsolatos általánosabb munkavédelmi megfigyelések segítenek megérteni, hogy az alkalmazás körülményeitől függetlenül néhány alapvető kritériumot figyelembe kell venni. Még ha a vizsgált dimenziók egyes hatásai munkahelyenként eltérőek is lehetnek, ajánlatos mindig figyelembe venni őket. Ebben az összefüggésben a végrehajtás komoly kihívást jelenthet a hagyományos munkaügyi felügyelőségek számára. A munkahelyi biztonság és egészségvédelem szavatolásához elengedhetetlen, hogy a munkahelyen pontos és alapos kockázatértékelést végezzenek az adott technológiával kapcsolatban. A munkavédelmi kockázatok és előnyök gondos mérlegelése azt fogja eredményezni, hogy emberközpontú módon alkalmazzák a fejlett robotikát a feladatok automatizálására.

## Szakirodalom

- Bakker, A. B., Demerouti, E. (2007): The job demands-resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 20(7), 743–757. doi:[10.1108/02683940710733115](https://doi.org/10.1108/02683940710733115)
- Bordia, P., Hobman, E., Jones, E., Gallois, C., Callan, V. J. (2004): Uncertainty during organisational change: Types, consequences and management strategies. *Journal of Business and Psychology*, 18(4), 507–532. doi:[10.1023/B:JOBU.0000028449.99127.f7](https://doi.org/10.1023/B:JOBU.0000028449.99127.f7)
- Costa, A. C., Roe, R. A., Taillieu, T. (2001): Trust within teams: The relation with performance effectiveness. *European Journal of Work and Organizational Psychology*, 10(3), 225–244. doi:[10.1080/13594320143000654](https://doi.org/10.1080/13594320143000654)
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., Schaufeli, W. B. (2001): The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86(3), 499–512. doi:[10.1037/0021-9010.86.3.499](https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499)
- Denault, M. H., Péloquin, F., Lajoie, A. C., Lacasse, Y. (2019): Automatic versus manual oxygen titration in patients requiring supplemental oxygen in the hospital: A systematic review and meta-analysis. *Respiration*, 98(2), 178–188. doi:[10.1159/000499119](https://doi.org/10.1159/000499119)
- de Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S., Wacker, K. M. (2020): The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, 66, 101885. cikk. doi:[10.1016/j.labeco.2020.101885](https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101885)
- EU-OSHA – Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség: *Fejlett robotika, mesterséges intelligencia és a feladatok automatizálása: fogalommeghatározások, felhasználás, irányelvek és stratégiák, valamint munkahelyi biztonság és egészségvédelem* (2022 a). Elérhető a következő internetcímen: <https://osha.europa.eu/en/publications/advanced-robotics-artificial-intelligence-and-automation-tasks-definitions-uses-policies-and-strategies-and-occupational-safety-and-health>
- Fink, J. (2012): Anthropomorphism and human likeness in the design of robots and human-robot interaction. Itt: *International Conference on Social Robotics* (199–208. o.). Springer. doi:[10.1007/978-3-642-34103-8\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-642-34103-8_20)
- Finomore, V., Satterfield, K., Sitz, A., Castle, C., Funke, G., Shaw, T., Funke, M. (2012): Effects of the multi-modal communication tool on communication and change detection for command & control operators. Itt: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (56. kötet, 1. szám) (1461–1465. o.). SAGE Publications. doi:[10.77/1071181312561410](https://doi.org/10.77/1071181312561410)
- Fischer, H., Engler, M., Sauer, S. (2017): A human-centered perspective on software quality: Acceptance criteria for work 4.0. Itt: *International Conference of Design, User Experience, and Usability* (570–583. o.). Springer. doi:[10.1007/978-3-319-58634-2\\_42](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58634-2_42)
- Gagne, M., Koestner, R., Zuckerman, M. (2000): Facilitating acceptance of organizational change: The importance of self-determination. *Journal of Applied Social Psychology*, 30(9), 1843–1852. doi:[10.1111/j.1559-1816.2000.tb02471.x](https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.2000.tb02471.x)
- Hancock, P. A., Billings, D. R., Schaefer, K. E., Chen, J. Y., de Visser, E. J., Parasuraman, R. (2011): A meta-analysis of factors affecting trust in human-robot interaction. *Human Factors*, 53(5), 517–527. doi:[10.1177/0018720811417254](https://doi.org/10.1177/0018720811417254)
- Hancock, P. A., Kessler, T. T., Kaplan, A. D., Brill, J. C., Szalma, J. L. (2020): Evolving trust in robots: Specification through sequential and comparative meta-analyses. *Human Factors*, 63(7):1196–1229. doi:[10.1177/001872082092208](https://doi.org/10.1177/001872082092208)
- Honig, S. S., Oron-Gilad, T. (2018): Understanding and resolving failures in human-robot interaction: Literature review and model development. *Frontiers in Psychology*, 9, 861. cikk. doi:[10.3389/fpsyg.2018.00861](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00861)
- Hu, J., Edsinger, A., Lim, Y. J., Donaldson, N., Solano, M., Solochech, A., Marchessault, R. (2011): An advanced medical robotic system augmenting healthcare capabilities-robotic nursing assistant. Itt: *2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation* (6264–6269. o.). IEEE Press. doi:[10.1109/ICRA.2011.5980213](https://doi.org/10.1109/ICRA.2011.5980213)

- Iqbal, T., Rack, S., Riek, L. D. (2016): Movement coordination in human–robot teams: A dynamical systems approach. *IEEE Transactions on Robotics*, 32(4), 909–919. doi:[10.1109/TRO.2016.2570240](https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2570240)
- Karasek, R. A. (1979): Job demands, job decision latitude, and mental strain: Implications for job design. *Administrative Science Quarterly*, 24(2), 285–308. doi:[10.2307/2392498](https://doi.org/10.2307/2392498)
- Karasek, R. A. (1998): Demand/control model: A social, emotional, and physiological approach to stress risk and active behaviour development. Itt: J. M. Stellman (szerk.), *Encyclopaedia of occupational health and safety* (34.06–34.14. o.). Nemzetközi Munkaügyi Szervezet.
- Kim, J., Park, C. Y. (2020): Education, skill training, and lifelong learning in the era of technological revolution: A review. *Asian-Pacific Economic Literature*, 34(2), 3–19. doi:[10.1111/apel.1229](https://doi.org/10.1111/apel.1229)
- Kozak, M., Kozak, S., Kozakova, A., Martinak, D. (2020): Is fear of robots stealing jobs haunting European workers? A multilevel study of automation insecurity in the EU. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 17493–17498. doi:[10.1016/j.ifacol.2020.12.2160](https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2160)
- Kyrarini, M., Lygerakis, F., Rajavenkatanarayanan, A., Sevastopoulos, C., Nambiappan, H. R., Chaitanya, K. K., Makedon, F. (2021): A survey of robots in healthcare. *Technologies*, 9(1), 8. cikk. doi:[10.3390/technologies9010008](https://doi.org/10.3390/technologies9010008)
- Manolesou, D. G., Georgiopoulos, G., Lazaris, A. M., Schizas, D., Stamatelopoulos, K. S., Khir, A. W., Papaioannou, T. G. (2021): Experimental devices versus hand-sewn anastomosis of the aorta: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Surgical Research*, 258, 200–212. doi:[10.1016/j.jss.2020.08.060](https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.08.060)
- Matheson, E., Minto, R., Zampieri, E. G., Faccio, M., Rosati, G. (2019): Human–robot collaboration in manufacturing applications: A review. *Robotics*, 8(4), 100. cikk. doi:[10.3390/robotics804010](https://doi.org/10.3390/robotics804010)
- Nomura, T., Suzuki, T., Kanda, T., Yamada, S., Kato, K. (2011): Attitudes toward robots and factors influencing them. Itt: K. Dautenhahn & J. Saunders (szerk.), *New frontiers in human-robot interaction* (73–88. o.). John Benjamins Publishing Company. doi:[10.1075/ais.2.06nom](https://doi.org/10.1075/ais.2.06nom)
- Onnasch, L., Wickens, C. D., Li, H., Manzey, D. (2014): Human performance consequences of stages and levels of automation: An integrated meta-analysis. *Human Factors*, 56(3), 476–488. doi:[10.1518/107118110X1282936920199](https://doi.org/10.1518/107118110X1282936920199)
- Papadimitriou, E., Schneider, C., Tello, J. A., Damen, W., Vrouenraets, M. L., Ten Broeke, A. (2020): Transport safety and human factors in the era of automation: What can transport modes learn from each other? *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105656. cikk. doi:[10.1016/j.aap.2020.105656](https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105656)
- Parasuraman, R., Manzey, D. H. (2010): Complacency and bias in human use of automation: An attentional integration. *Human Factors*, 52(3), 381–410. doi:[10.1177/0018720810376055](https://doi.org/10.1177/0018720810376055)
- Plotnikov, N. S., Kolokoltseva, E. U., Volkova, Y. V. (2020): Technical review of robotic complexes for underground mining. Itt: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (459. kötet, 4. szám) (042025. cikk). IOP Publishing. doi:[10.1088/1755-1315/459/4/04202](https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/4/04202)
- Raza, M., Malik, A. A., Bilberg, A. (2021): Virtual Modeling as a Safety Assessment Tool for a Collaborative Robot (Cobot) Work Cell Based on ISO/TS 15066: 2016. Itt: *Towards Sustainable Customization: Bridging Smart Products and Manufacturing Systems*, 233–241. doi:[10.1007/978-3-030-90700-6\\_26](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90700-6_26)
- Reichert, A. R., Tauchmann, H. (2011): The causal impact of fear of unemployment on psychological health. *Ruhr Economic Papers*, 266. szám. <http://hdl.handle.net/10419/61355>
- Robelski, S., Wischniewski, S. (2018): Human-machine interaction and health at work: A scoping review. *International Journal of Human Factors and Ergonomics*, 5(2), 93–110. doi:[10.1504/IJHFE.2018.092226](https://doi.org/10.1504/IJHFE.2018.092226)
- Roesler, E., Onnasch, L., Majer, J. I. (2020): The effect of anthropomorphism and failure comprehensibility on human-robot trust. Itt: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (64. kötet, 1. szám) (107–111. o.). SAGE Publications. doi:[10.1177/1071181320641028](https://doi.org/10.1177/1071181320641028)

- Rosen, P. H., Sommer, S., Wischniewski, S. (2018): Evaluation of human-robot interaction quality: A toolkit for workplace design. Itt: *Proceeding of the 20th Congress of the International Ergonomics Association* (1649–1662. o.). Springer. doi:[10.1007/978-3-319-96071-5\\_169](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96071-5_169)
- Sanders, T., Kaplan, A., Koch, R., Schwartz, M., Hancock, P. A. (2019): The relationship between trust and use choice in human-robot interaction. *Human Factors*, 61(4), 614–626. doi:[10.1177/0018720818816838](https://doi.org/10.1177/0018720818816838)
- Sen, A., Sanjog, J., Karmakar, S. (2020): A comprehensive review of work-related musculoskeletal disorders in the mining sector and scope for ergonomics design interventions. *IIEE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors*, 8(3), 113–131. doi:[10.1080/24725838.2020.1843564](https://doi.org/10.1080/24725838.2020.1843564)
- Stone, R. T., Pujari, S., Mumani, A., Fales, C., Ameen, M. (2021. szeptember): Cobot And Robot Risk Assessment (CARRA) method: an Automation Level-Based Safety Assessment Tool to Improve Fluency in Safe Human Cobot/Robot Interaction. Itt: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 65(1), 737–741. doi: [10.1177/1071181321651024](https://doi.org/10.1177/1071181321651024)
- Spector, P. E. (1998): A control theory of the job stress process. Itt: C. L. Cooper (szerk.), *Theories of organizational stress* (153–169. o.). Oxford University Press.
- Terminio, R., Rimbau Gilabert, E. (2018): The digitalization of the working environment: The advent of robotics, automation and artificial intelligence (RAAI) from the employees perspective - A scoping review. Itt: M. Coeckelbergh, J. Loh, M. Funk, J. Seibt, M. Nørskov (szerk.), *Envisioning robots in society - Power, politics and public space* (166–176. o.). IOS Press. doi:[10.3233/978-1-61499-931-7-166](https://doi.org/10.3233/978-1-61499-931-7-166)
- Viswesvaran, C., Sanchez, J. I., Fisher, J. (1999): The role of social support in the process of work stress: A meta-analysis. *Journal of Vocational Behavior*, 54(2), 314–334. doi:[10.1006/jybe.1998.1661](https://doi.org/10.1006/jybe.1998.1661)
- Złotowski, J., Proudfoot, D., Yogeewaran, K., Bartneck, C. (2015): Anthropomorphism: Opportunities and challenges in human–robot interaction. *International Journal of Social Robotics*, 7(3), 347–360. doi:[10.1007/s12369-014-0267-6](https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6)



**Az Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség (EU-OSHA)** működésének célja, hogy Európa olyan helyé válhasson, ahol biztonságosabban, egészségesebb körülmények között és eredményesebben lehet dolgozni. Az Ügynökség megbízható, kiegyensúlyozott és elfogulatlan biztonsági és egészségvédelmi információk kutatásával, kidolgozásával és terjesztésével, továbbá páneurópai figyelemfelhívó kampányok szervezésével foglalkozik. Az Európai Unió által 1994-ben alapított, bilbaói (Spanyolország) székhelyű ügynökség az Európai Bizottság, a tagállamok kormányai, a munkáltatói és munkavállalói szervezetek képviselői, valamint az Unió tagállamaiból és azokon kívülről érkező vezető szakértők számára biztosít közös fórumot.

**Európai Munkahelyi Biztonsági és Egészségvédelmi Ügynökség**

Santiago de Compostela 12  
48003 – Bilbao, Spanyolország  
E-mail: [information@osha.europa.eu](mailto:information@osha.europa.eu)

<https://osha.europa.eu>