

RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

Proiect PN-III-P1-1.1-TE-2019-1773

Titlu: „A patra revoluție industrială: soluționarea provocărilor implementării tehnologiilor de tip Industrie 4.0 la companii de producție din Europa Centrală și de Est”

Director de proiect: Szász Levente

Membrii proiectului: Rácz Béla-Gergely, Benedek Botond, Nagy Bálint Zsolt, Csiki Ottó

Pagina web a proiectului: <https://te2019szasz.github.io/>

1. Obiective prevăzute

Obiectivul principal al proiectului propus pentru finanțare în cadrul programului intitulat „Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente (TE)” a constat în explorarea tehnologiilor digitale în era celei de a patra revoluție industrială. Mai specific, propunerea de proiect a urmărit să exploreze:

1. Provocările specifice implementării acestor tehnologii digitale, în special la companiile din Europa Centrală și de Est
2. Impactul acestor tehnologii digitale asupra performanței companiilor din Europa Centrală și de Est.

Pentru realizarea acestor obiective, s-au propus următoarele **activități de cercetare**:

1. Analiza sistematică a literaturii de specialitate pentru definirea modelului de cercetare
2. Realizarea unei cercetări calitative bazată pe studii de caz la companii din Europa Centrală și de Est
3. Realizarea unei cercetări cantitative bazată pe chestionar pe un eșantion internațional de companii de producție
4. Diseminarea rezultatelor la conferințe, respectiv în cadrul a două articole publicate în reviste științifice internaționale de top

Pentru **diseminarea rezultatelor** cercetării, în proiectul inițial s-au prevăzut:

- 6 participări la conferințe științifice internaționale, incluzând cele mai importante pentru tematica propusă: conferința anuală EurOMA (European Operations Management Association), conferința anuală POMS (Production and Operations Management Society), respectiv IWSPE (International Working Seminar on Production Economics)
- 2 publicații principale pe parcursul proiectului în reviste științifice internaționale de top, printre care cel puțin o revistă din zona Q1 în domeniu

2. Gradul de realizare a obiectivelor











În privința celor două **obiective principale**, gradul de realizare se prezintă astfel:

1. Provocările specifice implementării acestor tehnologii digitale: proiectul a identificat următoarele provocări specifice implementării tehnologiilor digitale pentru care literatura de specialitate existentă oferă puține informații: (1) provocări privind colaborarea resursei umane cu tehnologiile noi, (2) provocări privind interacțiunea dintre tehnologie și sustenabilitate, la care s-a adăugat o provocare nouă ce nu putut fi incorporată în propunerea de proiect, fiind vorba de (3) pandemia de coronavirus care a devenit un fenomen global abia în prima parte a anului 2020.
2. Impactul tehnologiilor de tip Industrie 4.0 asupra performanței întreprinderilor de producție a putut fi evaluat cu ajutorul unor cercetări pe bază de chestionar, metoda asigurând un grad de generalizare mai ridicat al rezultatelor.

În privința celor două **activităților de cercetare** propuse, gradul de realizare se prezintă astfel:

1. Analiza sistematică a literaturii de specialitate pentru definirea modelului de cercetare:
 - Pornind de la o bază de 337 articole potențial relevante, analiza sistematică a literaturii de specialitate a inclus un număr total de 52 de articole
 - Rezultatele analizei sistematice a literaturii de specialitate au fost publicate în cadrul unei conferințe (vezi C3 mai jos), respectiv un articol a fost trimis spre publicare la revista științifică *International Journal of Production Economics* (Web of Science, Q1; AIS 2021 = 1,597, IF 2021 = 11,251 – cf. JCR 2022). Articolul se află în prima rundă de revizie (vezi P3 mai jos).
 - Pe baza acestor rezultate s-a elaborat un model de cercetare care a servit la crearea unui protocol de interviuri folosit în cadrul cercetării calitative bazată pe studii de caz
2. Realizarea unei cercetări calitative bazată pe studii de caz la companii din Europa Centrală și de Est:
 - Deși perioada de pandemie a îngreunat realizarea studiilor de caz, până la finalul proiectului s-a reușit includerea a zece proiecte de tip Industrie 4.0 în studiile de caz, provenind de la cinci companii din industria auto din România (2) și din Ungaria (3).
 - Pentru a acoperi întreg lanțul valoric, cele cinci companii includ: (1) un OEM (producător original) din Ungaria (nr. angajați: 12 000), (2) doi furnizori de tip „tier 1” (furnizor direct) din România (nr. angajați: 3200) și din Ungaria (nr. angajați: 4450), respectiv (3) doi furnizori de tip „tier 2” (furnizor indirect) din România (nr. angajați: 200) și din Ungaria (nr. angajați: 1335). Aceste companii sunt prezentate în Tabelul 1.
 - În cadrul acestor studii de caz s-au realizat un număr total de 21 interviuri cu o durată medie de peste 1 oră fiecare, respectiv 7 vizite de lucru la sediul unităților de producție investigate.
 - Rezultatele cercetării pe bază de studii de caz au fost prezentate în cadrul a 3 conferințe științifice internaționale (vezi C2, C4 și C6 mai jos), urmând ca manuscrisul final să fie trimis la revista *International Journal of Operations and Production Management* (Web of Science, Q2; AIS 2021 = 1,373; IF 2021 = 9,360 – cf. JCR 2022)

Tabelul 1. Companiile de producție incluse în cercetarea pe bază de chestionar

Firm code and basic information		
	Firm code: 1 OEM (HU)	
	Year of foundation: 1993 Number of employees: 12,000 Turnover (million EUR): 7,300	
	Firm code: 3 Tier 1 (RO)	
	Year of foundation: 2013 Number of employees: 3,200 Turnover (million EUR): 465	
	Firm code: 5 Tier 2 (RO)	
	Year of foundation: 2004 Number of employees: 200 Turnover (million EUR): 11	
	Firm code: 2 Tier 1 (HU)	
	Year of foundation: 1990 Number of employees: 4,450 Turnover (million EUR): 921	
	Firm code: 4 Tier 2 (HU)	
	Year of foundation: 1992 Number of employees: 1,335 Turnover (million EUR): 190	

3. Realizarea unei cercetări cantitative bazată pe chestionar pe un eșantion internațional de companii de producție
 - Din cauza pandemiei nu s-a reușit aderarea la proiectul internațional de cercetare realizată de Global Manufacturing Research Group (GMRG), aceasta fiind lansată la nivel global mult prea târziu în 2022
 - Astfel, s-a activat metoda de gestiune a riscurilor propusă în proiectul depus, și anume utilizarea altor baze de date conținând informații unor cercetări internaționale pe bază de chestionar, și anume:
 - International Manufacturing Strategy Survey (IMSS) – www.manufacturingstrategy.net
 - Continuous Innovation Network (CINet) - <https://www.continuous-innovation.net/>
 - Eșantioanele de cercetare sunt prezentate în Tabelul 2.
 - Rezultatele analizei datelor provenite de la cele două organizații au fost diseminate prin două participări la conferințe internaționale (vezi C1 și C5 mai jos), respectiv printr-un articol publicat în revista științifică *International Journal of Production Economics* (Web of Science, Q1; AIS 2021 = 1,597, IF 2021 = 11,251 – cf. JCR 2022) (vezi P1 mai jos).
 - De asemenea, un alt articol trimis spre publicare la revista științifică *Journal of Manufacturing Technology Management* (Web of Science, Q3; AIS 2021 = 0,823, IF

2021 = 8,144 – cf. JCR 2022) se află în momentul de față în a doua rundă a recenziilor (vezi P4 mai jos).

Tabelul 2. Exemple de eșantioane folosite în cadrul cercetării pe bază de chestionar (eșantion IMSS – stânga, eșantion CINet - dreapta)

Country	Frequency (number of firms)	Relative frequency (%)
Belgium	10	7,04%
Brazil	7	4,93%
Finland	3	2,11%
Netherlands	5	3,52%
India	20	14,08%
Japan	17	11,97%
Canada	1	0,70%
China	27	19,01%
Hungary	7	4,93%
Malaysia	1	0,70%
Germany	1	0,70%
Norway	1	0,70%
Italy	5	3,52%
Portugal	4	2,82%
Romania	2	1,41%
Spain	3	2,11%
Switzerland	2	1,41%
Sweden	11	7,75%
Taiwan	3	2,11%
USA	12	8,45%
Total	142	100,00%

Country	Frequency	Pct.
Pakistan	41	21.6%
Hungary	40	21.1%
Spain	37	19.5%
Italy	32	16.8%
Brazil	9	4.7%
Switzerland	9	4.7%
Canada	7	3.7%
Sweden	7	3.7%
Denmark	7	3.7%
Austria	1	0.5%
Total	190	100.0%

4. Diseminarea rezultatelor la conferințe, respectiv în cadrul a două articole publicate în reviste științifice internaționale de top
 - Rezultatele diseminării sunt prezentate în secțiunea următoare
 - Dat fiind faptul că perioada acestui proiect de cercetare (2020-2022) a fost profund marcată de impactul pandemiei de **COVID-19**, față de cele propuse în proiectul de lucru s-a mai introdus o tematică nouă, la fel legată de tehnologiile digitale, mai precis impactul pandemiei asupra comerțului online cu produse. Rezultatele acestei cercetări au fost publicate în revista științifică *Journal of Retailing and Consumer Services* (Web of Science, Q2; AIS 2021 = 1,330, IF 2021 = 10,972 – cf. JCR 2022) (vezi P2 mai jos)

În privința **diseminării** propuse a rezultatelor proiectului, **gradul de realizare** se prezintă astfel:

Articole publicate:

- **(P1)** Szász, L., Csíki, O., & Rácz, B. G. (2021). Sustainability management in the global automotive industry: a theoretical model and survey study. *International Journal of Production Economics*, Vol. 235, 108085. **(Web of Science, Q1; AIS 2021 = 1,597, IF 2021 = 11,251 – cf. JCR 2022)**
- **(P2)** Szász, L., Bálint, C., Csíki, O., Nagy, B. Z., Rácz, B. G., Csala, D., & Harris, L. C. (2022). The impact of COVID-19 on the evolution of online retail: The pandemic as a window of opportunity. *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 69, 103089. **(Web of Science, Q2; AIS 2021 = 1,330, IF 2021 = 10,972 – cf. JCR 2022)**

Articole aflate în proces de recenzie (under review):

- **(P3)** Csíki, O., Szász, L., & Rácz, B. G. (2022). A systematic literature review on the interplay between Industry 4.0 technologies and human resources. *International Journal of Production Economics* (prima rundă de recenzii) **(Web of Science, Q1; AIS 2021 = 1,597, IF 2021 = 11,251 – cf. JCR 2022)**
- **(P4)** Szász, L., Demeter, K., Csíki, O., & Horváth, R. (2022). Technology, lean, quality and human resource practices in manufacturing: does firm size matter? *Journal of Manufacturing Technology Management* (a doua rundă de recenzii) **(Web of Science, Q3; AIS 2021 = 0,823, IF 2021 = 8,144 – cf. JCR 2022)**

Prezentări la conferințe internaționale:

- **(C1)** Demeter, K., Szász, L., & Rácz, B. G. (2021). *Manufacturing technologies in the Industry 4.0 era: technology bundles and performance implications*, 28th EurOMA Conference “Managing the “new normal”: The future of Operations and Supply Chain Management in unprecedented times”, July 5-7, 2021, online, University of Sussex.
- **(C2)** Csíki, O., & Szász, L. (2021). *The impact of industry 4.0 technologies on the human resources of multinational companies in the automotive sector*, 5th International Conference on Economics and Business Management, Nov 12, 2021, Babeș-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania.
- **(C3)** Csíki, O., Szász, L., & Rácz, B. G. (2022). *A systematic literature review on the interplay between Industry 4.0 technologies and human resources*, 22nd International Working Seminar on Production Economics, Feb 21-25, 2022, Innsbruck, Austria.
- **(C4)** Csíki, O., Szász, L., Rácz, B. G., & Benedek, B. (2022). *The role of human resources in the implementation of digital technologies: case study in the automotive sector*, 29th EurOMA Conference, July 1-6, 2022, Berlin, Germany.
- **(C5)** Demeter, K., & Szász, L. (2022). *The impact of incremental and radical innovation on business process improvement and performance*, 29th EurOMA Conference, July 1-6, 2022, Berlin, Germany.
- **(C6)** Szász, L., Csíki, O., Rácz, B. G., Demeter, K. & Losonci, D. (2022). *The role of human resources in an Industry 4.0 context: a case study based investigation*, 6th World Conference on Production and Operations Management, August 23-25, 2022, Nara, Japan.

3. Prezentarea sintetică a rezultatelor obținute și a realizării indicatorilor de rezultat

La finalul proiectului de cercetare, rezultatele se prezintă în felul următor (cu indicarea codului conferințelor și al publicațiilor în care sunt descrise rezultatele):

- În privința **obiectivelor științifice** ale proiectului, cele două obiective au fost **îndeplinite**: (1) s-au identificat provocările implementării tehnologiilor de tip Industrie 4.0 (P3, P4, C2, C3, C4, C6), respectiv (2) s-a analizat impactul acestor tehnologii asupra companiilor de producție (P1, C1, C5). La aceste obiective tematice s-a adăugat pe parcurs și (3) investigarea impactului COVID-19 asupra tehnologiilor digitale și online (P2).
- În conformitate cu cele descrise în propunerea de proiect, **activitățile principale** de cercetare au fost **îndeplinite**: (1) s-a elaborat o analiză sistematică a literaturii de specialitate (P3, C3), (2) s-a realizat o cercetare calitativă bazată pe studii de caz cu 10 tehnologii analizate la 5 companii de producție din industria auto (C2, C4, C6), respectiv s-au realizat mai multe cercetări pe bază de chestionar (P1, P4, C1, C5) ceea ce depășește obiectivele inițiale descrise în propunerea de proiect
- În privința **diseminării rezultatelor**, acestea **îndeplinesc** cele două articole Web of Science propuse a fi publicate, respectiv cele 6 participări la conferințe prevăzute în propunerea de proiect. Rezultatele diseminării pot fi sintetizate astfel:
 - 2 articole publicate în reviste indexate Web of Science (ambele Q1 după factor de impact, respectiv Q1 și Q2 după AIS)
 - 2 articole aflate în proces de recenzie la reviste indexate Web of Science (ambele Q1 după factor de impact, respectiv Q1 și Q3 după AIS)
 - 6 participări la conferințe științifice internaționale în domeniu

Aceste rezultate sunt prezentate sintetic în Tabelul 3.

Tabelul 3. Publicațiile proiectului cu precizarea contribuției la realizarea obiectivelor propuse

Publicație (cod)	Contribuție la obiectivele științifice	Detalii îndeplinire obiectiv	Tip activitate de cercetare	Tip publicație
P1	(2) Impact asupra performanței	Impact asupra sustenabilității	Cantitativă (chestionar)	Articol Q1
P2	<i>Obiectiv nou legat de COVID-19</i>	Impactul pandemiei asupra tehnologiei în comerțul online	Cantitativă (date secundare)	Articol Q1 (IF), Q2 (AIS)
P3	(1) Provocări ale implementării	Provocări privind resursa umană	Analiză sistematică a literaturii	Articol Q1 (nepublicat)
P4	(2) Impact asupra performanței	Impact asupra performanței operaționale (cost, diferențiere)	Cantitativă (chestionar)	Articol Q1 (IF), Q3 (AIS) (nep.)
C1	(2) Impact asupra performanței	Impact asupra performanței operaționale (cost, diferențiere)	Cantitativă (chestionar)	Conferință internațională
C2	(1) Provocări ale implementării	Provocări organizaționale și legate de resursă umană	Calitativă (studii de caz)	Conferință internațională
C3	(1) Provocări ale implementării	Provocări privind resursa umană	Analiză sistematică a literaturii	Conferință internațională
C4	(1) Provocări ale implementării	Provocări organizaționale și legate de resursă umană	Calitativă (studii de caz)	Conferință internațională
C5	(2) Impact asupra performanței	Impact asupra performanței în inovare	Cantitativă (chestionar)	Conferință internațională
C6	(1) Provocări ale implementării	Provocări privind resursa umană	Calitativă (studii de caz)	Conferință internațională

4. Impactul estimat al rezultatelor obținute, cu sublinierea celui mai semnificativ rezultat obținut

Digitalizarea reprezintă un trend din ce în ce mai semnificativ în toate sectoarele economiei, având potențialul de a transforma modul în care companiile își desfășoară activitatea de zi cu zi. Acest trend include și a **patra revoluție industrială (Industrie 4.0)** care se referă la un set larg de tehnologii și soluții digitale care includ produse și procese inteligente care împreună creează un context în care toți actorii (umani și tehnologici) ai companiilor de producție sunt conectați și partajează informații între ei. Prezentul proiect a identificat provocări specifice implementării acestor tehnologii, respectiv a încercat să cuantifice impactul acestora asupra performanței întreprinderilor, două tematici care încă nu au fost explorate în detalii nici la nivel global, și nici în contextul companiilor din Europa Centrală și de Est.

Deși în prima fază, în cadrul proiectului ne-am concentrat asupra creării unui impact regional, rezultatele s-au dovedit a avea un **impact științific relevant la nivel global**, așa cum se arată și din publicațiile apărute în cadrul acestui proiect. Provocările implementării tehnologiilor de tip Industrie 4.0 par a fi similare la toate companiile de producție, indiferent de locația lor geografică, ceea mai importantă provocare fiind legată de cooperare dintre om și robot, sau mai larg impactul digitalizării asupra resurselor umane din cadrul acestor companii.

Astfel, **cel mai semnificativ rezultat** al acestui proiect este legat de investigarea **interacțiunii dintre tehnologiile digitale de tip Industrie 4.0, respectiv resursa umană** din cadrul companiilor de producție. Ca și elemente de noutate aduse de proiectul nostru în acest domeniu, amintim următoarele:

- Pe baza analizei literaturii de specialitate s-a dezvoltat un **cadru de cercetare** și un **instrument managerial** pentru identificarea provocărilor implementării tehnologiilor de tip Industrie 4.0 pentru resursa umană într-o abordare holistică. Instrumentul include trei faze ale implementării (pre-implementare, implementare, post-implementare), respectiv trei categorii relevante privind resursa umană (manageri, experți digitali, lucrători în producție), creând astfel un cadru util pentru identificare complexă a tuturor provocărilor legate de un proiect de implementare Industrie 4.0. **Impactul științific** al acestui instrument se referă la realizarea unui cadru structurat pentru identificarea tuturor provocărilor legate de resursa umană, iar **impactul practic** al dezvoltării acestui instrument constă în oferirea unei metodologii utile managerilor companiilor de producție cu ajutorul căreia ei pot pregăti întreaga companie pentru un proces de implementare cât mai eficient.
- Studiile de caz au utilizat acest cadru de cercetare pentru identificarea unor **soluții și bune practici** cu ajutorul cărora pot soluționa într-un mod cât mai eficient barierele și provocările ce pot apărea pe parcursul unui proiect de implementare a tehnologiilor de tip Industrie 4.0. Pe lângă **impactul practic** evident al identificării acestor soluții, rezultatele au și un **impact științific** important, reprezentând prima cercetare de acest gen în contextul companiilor de producție din Europa Centrală și de Est.

Pe lângă aceste contribuții legate de identificarea și soluționarea provocărilor implementării tehnologiilor digitale, amintim și faptul că studiile cantitative pe bază de chestionar, realizate pe un eșantion internațional, aduc și ele o contribuție semnificativă atât la nivel regional, cât și la nivel

global. Determinarea legăturii dintre tehnologiile de tip Industrie 4.0, respectiv impactul asupra performanței reprezintă un element de noutate în literatura de specialitate. Dat fiind faptul că multe companii de producție se confruntă cu nerealizarea performanțelor promise de aceste tehnologii, rezultatele noastre privind îmbunătățirea așteptată a diferitelor domenii de performanță (de ex. sustenabilitate, performanță operațională – cost, calitate, flexibilitate, livrare, performanță financiară – cifră de afaceri, profitabilitate) pot reprezenta un instrument de benchmark pentru companiile care se orientează în viitor spre implementarea tehnologiilor de tip Industrie 4.0.

Director Proiect,

Prof.univ.dr. Szász Levente