

Acta Wekerleensis

Tudományos időszakkiadvány

- 2026/1



WEKERLE SÁNDOR
NEMZETKÖZI EGYETEM

ACTA WEKERLEENSIS, 2026

Kiadja a Wekerle Sándor Nemzetközi Egyetem, 1083 Budapest, Jázmin utca 10.

Főszerkesztő: Dr. Benedek Petra, egyetemi docens, WSNE

Vezető szerkesztők: Dr. Csepregi Anikó Csilla, egyetemi docens, PE

Dr. Fekete-Berzsenyi Hajnalka, egyetemi docens, PE

Felelős kiadó: rektor, WSNE

Megjelenés gyakorisága: évenként egy vagy két lapszám magyar és angol nyelven

HU ISSN 2560-0834

Tartalom

Veszteg Bálint: Ipar 5.0: Az emberközpontú, fenntartható és reziliens gyártási paradigma elméleti és gyakorlati keretei.....	3
--	---

Ipar 5.0: Az emberközpontú, fenntartható és reziliens gyártási paradigma elméleti és gyakorlati keretei

Veszteg Bálint

okleveles műszaki menedzser, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Absztrakt

Az Ipar 5.0 paradigmája a technológiai fejlődést a társadalmi felelősségvállalás, az emberközpontúság és a reziliencia szempontjaival ötvözi, meghaladva a korábbi digitalizációs törekvések tisztán technikai fókuszát. A tanulmány e hármas pillérrendszer elméleti alapjait, valamint gyakorlati megvalósulását vizsgálja a hazai járműipari szektor sajátosságain keresztül. A nemzetközi szakirodalmi források szintézisét az Audi Hungaria „Next Level” stratégiájára épülő esettanulmány egészíti ki, feltárva a kollaboratív robotika és a mesterséges intelligencia fenntarthatóságra gyakorolt hatásait, illetve az implementáció során felmerülő kiberbiztonsági és etikai dilemmákat. A hosszú távú versenyképesség és a társadalmi jólét egyensúlya a humántőke célzott fejlesztésével, valamint rugalmas szocio-technikai ökoszisztémák kialakításával tartható fenn a jövő ipari környezetében.

Kulcsszavak: Ipar 5.0, Emberközpontúság, Fenntarthatóság, Reziliencia, Audi Hungaria

Abstract

The Industry 5.0 paradigm integrates technological progress with social responsibility, human-centricity, and resilience, moving beyond the purely technical focus of previous digitalization efforts. This study examines the theoretical foundations of this triple-pillar system and its practical application within the domestic automotive sector. A synthesis of international literature is complemented by a case study of Audi Hungaria Ltd.'s "Next Level" strategy, exploring the impact of collaborative robotics and artificial intelligence on sustainability, as well as the cybersecurity and ethical dilemmas arising during implementation. Ensuring a balance between long-term competitiveness and social well-being requires targeted human capital development and the creation of resilient socio-technical ecosystems in the industrial environment of the future.

Keywords: Industry 5.0, Human-centricity, Sustainability, Resilience, Audi Hungaria

1. Bevezetés

1.1. A technológiai evolúció új horizontja

Az ipari fejlődés története során az egyes paradigmaváltások mindig a technológiai innováció és a társadalmi igények közötti egyensúly kereséséről szóltak. Míg az Ipar 4.0 a digitális transzformációra, az automatizálásra és a kiber-fizikai rendszerek összekapcsolhatóságára helyezte a hangsúlyt, a tapasztalatok azt mutatják, hogy a tisztán technológiai megközelítés gyakran figyelmen kívül hagyta az emberi tényezőt és a környezeti fenntarthatóságot. Az Ipar 5.0 az előző korszaknak egyfajta értékrend alapú kiegészítését és továbbfejlesztését jelenti, amely a technológiát az emberi jólét és a bolygó határainak szolgálatába állítja. Az ipari forradalmak történeti kontextusában az Ipar 5.0 megjelenése szokatlanul gyorsan követte az Ipar 4.0-t. Ez a gyorsulás a technológiai fejlődés exponenciális jellegéből, valamint a globális kihívások sürgető mivoltából fakad.

Az Európai Bizottság által 2021-ben hivatalosan is körvonalazott Ipar 5.0 koncepció három pilléren nyugszik: az emberközpontúságon, a fenntarthatóságon és a reziliencián. Amíg az Ipar 4.0 elsődlegesen az automatizálásra, az összekapcsolhatóságra és az adatok cseréjére fókuszált a profit és a hatékonyság maximalizálása érdekében, az Ipar 5.0 kiegészíti ezt a megközelítést azáltal, hogy a kutatást és az innovációt egy fenntarthatóbb és emberközpontúbb európai ipar szolgálatába állítja. Ez az átmenet elmozdulást jelent a részvényesi értékszemlélettől az érintetti értékszemlélet felé, amely minden érintett számára előnyöket kínál (Breque és mtsai., 2021).

Bár a koncepció ígéretes, a gyakorlati megvalósítása komoly kihívásokat és feszültségeket hordoz magában, különösen az ipari megvalósíthatóság, a magas beruházási igények, valamint a technológiai kontroll és a munkavállalói autonómia összehangolása terén. A szakirodalomban az Ipar 5.0 megítélése sem teljesen egységes. Míg egyes kutatók (pl. Breque és mtsai., 2021; Grabowska és mtsai., 2022) elengedhetetlen szocio-technikai evolúcióként tekintenek rá, a kritikai megközelítések arra figyelmeztetnek, hogy a koncepció könnyen utópisztikus elképzeléssé vagy pusztán vállalati „zöldrefestéssé” válhat, amennyiben nem társul hozzá valós, a munkavállalók autonómiáját tiszteletben tartó szervezeti átalakulás. (Madsen és Berg, 2021)

1. táblázat: Az Ipar 4.0 és az Ipar 5.0 főbb jellemzőinek összehasonlítása

Jellemző	Ipar 4.0	Ipar 5.0
Alapvető fókusz	Technológiai automatizálás és digitalizáció	Emberközpontúság, társadalmi jólét
Gazdasági modell	Lineáris, profitmaximalizáló hatékonyság	Körforgásos, érték alapú fenntarthatóság
Technológiai szerep	Kiber-fizikai rendszerek, ember-gép elkülönülés	Ember-gép kollaboráció, szimbiotikus AI

Célrendszer	Produktivitás és költségcsökkentés	Reziliencia, inkluzivitás és ökológiai egyensúly
Érintettek	Elsődlegesen a részvényesek	Társadalom, környezet, dolgozók

A tanulmány célja az Ipar 5.0 három együttes értelmezése, kritikai vizsgálata, valamint annak bemutatása, hogy ezek miként jelennek meg egy konkrét iparági gyakorlatban. A kutatás arra keresi a választ, hogy az Ipar 5.0 koncepciója miként kapcsolja össze az elméleti kereteket és a gyakorlati megvalósítást a hazai járműipar példáján keresztül, és milyen implementációs, illetve pszichoszociális kihívásokat rejt ez a transzformáció.

A szakirodalomban az Ipar 5.0 megítélése korántsem egységes, a fogalmi keretek széttöredezettsége pedig teret enged az eltérő, sokszor egymásnak feszülő értelmezési irányoknak. Egyfelől földrajzi és kulturális törésvonalak azonosíthatók: míg az Európai Unió hivatalos narratívája egy emberközpontú, fenntartható ipari modellt vázol fel, addig Japánban a „Társadalom 5.0” koncepciója a technológiai harmóniát a teljes makrotársadalmi rendszer szintjén értelmezi. Ezzel szemben az Egyesült Államokban a fókusz pragmatikusabb, elsősorban az ember-rendszer integrációra és az augmentált döntéshozatalra irányul, míg a dél-koreai megközelítés a digitális ikrek technológiai dominanciáját hangsúlyozza. Ez a sokszínűség rávilágít arra, hogy az Ipar 5.0 jelenleg még nem egy standardizált műszaki recept, hanem egy folyamatosan formálódó szocio-technikai vízió. (Huang és mtsai., 2022)

Másfelől az akadémiai vitákban egyre erőteljesebben jelennek meg a koncepciót övező éles kritikai reflexiók. A „management fashion” elmélet képviselői arra figyelmeztetnek, hogy az Ipar 5.0 egzakt definíciók hiányában könnyen pusztá marketing-narratívává, a tanácsadói szféra üres hívószavává degradálódhat (Madsen és mtsai., 2025). A kritikusok rámutatnak, hogy a humanizáció és a fenntarthatóság hangsúlyozása valódi célja a gyakorlatban tisztán hatékonyság- és profitközpontú modellek társadalmi legitimizálása, elfedve ezzel a folyamatos gazdasági növekedési kényszer és a véges ökológiai erőforrások közötti feloldhatatlan feszültséget (Madsen és Berg, 2021).

Az emberközpontúság paradigmaváltást hoz a munkaerő megítélésében: az embert többé nem minimalizálandó költségtenyezőként, hanem a vállalat legfontosabb befektetéseként és értékteremtőjeként kezeli. A koncepció alaptézise, hogy a technológia feladata az emberhez való alkalmazkodás, és nem fordítva. A kollaboratív robotok, a kiterjesztett valóság és az Emberi Digitális Ikrek integrációja révén a veszélyes, monoton és fizikailag megterhelő feladatokat a gépek veszik át. Ezáltal a dolgozók egy biztonságosabb, inkluzív környezetben a kritikus gondolkodásra, kreativitásra és komplex problémamegoldásra fókuszálhatnak.

A fenntarthatóság pillére megköveteli a hagyományos, lineáris gazdasági modellek felszámolását és a termelés környezeti korlátokhoz való igazítását. Az Ipar 5.0 szorosan integrálja a körforgásos gazdaság elveit, különösen a 6R stratégiát a digitális gyártási rendszerekbe. A mesterséges intelligencia (AI), az IoT és a digitális ikrek itt, mint támogató eszközök jelennek meg, amelyek optimalizálják a nyersanyag- és energiafelhasználást, csökkentik a hulladékképződést, és dekarbonizálják a termékéletről szóló ciklusokat, ezzel összehangolva a gazdasági növekedést a környezet megóvásával. (Malik és Haq, 2026)

A reziliencia, azaz a válságállóság, a globális ellátási láncok sebezhetőségére – például a COVID-19 világválság vagy a geopolitikai sokkok által okozott zavarokra – adott stratégiai válasz. A reziliens ipari rendszerek és hálózatok képesek a hirtelen zavarok előrejelzésére, elviselésére, a dinamikus alkalmazkodásra, és a gyors helyreállásra. Ezt a stabilitást az agilis, önszerveződő döntéshozatali struktúrák, a stratégiai redundancia, valamint a válságtudatos AI rendszerek teszik lehetővé, amelyek erőforráshiány esetén azonnal képesek a hálózatok és termelési fázisok újraoptimalizálására.

A rendszer valódi innovatív ereje a három pillér szinergiájában rejlik. A fenntarthatóság és a reziliencia elérése elképzelhetetlen a dolgozók emberközpontú bevonása nélkül: a technológia önmagában nem képes reagálni a komplex, előre nem látható válságokra; ehhez a munkavállalók bizalmára, készségeire és adaptációs képességére van szükség. Párhuzamosan, a hosszú távú reziliencia alapfeltétele a fenntartható, az erőforrások kiszolgáltatottságától mentesített termelés. Az Ipar 5.0 egy olyan holisztikus, szocio-technikai ökoszisztémát hoz létre, amely egyszerre biztosítja a jövőálló gazdasági versenyképességet, a társadalmi befogadást és a környezeti regenerációt. (Ivanov, 2023; Pham és Li, 2025)

1.2. Kutatási módszertan

A tanulmány egy integrált kutatási módszertanra épül, amely ötvözi a szisztematikus szakirodalmi áttekintést és az illusztratív esettanulmányi módszertant. A kutatás első fázisában nemzetközi, lektorált tudományos adatbázisok cikkanyagait, valamint az Európai Bizottság iránymutatásait elemeztem. A források kiválasztásánál az Industry 5.0, human-centricity, resilience, cobotics kulcsszavakra és recens publikációkra támaszkodtam, hogy egy megalapozott, az ellentmondásokat is feltáró elméleti keretet alkossak. A második fázisban ezt az elméleti keretrendszer egy illusztratív ipari esettanulmányon keresztül vizsgáltam meg. Az elemzéshez másodlagos forrásokat, a vállalat hivatalos fenntarthatósági és pénzügyi jelentéseit, valamint hazai és nemzetközi ipari szaklapok legfrissebb riportjait használtam fel. Az Audi Hungaria Zrt. kiválasztását az indokolja, hogy a vállalat a kelet-közép-európai régió egyik

legmeghatározóbb járműipari szereplője. A győri telephely jelenleg egy rendkívül komplex technológiai és szervezeti transzformáción megy keresztül. Ez a speciális, forráshiányos és munkaerőpiaci feszültségekkel terhelt környezet ideális terepe az Ipar 5.0 elméleti koncepcióinak és gyakorlati korlátainak kritikai vizsgálatára.

2. Technológiai szimbiózis: Az intelligens gyártás eszköztára

2.1 Ember-gép kollaboráció és a kobotok szerepe

Az Ipar 5.0 egyik legmeghatározóbb technológiai elmozdulása a hagyományos ipari robotika felől a kollaboratív robotika, azaz a kobotok irányába történik. A múltban az ipari robotokat biztonsági kerítésekkel különítették el a munkásoktól, és a technológia elsődleges célja az emberi munkaerő kiváltása volt. Ezzel szemben az ember-gép kollaboráció koncepciója egy olyan viszonyt hoz létre, amelyben a gép és az ember ugyanabban a munkatérben, interaktívan dolgozik együtt egy közös cél elérésén.



1. ábra: Ember-gép kollaboráció az Ipar 5.0 környezetében

forrás: saját szerkesztés, az ábra alapja Google Gemini segítségével generálva

Ebben a szimbiózisban a két fél a saját erősségeit hozza a folyamatba. A gépek feladata a nehéz terhek emelése, a monoton, nagy ismétlődésszámú, ergonómiailag megterhelő vagy veszélyes (pl. mérgező vagy extrém hőmérsékletű) feladatok elvégzése, maximális pontosság és konzisztencia mellett. Az emberi munkaerő pedig az absztrakt gondolkodást, az intuíciót, a kreativitást, az agilis problémamegoldást és a finommotoros készségeket biztosítja. Ez az elv a gyakorlatban is egyre hangsúlyosabban jelenik meg az Audi Hungaria termelésében. A győri motorgyárban telepített modern robotállomások például átvették az injektorok és a gyújtógyertyák kényelmetlen testhelyzetet és nagy precizitást igénylő, monoton beszerelését,

ezáltal tehermentesítve a dolgozókat az ergonómiailag kedvezőtlen feladatoktól (Világ gazdaság, 2024). Ezen felül a németországi Audi üzemekben is intelligens, felhőből vezérelt robotizált támogatást használnak a fizikailag megterhelő munkafolyamatokhoz, például a hegesztési fröccsenések okozta hibák azonnali, késlekedés nélküli lecsiszolásához (Vezess, 2026).

Másik példa az Európai Unió által finanszírozott SHAREWORK projekt olyan hardveres és szoftveres modulokat fejlesztett ki, amelyek lehetővé teszik a kobotok számára a környezetük kognitív felmérését, a munkások mozgásának valós idejű érzékelését, és a biztonsági rácsok nélküli, dinamikus útvonaltervezést. A SHERLOCK projekt keretében nagy teherbírású kobotokat és intelligens, AI-vezérelt exoskeletonokat (külső vázakat) integráltak a gyártásba, amelyek csökkentették az összeszerelési hibákat, valamint az operátorok fizikai terhelését. Az új generációs kobotok a robot-tanulás révén képesek az emberi operátorok mozdulatait demonstráció útján elsajátítani, így a gépek programozása sokkal intuitívabbá válik, nem igényel bonyolult mérnöki kódolást. Ez jelentősen csökkenti az automatizáció belépési korlátait, és elősegíti a dolgozók felhatalmazását, amivel a gép nem helyettesíti a munkást, hanem kiterjeszti annak képességeit (CORDIS, 2023).

2.2 Digitális ikrek és a mesterséges intelligencia integrációja

A digitális iker technológia fizikai rendszerek, gépek vagy akár teljes ellátási láncok virtuális leképezését jelenti, amely a valós idejű adatintegráció és szimuláció révén támogatja a döntéshozatalt és a prediktív karbantartást. Az Ipar 5.0 azonban egy paradigmaváltó újdonságot vezetett be ezen a területen: az Emberi Digitális Ikrek (Human Digital Twin - HDT) koncepcióját.

A HDT nem más, mint a munkavállaló digitális reprezentációja, amely hordható eszközök, mozgásérzékelők és kamerák segítségével valós időben gyűjt biomechanikai, kognitív és fiziológiai adatokat az operátorról. Ezek a rendszerek képesek monitorozni a dolgozó testtartását, észlelni a fáradtság jeleit, és megelőzni a vázizomrendszeri megbetegedéseket vagy a munkahelyi baleseteket. Ha a rendszer túlzott terhelést érzékel, az AI dinamikusán újraoszthatja a feladatokat az ember és a gép között, vagy riasztást küldhet.

A mesterséges intelligencia integrációja elengedhetetlen ilyen hatalmas mennyiségű adat feldolgozásához és értelmezéséhez. Az AI a gépi látást és az adatelemzést is biztosítja, miközben a proaktív döntéstámogatóként is funkcionál. Ezt az irányt erősítik az Audi Hungaria legújabb fejlesztései is: a győri üzemekben AI-alapú rendszerek ellenőrzik a fogaskerekek felszínét, a tanksapkák megfelelőségét, valamint egy egyedi fejlesztésű akusztikus AI

algoritmus a zajos gyártósoron is képes kiszűrni és ellenőrizni az elektromos csatlakozók tökéletes összeillesztését (Autopro, 2025; ProdEngineer Média, 2026).

2.3 Kiberbiztonság a hálózatosodott ipari ökoszisztémákban

A hálózatba kapcsolt, intelligens gyárak és a kiber-fizikai rendszerek térnyerése az Ipar 4.0 és 5.0 korszakában drámaian megnövelte az ipari ökoszisztémák támadási felületét. Ezen kockázatok kezelésére az Audi konzern az intelligens és összekapcsolt rendszereit globálisan valós idejű információfeldolgozásra képes digitális platformokra helyezi, ami stabilizálja az alapvető folyamatokat és proaktívan erősíti az üzemek kiberbiztonságát (ProdEngineer Média, 2026). A fokozott konnektivitás miatt a kiberbiztonság hiánya ma már akár a fizikai termelés teljes leállását, berendezések károsodását és a dolgozók testi épségének veszélyeztetését is okozhatja.

Az Ipar 5.0 keretében a kiberbiztonság terén is megjelenik az emberközpontú megközelítés. A hagyományos IT biztonsági modellek gyakran a felhasználót tekintették a "leggyengébb láncszemnek", és szigorú, a munkavégzést lassító, frusztrációt okozó technikai akadályokat építettek fel. Ezzel szemben az új megközelítés felismeri, hogy az ember egyszerre sérülékenység és a védelem első vonala. A cél a pszichológiai tényezők, a kognitív terhelés és az ergonómia figyelembevételével a biztonsági rendszerek tervezésénél, megteremtve a biztonság és a használhatóság egyensúlyát. A technológia oldaláról ezt a jelszófáradtságot csökkentő biometrikus azonosítók, az egyszeri bejelentkezés, és az automatikus biztonsági frissítések segítik.

2.4 Az integrált technológiai rendszerek implementációs kihívásai

Bár az Ipar 5.0 technológiai víziója ígéretes, az integrált rendszerek gyakorlati megvalósítása számos makro- és mikroszintű akadályba ütközik. Ezek a kihívások különösen a kis- és középvállalkozásokat érintik súlyosan, amelyek gyakran korlátozott erőforrásokkal és elavult technológiai alapokkal rendelkeznek.

- **Pénzügyi és infrastrukturális gátak:** A legfőbb akadály a magas beruházási költség, a hosszú vagy bizonytalan megtérülési idő, valamint a megfelelő finanszírozás hiánya. Számos ipari szereplő technológiai érettsége még az Ipar 3.0 szintjén ragadt meg, így az AI, az IoT vagy a robotika bevezetése óriási infrastrukturális ugrást igényel. Az új és a régi informatikai és operatív technológiai rendszerek integrálása, az interoperabilitás és a szabványosítás hiánya szintén lassítja a folyamatot. A megoldást a fázisokra bontott, inkrementális bevezetés és a robusztus digitális infrastruktúrák regionális fejlesztése jelentheti.

- **Szervezeti és munkaerőpiaci kihívások:** A technológia pusztá megléte nem elegendő; az implementációt gyakran a szervezeti kultúra, a változással szembeni ellenállás és a menedzsment stratégiai víziójának hiánya gátolja. Emellett súlyos gátat szab a szakképzett munkaerő hiánya. Az Ipar 5.0 olyan új kompetenciákat követel meg, mint az AI-írásstudás, a robotokkal való együttműködési képesség, a kritikus problémamegoldás és a zöld/fenntartható készségek. Ez rávilágít az élethosszig tartó tanulás, a célzott átképzési és továbbképzési programok, valamint a vállalatok és az oktatási rendszerek közötti szorosabb együttműködés elengedhetetlenségére.
- **Etikai és jogi aggályok:** A mesterséges intelligencia által vezérelt rendszerek, valamint az alkalmazottakon lévő szenzorok hatalmas adatmennyiséget generálnak. Ez adatvédelmi aggályokat, a dolgozók megfigyelésével kapcsolatos félelmeket, és az algoritmikus torzításból fakadó etikai kérdéseket vet fel. Az intelligens és autonóm rendszerek jogi felelősségi viszonyainak tisztázatlansága, valamint a mesterséges intelligencia átláthatatlan, fekete doboz jellegű működése súlyos bizalomvesztést eredményezhet az ipari és társadalmi szereplők körében. Ezen kihívások kezelése megköveteli az etikus és a megmagyarázható mesterséges intelligencia elveinek gyakorlati integrációját, amelyek biztosítják a gépi döntések átláthatóságát és nyomon követhetőségét. Mindez elengedhetlenné teszi a szigorú adatkormányzási keretrendszerek kiépítését, amely folyamatban a jogalkotóknak és a szabályozó hatóságoknak is proaktív, iránymutató szerepet kell vállalniuk.

3. Humán tőke és munkaerőpiaci transzformáció

3.1 A készségek evolúciója: upskilling és reskilling

A kettős átállás, a fejlett gazdaságokat érintő demográfiai változásokkal és a krónikus munkaerőhiánnyal kiegészülve példátlan nyomást gyakorol a munkaerőpiacra. A kortárs szakirodalom rámutat, hogy a munkaerőhiány napjainkban már nem pusztán mennyiségi, hanem sokkal inkább minőségi probléma, amely a piac által megkövetelt és a munkavállalók által ténylegesen birtokolt kompetenciák közötti strukturális aszimmetriából fakad (Antonazzo és mtsai., 2021; Grabowska és mtsai., 2022). A feszültség feloldása elképzelhetetlen célzott és integrált továbbképzési és átképzési stratégiák nélkül. Ezeknek a kezdeményezéseknek túl kell mutatniuk az elszigetelt, szigetszerűen működő vállalati tréningeken, és egy átfogó, rendszerszintű iparpolitikai koncepció szerves részét kell képezniük.

A technológiai fejlődés paradox módon éppen az ember-specifikus, algoritmizálhatatlan készségek felértékelődését eredményezte. A fizikai, rutinjellegű feladatok kiterjedt automatizálásával a fókusz a transzverzális, interperszonális és kognitív képességekre helyeződik át. A legrelevánsabb kompetenciák közé immár az analitikus és kritikus gondolkodás, a komplex problémamegoldás, az érzelmi intelligencia, a kreativitás, valamint az agilis alkalmazkodóképesség tartozik. Ezek a transzverzális, puha készségek teszik lehetővé a munkavállalók számára, hogy a gépek által felkínált adathalmazokat és megoldási javaslatokat megfelelő kontextusba helyezték, és felelős, etikus döntéseket hozzanak az ember-gép kollaboráció során.

A transzverzális készségek mellett elengedhetetlen a haladó szintű digitális írástudás széles körű elmélyítése. Ez az új ipari paradigmában már nem csupán a szoftverek alapszintű használatát jelenti, hanem a mesterséges intelligenciával, a kollaboratív robotokkal és a komplex adatelemző platformokkal való interaktív, magas szintű együttműködés képességét. Ezzel párhuzamosan az ökológiai fenntarthatóság normatív követelményei megteremtették a zöld készségek iránti kritikus igényt. Ide tartozik a körforgásos gazdaság elveinek, a termékéletrajz-elemzéseknek és a környezeti hatások minimalizálásának proaktív integrálása a mindennapi gyártási és működési folyamatokba. Mindez egy alapvető paradigmaváltást követel meg a tudásmegszerzés megítélésében. A hagyományos, lineáris életpályamodell végérvényesen elavulttá vált. A jövő vállalata egyben integrált tanulási ökoszisztémaként is funkcionál, ahol a mindennapi munkavégzés szerves, elválaszthatatlan és intézményesített része.

3.2 Az ember szerepének újradefiniálása az automatizált folyamatokban

Az Ipar 4.0-t jellemző totális automatizációs kényszerrel és technológiai determinizmussal szemben az Ipar 5.0 az ember-gép együttműködés optimalizálására helyezi a hangsúlyt. A hagyományos ipari automatizációt felváltja a kollaboratív ökoszisztéma, ahol a robotok specifikusan a rutinszerű, fizikailag megterhelő és veszélyes feladatokat látják el, biztosítva a munkaerő magasabb hozzáadott értékű, kreatív tevékenységek felé történő átcsoportosítását. Ez a megközelítés a gyakorlatban is megmutatkozik az Audi Hungaria „Next Level” és „360factory” stratégiájában, amelynek keretében a vállalat egyre inkább a kompetenciaalapú szolgáltatások és az innováció irányába mozdul el (Audi MediaCenter, 2025; Erdei, 2025).

Ebben az új struktúrában kristályosodik ki az Operátor 5.0 koncepciója, amely az ipari munkavállalót mint intelligens és komplex felügyeleti ágenst definiálja. Az emberi szakértelem itt szimbiózisba lép a gépi tanulási algoritmusokkal, a kiterjesztett valósággal és a viselhető

szenzortechnológiával. Ez a technológiai háttér felszabadítja az operátort a rutinfeladatok alól, így a kritikus fontosságú stratégiai és etikai döntéshozatal válhat a tevékenység gyújtópontjává. Az emberi képességek fizikai kiterjesztésére kiváló példa az Audi globális hálózatában és a győri üzemben is bevezetett hordható külső vázak, az úgynevezett exoskeletonok (pl. Ottobock Paexo, Skelex 360) tesztelése és alkalmazása, amelyek jelentősen csökkentik a hát- és vállizmok terhelését (Price, 2019). Ezzel párhuzamosan a kognitív támogatás is megvalósul: az Audi Hungaria mérnökei által fejlesztett akusztikus és vizuális alapú AI-algoritmusok valós időben segítik a dolgozók döntéshozatalát, míg az adminisztratív terheket nyelvi modellek csökkentik (Autopro, 2025; ProdEngineer Média, 2026).

Ugyanakkor az empirikus kutatások, különösen a szervezetpszichológiai vizsgálatok, arra figyelmeztetnek, hogy a túlzott automatizáció súlyos pszichoszociális kockázatokat rejt magában (Ghislieri és mtsai., 2018; Passalacqua és mtsai., 2025). Az öndeterminációs elmélet rámutat, hogy a munkavállalók mentális egészségéhez és elkötelezettségéhez az alapvető pszichológiai szükségletek – mint az autonómia és a kompetenciaérzet – kielégítése elengedhetetlen (Gagné és mtsai., 2022). Amikor egy okosrendszer a döntéshozatal minden fázisát átveszi az embertől, a dolgozók elveszítik a munkájuk feletti kontrollt és annak értelmességébe vetett hitüket, ami demotivációhoz és algoritmikus averzióhoz vezethet. Emiatt a technológiai tervezés során az egyensúly megteremtése a kulcs: a mesterséges intelligenciának javaslatokat kell tennie és támogatnia kell a folyamatokat, de a végső döntési jogkörnek, a felelősségnek az ember kezében kell maradnia. A részleges automatizáció és a dolgozók korai bevonása a rendszerek tervezésébe garantálja, hogy a technológia a pszichoszociális jólétet szolgálja, ezáltal növelve a munkahelyi elégedettséget és csökkentve a fluktuációt.

3.3 Társadalmi és szervezeti reziliencia

Az elmúlt évek sorozatos válságai, legyen szó globális pandémiáról, geopolitikai feszültségekről vagy az ellátási láncok hirtelen összeomlásáról, kíméletlenül leleplezték a hagyományos, kizárólag a maximális költséghatékonyságra optimalizált ipari hálózatok mélyreható sérülékenységét. A kutatások egyértelműen bizonyítják, hogy a szervezeti reziliencia alapját nem pusztán a fejlett algoritmusok, hanem a felhatalmazott, önszerveződő és agilis emberi közösségek jelentik. Váratlan fennakadások esetén a túlságosan központosított, merev hierarchiával működő vállalatok hónapokig tartó leállásokkal néznek szembe, míg azok a szervezetek, amelyek a decentralizált döntéshozatalt és a rugalmas csapatmunkát támogatják, nagyságrendekkel gyorsabban képesek újraosztani az erőforrásaikat és módosítani a termelési

profiljukat. A mesterséges intelligencia és a digitális ikrek szerepe ebben a folyamatban az átláthatóság biztosítása, az adatalapú helyzetkép valós idejű megosztása, amely lehetővé teszi a lokális, autonóm emberi döntéshozatalt.

A szervezeti válságállóság azonban elválaszthatatlan a társadalmi rezilienciától. A technológiai paradigmaváltás nem járhat a társadalmi egyenlőtlenségek elmélyülésével vagy a sebezhetőbb munkavállalói csoportok tömeges kiszorulásával az automatizáció miatt. Az Ipar 5.0 keretein belül megjelenő sokszínűségi modellek rámutatnak, hogy az inkluzív munkahelyi kultúra építése, az eltérő kulturális, életkori és fizikai adottságokkal rendelkező dolgozók integrációja a szervezeti innováció és a komplex problémamegoldás elengedhetetlen hajtóereje.

4. Következtetések

Az Ipar 5.0 paradigmája a negyedik ipari forradalom tisztán technológia- és profitvezérelt megközelítését egy társadalmilag és ökológiailag felelős, értékvezérelt modellel váltja fel. A koncepció fundamentumát jelentő hármas pillérrendszer – az emberközpontúság, a fenntarthatóság és a reziliencia – szinergiája biztosítja, hogy a gyártási folyamatok a bolygó termelési határainak tiszteletben tartásával, a részvényesi érték maximalizálása helyett az összes érintett hosszú távú jólétét szolgálják.

A tanulmány fő tudományos hozzájárulása abban áll, hogy az Ipar 5.0 elméleti, és olykor utópisztikus absztrakcióját egy hazai nagyvállalat gyakorlatán keresztül vizsgálva bizonyítja a koncepció ipari relevanciáját, miközben feltárja annak implementációs és pszichoszociális korlátait is. A megbeszélés során feltárt ellentmondások egyértelműen rámutatnak: az emberközpontúság nem valósulhat meg, ha a technológiai hatékonyság oltárán feláldozzák a munkavállalói autonómiát. A transzformáció során a technológia önmagában nem képes megoldani a modern kor rendszerszintű válságait. A jövő iparának sikere a technológiai kontroll és a dolgozói szabadság kényes egyensúlyán, a folyamatos humántőke-fejlesztésen, valamint a felelős, etikus vállalatirányításon múlik. Csak ezen dimenziók szinergiája biztosíthatja a stabil globális versenyképességet és a tartós társadalmi jólétet.

Felhasznált irodalom

1. Antonazzo, L., Stroud, D., és Weinel, M. (2021). Institutional complementarities and technological transformation: IVET responsiveness to industry 4.0-meeting emerging skill needs in the European steel industry. *Economic and Industrial Democracy*.
<https://doi.org/10.1177/0143831X211059227>

2. Audi MediaCenter. (2025). Audi Hungaria: stable production volume and increased efficiency in fiscal year 2025. Letöltve: 2026. március 16., forrás: <https://www.audi-mediacyenter.com/en/press-releases/audi-hungaria-stable-production-volume-and-increased-efficiency-in-fiscal-year-2025-17068>
3. Autopro. (2025). A győri Audi mérnökei mesterséges intelligenciával újítanak. Letöltve: 2026. április 4., forrás: <https://autopro.hu/gyartok/a-gyori-audi-mernokei-mesterseges-intelligenciaval-ujitanak/1453940>
4. Breque, M., De Nul, L., és Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation. <https://doi.org/10.2777/308407>
5. CORDIS. (2023). CORDIS Results Pack on human-centric manufacturing - How new approaches to technology design can transform European industry. Az Európai Unió Kiadóhivatala. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3540692b-569a-11ee-9220-01aa75ed71a1/>
6. Erdei, G. (2025) Stratégiai szövetségben az Audi és a Széchenyi István Egyetem: így alakítják a járműipart Győrben. Portfolio.hu. Letöltve: 2026. március 22., forrás: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20251218/strategiai-szovetsegeben-az-audi-es-a-szechenyi-istvan-egyetem-igy-alakitjak-a-jarmuipart-gyorben-805712>
7. Gagné, M., Parker, S. K., Griffin, M. A., Dunlop, P. D., Knight, C., Klonek, F. E., és Parent-Rocheleau, X. (2022). Understanding and shaping the future of work with self-determination theory. *Nature Reviews Psychology*, 1(6), 378–392. <https://doi.org/10.1038/s44159-022-00056-w>
8. Ghislieri, C., Molino, M., és Cortese, C. G. (2018). Work and organizational psychology looks at the fourth industrial revolution: How to support workers and organizations? *Frontiers in Psychology*, 9, 2365. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02365>
9. Grabowska, S., Saniuk, S., és Gajdzik, B. (2022). Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0. *Scientometrics*, 127(6), 3117-3144. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04370-1>
10. Huang, S., Wang, B., Li, X., Zheng, P., Mourtzis, D., és Wang, L. (2022). Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. *Journal of Manufacturing Systems*, 64, 424–428. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.010>
11. Ivanov, D. (2023). The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. *International Journal of Production Research*, 1683-1695. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2118892>

12. Madsen, D. Ø., és Berg, T. (2021). An Exploratory Bibliometric Analysis of the Birth and Emergence of Industry 5.0. *Applied System Innovation*, 4(4), 87.
<https://doi.org/10.3390/asi4040087>
13. Madsen, D. Ø., Slåtten, K., és Berg, T. (2025). From Industry 4.0 to Industry 6.0: Tracing the evolution of industrial paradigms through the lens of management fashion theory. *Systems*, 13(5), 387. <https://doi.org/10.3390/systems13050387>
14. Malik, F., és Haq, M. R. U. (2026). Circular Economy & Industry 5.0 – Framework for Integrating Sustainability, Recycling, and Digital Manufacturing. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/26jan1150>
15. Passalacqua, M., Pellerin, R., Magnani, F., és Léger, P.-M. (2025). Safeguarding worker psychosocial well-being in the age of AI: The critical role of decision control. *International Journal of Human-Computer Studies*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2025.103649>
16. Pham, H. S. T., és Li, S. B. (2025). Towards Industry 5.0: a conceptual model for leading organisational change in digital age. *Journal of Organizational Change Management*, 39(1), 125-161. <https://doi.org/10.1108/JOCM-03-2025-0264>
17. Price, G. (2019) Exoskeleton trials underway at Audi. *Automotive Manufacturing Solutions*. Letöltve: 2026. március 28., forrás:
<https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/oems/exoskeleton-trials-underway-at-audi/528477>
18. ProdEngineer Média. (2026. január 28.). Digitalizáció és mesterséges intelligencia a fókuszban az Audi Hungáriánál. Letöltve: 2026. április 11., forrás:
<https://prodengineer.media/2026/01/28/digitalizacio-es-mesterseges-intelligencia-a-fokuszb-an-az-audi-hungarianal/>
19. Vezess. (2026). Már Győrben is beleszól a munkába a mesterséges intelligencia. *Vezess.hu*. Letöltve: 2026. április 2., forrás:
<https://www.vezess.hu/hirek/2026/01/27/audi-ai-gyartasszervezes/>
20. Világ gazdaság. (2024). Ez is bekövetkezett: robot váltotta ki az emberi munkát az Audi győri gyárban – és ez jó. Letöltve: 2026. április 9., forrás:
<https://www.vg.hu/cegvilag/2024/04/ez-is-bekovetkezett-robot-valtotta-ki-az-emberi-munkat-az-audi-gyori-gyaraban-es-ez-jo>